

CARACTERIZACION QUIMICA Y ESTUDIO DEL NITROGENO,
FOSFORO Y POTASIO EN SUELOS DE
VILLARRICA (CAUCA)

Por

JULIO EDUARDO HOLGUIN VALENZUELA

"Las ideas y conclusiones expuestas en la
Tesis de Grado presentada como requisito
en el parcial para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO

Art. 1° del Acuerdo 324 de 1964, de Agosto
11, emanado del Honorable Consejo de
Recepción de Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.975

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

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

Art. 1º del Acuerdo 324 de 1966, de Octubre 11, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Narino.

JULIO EDUARDO HOLGUIN VALENZUELA

AGRADECIMIENTOS A :

RICARDO GUERRERO RINASCOS I.A., M.Sc.
CARLOS OTERO I.A.
A MIS PADRES CARLOS REVELLO I.A.
A MIS HERMANOS MIGUEL A. VIVENCOS E. I.A.
A MIS FAMILIARES FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
A MIS AMIGOS AMANDA MUÑOZ MORALES
ESTHER PERDOMO E.

Personal del Laboratorio de Suelos de
la Facultad de Ciencias Agrícolas.

DEDICO
JULIO EDUARDO HOLGUIN VALENZUELA
Corporación Autónoma Regional del Va-
lle del Cauca.

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

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	pág. 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
AGRADECIMIENTOS A :	
2.1 El nitrógeno en el suelo	3
RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.	
2.1.1 Nitrógeno total	3
CARLOS OTERO I.A.	
2.1.2 Nitrógeno orgánico	5
CARLOS REVELO I.A.	
2.1.3 Nitrógeno inorgánico	6
MIGUEL A. VIVEROS Z. I.A.	
2.1.4 Nitrógeno nitrato	7
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
2.1.5 Nitrógeno intermedios	7
AMANDA MUÑOZ MOREANO	
2.1.6 Nitrógeno amoniacal y nítrico ...	8
SHELLA PERDOMO E.	
2.2 El fósforo en el suelo	9
Personal del Laboratorio de Suelos de	
2.2.1 Fósforo total	11
la Facultad de Ciencias Agrícolas.	
2.2.2 Fósforo orgánico	12
Corporación Autónoma Regional del Va-	
2.2.3 Fósforo inorgánico	12
lle del Cauca.	
2.2.3.1 Fosfatos de hierro y alu	
Todas las personas que en una u otra	
2.2. forma colaboraron en el desarrollo	16
del presente trabajo.	
2.2.4 Fósforo aprovechable	17
2.2.5 Fósforo inerte	18

CONTENIDO

Pág.

I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	El nitrógeno en el suelo	3
2.1.1	Nitrógeno total	3
2.1.2	Nitrógeno orgánico	5
2.1.3	Nitrógeno inorgánico	6
2.1.4	Nitrógeno nativo fijo	7
2.1.5	Nitrógeno intercambiable	7
2.1.6	Nitrógeno amoniacal y nítrico ...	8
2.2	El fósforo en el suelo	9
2.2.1	Fósforo total	11
2.2.2	Fósforo orgánico	12
2.2.3	Fósforo inorgánico	14
2.2.3.1	Fosfatos de hierro y alu minio	15
2.2.3.2	Fosfatos de calcio	16
2.2.4	Fósforo aprovechable	17
2.2.5	Fósforo inerte	18

	Pág.
2.3 El potasio en el suelo	20
2.3.1 Potasio total	21
2.3.2 Potasio soluble en agua	21
2.3.3 Potasio intercambiable	23
2.3.4 Potasio no intercambiable total ..	24
2.3.5 Potasio estructural	26
2.3.6 Lixiviación del potasio	26
III. MATERIALES Y METODOS	28
3.1 Descripción general de la zona estudiada.	28
3.1.1 Localización y extensión	28
3.1.2 Climatología	28
3.1.3 Geología y Fisiografía	30
3.2 Suelos	31
3.3 Muestreo	31
3.4 Métodos	33
3.4.1 Humedad	33
3.4.2 Textura	34
3.4.3 Reacción en el suelo	34

	Pág.
3.4.4 Carbono orgánico	34
3.4.5 Relación carbono-nitrógeno	34
3.4.6 Capacidad catiónica de cambio	34
3.4.7 Cationes intercambiables	35
3.4.8 Fraccionamiento del nitrógeno	35
a) Nitrógeno total	35
b) Nitrógeno inorgánico	35
c) Nitrógeno orgánico	35
d) Nitrógeno intercambiable	36
e) Nitrógeno nativo fijo	36
f) Nitrógeno amoniacal	36
3.4.9 Fraccionamiento del fósforo	36
a) Fracciones minerales	36
b) Fósforo orgánico	37
c) Fósforo total	37
d) Fósforo aprovechable	37
e) Fósforo inerte	38
3.4.10 Fraccionamiento del potasio	38
a) Potasio total	38

	Pág.
b) Potasio soluble en agua	38
VIII. BIBLIOGRAFIA	103
c) Potasio intercambiable	38
APENDICE .. d) Potasio no intercambiable	39
e) Fracción estructural del Potasio	39
3.4.11 Lixiviación del potasio	39
3.4.12 Análisis estadístico	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	41
4.1 Características generales	41
4.2 Nitrógeno	54
4.3 Fósforo	65
4.4 Potasio	73
4.5 Lixiviación del potasio	79
V. CONCLUSIONES	90
VI. RECOMENDACIONES	96
VII. RESUMEN	98
SUMMARY	101

		pág.
VIII.	BIBLIOGRAFIA	103
	I. Fertilizantes de origen natural	
	APENDICE	123
	II. Características físicas de los frutales del cultivo en suelos de las regiones naturales de Colombia ..	19
	III. Fertilizantes de potasio en suelos de diferentes regiones de Colombia	22
	IV. Valores promedio de limitación de potasio (indicado de 100 de 100 0,01 y por día) durante 10 días en suelos de diferentes regiones	27
	V. Descripción general de las series de suelos estudiados	32
	VI. Características físicas correspon- dientes a los suelos estudiados	42
	VII. Características químicas correspon- dientes a los suelos estudiados	43

TABLAS

		Pág.
TABLA	I. Fracciones de nitrógeno en suelos de diferentes regiones de Colombia	10
TABLA	II. Concentraciones promedias de las fracciones del fósforo en suelos de 19 regiones naturales de Colombia ..	19
TABLA	III. Fracciones de potasio en suelos de diferentes regiones de Colombia	22
TABLA	IV. Valores promedios de lixiviación de potasio (adición de 100 cc de HCl 0,01 N por día) durante 10 días en suelos de diferentes regiones	27
TABLA	V. Descripción genral de las series de suelos estudiados	32
TABLA	VI. Características físicas correspondientes a los suelos estudiados	42
TABLA	VII. Características químicas correspondientes a los suelos estudiados	43

		Pág.
TABLA	VIII. Fracciones de nitrógeno en los suelos estudiados	55
TABLA	IX. Coeficientes de correlación y asociación entre las fracciones de nitrógeno y algunas variables del suelo ...	59
TABLA	X. Fracciones de fósforo en los suelos estudiados	66
TABLA	XI. Coeficientes de correlación y asociación entre las fracciones de fósforo y algunas variables del suelo	70
TABLA	XII. Fracciones de potasio en los suelos estudiados	74
TABLA	XIII. Coeficientes de correlación y asociación entre las fracciones de potasio y algunas variables del suelo	77
TABLA	XIV. Lixiviación del potasio mediante la adición de 100 cc/día de HCl 0,01 N correspondiente a los suelos estudiados	80

ILUSTRACIONES

Pág.

TABLA	XV.	Evolución del potasio cambiabile en	
FIGURA	1.	Localización de los sitios de muestreo. diez años en los suelos de Villarri	29
FIGURA	2.	Relación entre la saturación de calcio y la respuesta de encalamiento en cua- tro series de suelos de Villarrica.....	82
FIGURA	3.	Relación entre la razón $Ca + Mg/Al$ y la respuesta al encalado en cuatro series de suelos de Villarrica	46
FIGURA	4.	Relación entre la pérdida de N y el pH de suelos de Villarrica	47
FIGURA	5.	Relación entre el potasio cambiabile y la respuesta a la fertilización potási- ca en cuatro series de suelos de Vi- llarrica	47
FIGURA	6.	Relación entre la razón $Ca + Mg/K$ y la respuesta a la fertilización potásica en cuatro series de suelos de Villarri- ca	53
FIGURA	7.	Relación entre pH y $N-NH_3$	60
FIGURA	8.	Relación entre el % de Arcillas y el contenido de $N-NH_3$	62

ILUSTRACIONES

Pág.

FIGURA	8.	Relación entre % de Arenas y N-Inorgá-	
FIGURA	1.	Localización de los sitios de muestreo.	29
		nico total	63
FIGURA	2.	Relación entre la saturación de calcio	
FIGURA	9.	Relación entre lixiviación de K esting	
		y la respuesta de encalamiento en cua-	
		da en el laboratorio y la pérdida de -	
		tro series de suelos de Villarrica.....	46
		rante 10 años (campo), en suelos de	
FIGURA	3.	Relación entre la razón Ca + Mg/Al y la	85
		respuesta al encalado en cuatro series	
FIGURA	10.	Relación entre la pérdida de K y el pH	
		de suelos de Villarrica	47
		vel actual de N-cambiable	87
FIGURA	4.	Relación entre el potasio cambiabile y	
FIGURA	11.	Relación entre las pérdidas de materia	
		la respuesta a la fertilización potási-	
		orgánica y la pérdida de K en 10 años	
		ca en cuatro series de suelos de Vi-	
		on suelos de Villarrica	88
		llarrica	47
FIGURA	5.	Relación entre la razón Ca + Mg/K y la	
		respuesta a la fertilización potásica	
		en cuatro series de suelos de Villarri-	
		ca	53
FIGURA	6.	Relación entre pH y N-NH ₃	60
FIGURA	7.	Relación entre el % de Arcillas y el	
		contenido de N-NO ₃	62

FIGURA 8. Relación entre % de Arenas y N-Inorgánico total	63
---	----

FIGURA 9. Relación entre lixiviación de K estimada en el laboratorio y la pérdida durante 10 años (campo), en suelos de villarrica	85
--	----

FIGURA 10. Relación entre la pérdida de K y el nivel actual de K-cambiable	87
--	----

FIGURA 11. Relación entre las pérdidas de materia orgánica y la pérdida de K en 10 años en suelos de villarrica	88
---	----

Estos suelos generalmente se encuentran dedicados a la explotación ganadera de tipo extensivo y su ya necesaria incorporación a la explotación agrícola y ganadera intensiva supone el desarrollo de trabajos que, al obtener una infor-

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

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y ESTUDIO DEL NITRÓGENO, FOSFORO Y POTASIO EN SUELOS DE VILLARRICA (CAUCA) (*) antes a generar tecnologías de uso y manejo adecuados.

Por

En estas circunstancias se encuentran los suelos de Villarrica, pero su ventajosa situación al estar en las cercanías de centros de consumo como Cali, hace que su estudio

JULIO EDUARDO HOLGUIN VALENZUELA

sea particularmente importante. La investigación sobre sus

I. INTRODUCCION

características químicas y el estado del N, P y K, en sus

diferentes fracciones, constituyen los objetivos del presente

Una buena proporción de los suelos del trópico corresponden a aquellos suelos ácidos, altamente intemperizados,

infértiles o poco fértiles, con problemas de toxicidad de

aluminio y/o manganeso y con frecuencia asociados con pro-

blemas de drenaje deficiente.

Estos suelos generalmente se encuentran dedicados a la explotación ganadera de tipo extensivo y su ya necesaria incorporación a la explotación agrícola y ganadera intensiva supone el desarrollo de trabajos que, al obtener una infor-

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

mación básica sobre sus características y problemas, permita la formulación de proyectos de investigación tendientes a generar tecnologías de uso y manejo adecuados.

En estas circunstancias se encuentran los suelos de Villarrica, pero su ventajosa situación al estar en las cercanías de centros de consumo como Cali, hace que su estudio sea particularmente importante. La investigación sobre sus características químicas y el estado del N, P y K, en sus diferentes fracciones, constituyen los objetivos del presente trabajo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 El nitrógeno en el suelo.

Entre los diferentes elementos nutritivos de los vegetales, probablemente es el nitrógeno el que ha sido sometido al mayor y más intenso estudio y aún hoy está recibiendo mucha atención, por cuanto la cantidad de nitrógeno en el suelo es muy pequeña, mientras que la consumida anualmente por los cultivos es comparativamente grande (38).

El nitrógeno se encuentra en las rocas magnéticas en una cantidad que oscila entre 5 - 15 g/ton siendo mayor su contenido en las rocas sedimentarias como las areniscas con 135 g/ton y 580 g/ton en las arcilláceas correspondiendo el contenido más bajo a las metamórficas. Además, se encuentra también nitrógeno en rocas calcáreas y en sedimentos superficiales (5 - 20 g/ton) (22). Según Stevenson (99), en granitos el contenido de nitrógeno se encuentra entre 17 - 78 ppm, en basaltos 20 ppm y en gabros 21 ppm.

2.1.1 Nitrógeno total.

El nitrógeno total presente en los suelos

se encuentra en dos formas: orgánica e inorgánica. Quedando representada entre el 78% y 95% la fracción orgánica, y del 5% al 22% por la inorgánica (11, 20, 21, 47, 80, 90, 106).

El contenido de nitrógeno total es menor en las zonas tropicales colombianas que en las áreas templadas, debido a que la temperatura elevada favorece la descomposición de la materia orgánica y la volatilización del nitrógeno y además la actividad bioquímica es más intensa, ayudando a disminuir los compuestos orgánicos nitrogenados, principal fuente de nitrógeno total (16, 22). Como norma general, el contenido de nitrógeno total en los suelos disminuye al aumentar la profundidad del perfil. Sin embargo, hay excepciones como las que pueden ocurrir en suelos volcánicos, debido a la diferenciación de los horizontes ocasionada por depositaciones repetidas de cenizas volcánicas (80).

La relativa abundancia del nitrógeno total en los suelos tropicales influenciados por cenizas volcánicas, parece deberse al hecho de que la presencia de alófanas impide, en cierto grado, la descomposición de los materiales orgánicos (28). Lo anterior puede ocurrir debido a la inhibición de la actividad enzimática de la proteasa (8),

que impide la transformación del nitrógeno proteínico, que constituye en promedio una tercera parte del total, pudiendo llegar en algunos casos a un 50% (8, 30, 31).

2.1.2 Nitrógeno orgánico.

En promedio, el nitrógeno de naturaleza proteínica viene a representar un tercio del nitrógeno total (30). Sustancias de naturaleza proteínica conforman el nitrógeno orgánico de un 20% a 50% (23). Los aminoácidos son parte importante de la fracción húmica, habiéndose caracterizado treinta de ellos, siendo importantes: arginina, valina, histidina, glutámico, alanina, ácidos glutámico y aspártico (32). Siguen en importancia los amino-azúcares: glucosamina, y galactosamina, que pueden representar entre el 5% y 10% del nitrógeno total, aunque a veces se encuentran amplias variaciones (35). Los ácidos nucleicos a pesar de ser tan importantes en el substrato nitrogenado, solo representan el 1% del nitrógeno total (1). Se presenta además otra fracción como complejo ligno-amoniacal, con el mismo porcentaje (99).

El nitrógeno orgánico tiende a aumentar cuando las condiciones ambientales son propicias para la acumulación de materia orgánica. Esta a su vez disminuye con

la profundidad del perfil debido a la remoción de los materiales orgánicos (6).

2.1.4 Nitrógeno nativo fijo.

2.1.3 Nitrógeno inorgánico.

El nitrógeno inorgánico nativo fijo varía en

En los suelos, la fracción inorgánica aparece en forma intercambiable o retenida por los coloides del suelo. Esta retención se origina por simple fijación de nitrógeno previamente intercambiable, o es "nativa" por ser el nitrógeno parte integrante de la red cristalina mineral (21, 36).

Adams y Stevenson (2), encontraron nitrógeno en rocas ígneas (granitos, pegmatitas), en silicatos primarios (feldespatos y micas) y en materiales inorgánicos amorfos.

Esta fracción del nitrógeno es retenida en suelos cuyas arcillas son del tipo 2:1 principalmente los grupos montmorillonita y vermiculita (25, 98, 112).

Diversas investigaciones realizadas en suelos de Colombia muestran que los mayores porcentajes de nitrógeno inorgánico se obtuvieron en zonas áridas, mientras que las menores cantidades fueron obtenidas en suelos volcá-

nicos (11, 21, 46, 80, 90, 106).

2.1.4 Nitrógeno nativo fijo.

En el valle de Sibundoy, una correlación altamente significativa existe entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable en el nitrógeno inorgánico nativo fijo varía geográficamente, no así para suelos de pradera y culturalmente entre el 2% y 22% del nitrógeno total, según se concluye de distintos estudios realizados en Colombia (6, 11, 13, 21, 55, 58, 80, 90, 106, 108).

Siendo la forma más importante de la fracción inorgánica se ha encontrado que la cantidad de nitrógeno que corresponde a esta fracción es menor en suelos volcánicos, que en otros tipos de suelos (11, 79, 80, 81).

Según Aomine (7) y Walsh (109), la fijación de $N-NH_4$ aumenta con la profundidad del perfil. Así mismo, la fijación disminuye al aumentar la concentración de H^+ en los suelos (83).

2.1.5 Nitrógeno intercambiable.

Debido a la acción de los microorganismos de nitrógeno (39).

Se encuentra retenido en las superficies de las arcillas y su cantidad oscila entre el 1% y 4% del nitrógeno total, según diferentes estudios realizados (11, 13, 21, 55, 58, 80, 90, 106, 108).

21, 55, 77, 80, 106).

Bastidas et al (11) encontraron para suelos del valle de Sibundoy, una correlación altamente significativa entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable en condiciones de pantano, no así para suelos de pradera y cultivo. Estos resultados no concuerdan con los encontrados en los diferentes estudios realizados en Colombia, en los cuales no se encontró correlación estadística entre el nitrógeno total y la forma intercambiable (6, 13, 41, 55, 80, 106, 108). Además, los resultados obtenidos en estos trabajos parecen sugerir que el nitrógeno intercambiable es mayor en aquellos suelos donde el contenido de materia orgánica es menor.

2.1.6 Nitrógeno amoniacal y nítrico.

Los primeros compuestos nitrogenados inorgánicos producidos por la acción microbiana son las sales de amonio (38). Debido a la acción de los microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos) se libera amoníaco a partir de los compuestos orgánicos y éste posteriormente pasa a formas nítricas bajo la acción de organismos especializados (23). Los procesos enzimáticos que realizan los mi-

microorganismos para efectuar estas transformaciones de nitrógeno son afectados por las condiciones de humedad, temperatura, aireación, y sobre todo por el calcio asimilable, los nitratos son una forma de nitrógeno que necesitan muchas plantas para su desarrollo vegetativo. Además, en esta forma parece ocurrir la mayor parte de las pérdidas por lixiviación (22).

Las temperaturas bajas ocasionan disminución en la producción de nitratos debido al pequeño número de microorganismos nitrificadores que se adaptan a esta condición (23, 42). El pH es otro factor que incide en la nitrificación, siendo 6,5 el punto óptimo para que ésta ocurra (5, 109).

En la Tabla I se compilan los valores promedio para las diferentes fracciones de nitrógeno obtenidas en suelos de diversas regiones de Colombia.

2.2 El fósforo en el suelo.

El fósforo es un elemento de gran importancia en el crecimiento de las plantas, puesto que sus funciones son muchas y muy complejas en la fisiología de las mismas. Es, además, un factor limitante en la producción debido a que

TABLA I

FRACCIONES DE NITROGENO EN SUELOS DE DISTINTAS REGIONES DE COLOMBIA

Promedios expresados en ppm.

Región	n	Cobertura	N-Total	N-Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico			N-NH ₃	N-NO ₃	Ref.
					Total	Nat. fijo	Interc.			
							34,02			(41)
Jamundí	6	Cultivo	1594,13	1468,35	125,78	91,76	146,76	30,49		(13)
Altiplano de Ipiales	19	Varios	4071,63	3447,95	623,74	476,76	71,41	35,93		(6)
Llanura del Pacífico	15	Pradera	5043,38	4841,79	201,79	129,39	120,14			(55)
Sabana de Túquerres	10	Pradera	3182,90	2927,28	255,62	142,11				(11)
Valle de Sibundoy	7	Pradera	5349,40	5171,79	177,60	110,60	67,51			
		Cultivo	6758,58	6536,14	222,64	148,68	73,96			
		Pantano	9257,82	9073,95	183,87	124,87	59,00			(80)
Altiplano de Pasto	10	Pradera	4043,60	3849,23	194,30	123,51	70,86	16,64		
		Cultivo	4000,80	3843,39	116,39	102,88	63,51	10,20		
		Bosque	4709,70	4545,46	164,24	89,52	74,72	9,11		(77)
Bajo Putumayo	8	Pradera	3523,61	3392,28	131,33	65,90	65,41			
		Bosque	3157,21	2016,26	240,94	112,69	168,25			(46)
Guajira			1949,00	1749,00	200,00	123,00	77,00			(106)
			1320,00	1031,00	306,00	227,00	79,00	8,00		(58)
Valledupar					635,05	624,54	10,50	17,77	9,26	
Valle del zulía	16	Varios	1267,85	632,90						

su deficiencia, bien sea provocada por su escasez o derivada de la fijación, se presenta como uno de los principales problemas de la fertilidad de los suelos (21, 62, 92).

Blasco (21) sostiene que tal vez con la excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan fundamental para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo. Si existe una carencia de este elemento es doblemente serio

el problema, porque además de tener influencia directa sobre la planta, evita que ésta aproveche otros nutrimentos.

el fósforo total disminuye con la profundidad del perfil.

2.2.1 El fósforo total.

El contenido de fósforo total en los suelos es muy variable, pudiendo encontrarse entre más de 3.000 ppm y menos de 150 ppm, de acuerdo a distintos estudios realizados en los suelos tropicales (3, 6, 11, 18, 24, 41, 50, 54, 55, 58, 82, 105).

Esta variabilidad ocurre debido a que el contenido de fósforo en el suelo depende de múltiples factores, como el material parental, desarrollo genético del suelo, textura, profundidad, etc. (51, 62, 73). Así, Coel y

Agarwall (61), en suelos de la India, encontraron que las mayores concentraciones de fósforo se presentaban en los suelos jóvenes, decreciendo con la madurez de los mismos. Al respecto, Guerrero (62) encontró para suelos de Colombia que la concentración de fósforo total disminuye significativamente conforme aumenta la precipitación pluvial, e indica que esta relación se debe a la influencia directa de esta variable sobre la intensidad de la meteorización.

En suelos del trópico se ha determinado que el fósforo total disminuye con la profundidad del perfil, debido a la rápida disminución de la fracción orgánica (24, 49, 105).

2.2.2 Fósforo orgánico.

El fósforo orgánico proviene de los compuestos fosfóricos que integran los tejidos de las plantas, incluye también el fósforo inorgánico que ha sido convertido a la forma orgánica por los microorganismos del suelo (12, 94). Esta fracción puede representar aproximadamente entre el 3% y el 90% del fósforo total (24, 49, 54).

Al fósforo orgánico se le atribuyen dos

orígenes: los residuos orgánicos y la resíntesis microbial. Hoy día se piensa que la resíntesis microbial es más importante como fuente de fósforo orgánico y se acepta como factible el hecho de que al final del ciclo metabólico todo el fósforo orgánico del suelo tenga ese origen (19, 22).

La naturaleza química de buena parte de los compuestos orgánicos del fósforo no es bien conocida todavía. Sin embargo, se sabe que una buena parte del fósforo orgánico (hasta un 50%) forma ésteres con el ácido fítico o sus sales, dando origen a estructuras (hexafosfatos de inositol) de difícil descomposición. Los fosfatos componentes de ADN y ARN contribuyen al fósforo orgánico con un 10% a 20%, los fosfolípidos con 1% a 2% y otros compuestos como los fosfoazúcares y coenzimas fosforadas pueden representar menos del 1% (19).

Alexander (5) ha demostrado que los suelos ricos en materia orgánica tienen abundante cantidad de fósforo orgánico y aquella disminuye con la profundidad del perfil. Además, esta cantidad de fósforo se presenta en concentraciones más altas en suelos donde incide una mayor precipitación y temperatura anual baja (110).

Los investigadores han unificado su crite-

rio al decir que esta fracción puede considerarse como la reserva principal de fósforo en suelos del trópico, debido a la facilidad con que el fósforo orgánico tiene para pasar a formas asequibles para la planta (16, 41, 48, 49, 54). No obstante, en la reciente revisión realizada por Blasco (19) se concluye que en los suelos del trópico el fenómeno de inmovilización de fósforo predomina sobre el de mineralización.

Para suelos de Colombia, Guerrero (62) indica que la participación del fósforo orgánico en el fósforo total varía entre el 2% y el 65%. Señala, además, que a medida que se asciende hacia los pisos térmicos montanos, la participación del fósforo orgánico en el fósforo total disminuye significativamente, mientras que esta misma variable tiende a aumentar con la precipitación pluvial.

En un estado coloidal puede pasar a la solución del suelo, en cuya forma es fácilmente asimilable para las plantas, casi tan fácilmente como la fracción intercristalina (11, 62, 73, 69, 67).

2.2.3 Fósforo inorgánico.

El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es generalmente mayor que el orgánico, a excepción de los suelos predominantemente orgánicos (73). Además del fósforo inerte, son las formas aluminicas, férricas y cálcicas las que están representando esta forma inorgánica del fósforo (51, 54).

calcio. Dentro de la fracción inorgánica, a medida

que la meteorización del medio es más drástica, como ocurre en los suelos del trópico, la concentración de los fosfatos de hierro y aluminio es mucho mayor que la correspondiente a la de fosfatos cálcicos (43, 62, 65, 82, 103). En los suelos de Colombia, la participación de los fosfatos de aluminio en el fósforo total oscila entre 2% y 34% del fósforo total y las del fósforo unido al hierro entre 3% y 48%. En los pisos montañosos tiende a predominar el fósforo unido al aluminio sobre el fósforo unido al hierro mientras que en los pisos tropicales y sub-tropicales la situación se invierte (43).

2.2.3.1 Fosfatos de hierro y aluminio. Cuantitativamente los suelos fuertemente meteorizados parecen tener más fósforo fijado por el hierro que por el aluminio (4, 18, 62).

2.2.3.2 Fosfatos de calcio. Las últimas investigaciones demuestran que el fósforo es fijado en forma más rápida por el aluminio que por el hierro, sin embargo el fosfato de aluminio en estado coloidal puede pasar a la solución del suelo, en cuya forma es fácilmente asequible para las plantas, casi tan fácilmente como la fracción intercambiable (11, 62, 73, 69, 87).

Los fosfatos de calcio apatíticos y no apatíticos tienen menor importancia que los fosfatos de hierro y de aluminio en Blasco y Bohórquez (24) en suelos del valle del Cauca y Tafur (104) en suelos del Cesar, encontraron que las cantidades de fósforo retenidas por el hierro eran más importantes que las retenidas por el aluminio o el

calcio.

En suelos de Colombia, la participación de los fosfatos de aluminio en el fósforo total oscila entre 2% y 24% del fósforo total y las del fósforo unido al hierro entre 8% y 48%. En los pisos montanos tiende a predominar el fósforo unido al aluminio sobre el fósforo unido al hierro mientras que en los pisos tropicales y sub-tropicales la situación se invierte (62).

2.2.3.2 Fosfatos de calcio.

Los fosfatos de calcio en el suelo pueden ser apatíticos o no apatíticos. Los apatíticos están constituidos por los diferentes tipos de apatita y son minerales primarios, mientras que los no apatíticos son los fosfatos mono, di y tricálcicos de origen secundario (27).

Los fosfatos de calcio apatíticos y no apatíticos tienen menos importancia que los fosfatos de hierro y de aluminio en los suelos de Colombia, según se deduce de varias investigaciones realizadas, excepción hecha para los suelos aluviales del Amazonas, en los cuales la cantidad de fosfatos de calcio apatítico es relativamente alta.

(3, 20, 24, 41, 62, 104).

En suelos de Colombia, los fosfatos de calcio no apatíticos representan entre el 0,5% y el 9% del fósforo total y la contribución de los apatíticos oscila entre el 0,5% y 12%. En estos suelos, a medida que aumenta la precipitación pluvial disminuyen los fosfatos de calcio no apatíticos (62).

La participación de los fosfatos de calcio en la nutrición fosfatada de la planta depende de su origen. Así, investigaciones realizadas en suelos latosólicos y volcánicos demuestran que únicamente los fosfatos de calcio no apatíticos contribuyen al suministro de fósforo a la planta, mientras que los de origen apatítico no contribuyen en el proceso (74, 87).

2.2.4 Fósforo aprovechable.

El fósforo aprovechable es aquel que se encuentra retenido en la superficie de los coloides del suelo y puede ser aprovechado por las plantas (45, 51).

La concentración de fósforo aprovechable es muy variable, presentándose en suelos de regiones tropi-

cales en concentraciones bajas (3, 4, 11, 18, 24, 41, 50, 54, 55, 58, 82, 105). Esta deficiencia generalizada de fósforo en los suelos del trópico se debe a la alta capacidad fijadora de fósforo por los coloides amorfos en los suelos volcánicos y por las arcillas de sesquióxido en los latosoles, así como por la intensa precipitación de fósforo causada por el hierro y el aluminio (18, 27, 50, 52, 53, 63).

2.2.5 Fósforo inerte.

Altiplano de 9	9	755	52	1467
Clima medio de	14	301	56	334
Altiplano de 1	14	301	56	334
Sabana de 7	7	389	50	777
Sabana de 10	10	389	50	777
Sabana de 11	11	389	50	777
Sabana de 12	12	389	50	777
Sabana de 13	13	389	50	777
Sabana de 14	14	389	50	777
Sabana de 15	15	389	50	777
Sabana de 16	16	389	50	777
Sabana de 17	17	389	50	777
Sabana de 18	18	389	50	777
Sabana de 19	19	389	50	777
Sabana de 20	20	389	50	777
Sabana de 21	21	389	50	777
Sabana de 22	22	389	50	777
Sabana de 23	23	389	50	777
Sabana de 24	24	389	50	777
Sabana de 25	25	389	50	777
Sabana de 26	26	389	50	777
Sabana de 27	27	389	50	777
Sabana de 28	28	389	50	777
Sabana de 29	29	389	50	777
Sabana de 30	30	389	50	777
Sabana de 31	31	389	50	777
Sabana de 32	32	389	50	777
Sabana de 33	33	389	50	777
Sabana de 34	34	389	50	777
Sabana de 35	35	389	50	777
Sabana de 36	36	389	50	777
Sabana de 37	37	389	50	777
Sabana de 38	38	389	50	777
Sabana de 39	39	389	50	777
Sabana de 40	40	389	50	777
Sabana de 41	41	389	50	777
Sabana de 42	42	389	50	777
Sabana de 43	43	389	50	777
Sabana de 44	44	389	50	777
Sabana de 45	45	389	50	777
Sabana de 46	46	389	50	777
Sabana de 47	47	389	50	777
Sabana de 48	48	389	50	777
Sabana de 49	49	389	50	777
Sabana de 50	50	389	50	777
Sabana de 51	51	389	50	777
Sabana de 52	52	389	50	777
Sabana de 53	53	389	50	777
Sabana de 54	54	389	50	777
Sabana de 55	55	389	50	777
Sabana de 56	56	389	50	777
Sabana de 57	57	389	50	777
Sabana de 58	58	389	50	777
Sabana de 59	59	389	50	777
Sabana de 60	60	389	50	777
Sabana de 61	61	389	50	777
Sabana de 62	62	389	50	777
Sabana de 63	63	389	50	777
Sabana de 64	64	389	50	777
Sabana de 65	65	389	50	777
Sabana de 66	66	389	50	777
Sabana de 67	67	389	50	777
Sabana de 68	68	389	50	777
Sabana de 69	69	389	50	777
Sabana de 70	70	389	50	777
Sabana de 71	71	389	50	777
Sabana de 72	72	389	50	777
Sabana de 73	73	389	50	777
Sabana de 74	74	389	50	777
Sabana de 75	75	389	50	777
Sabana de 76	76	389	50	777
Sabana de 77	77	389	50	777
Sabana de 78	78	389	50	777
Sabana de 79	79	389	50	777
Sabana de 80	80	389	50	777
Sabana de 81	81	389	50	777
Sabana de 82	82	389	50	777
Sabana de 83	83	389	50	777
Sabana de 84	84	389	50	777
Sabana de 85	85	389	50	777
Sabana de 86	86	389	50	777
Sabana de 87	87	389	50	777
Sabana de 88	88	389	50	777
Sabana de 89	89	389	50	777
Sabana de 90	90	389	50	777
Sabana de 91	91	389	50	777
Sabana de 92	92	389	50	777
Sabana de 93	93	389	50	777
Sabana de 94	94	389	50	777
Sabana de 95	95	389	50	777
Sabana de 96	96	389	50	777
Sabana de 97	97	389	50	777
Sabana de 98	98	389	50	777
Sabana de 99	99	389	50	777
Sabana de 100	100	389	50	777

La fracción inerte corresponde a formaciones mineralógicas muy estables, no participando en la dinámica del suelo, sino a medida que se produce la meteorización (51, 75, 104).

para el caso de los suelos de Colombia, el fósforo inerte presenta sus más altos porcentajes en suelos poco meteorizados, tales como los andosoles, mientras que en suelos cuya descomposición química es drástica presenta concentraciones bajas, tal como ocurre en las zonas tropicales (62).

De acuerdo a Guerrero (62), en suelos de Colombia el fósforo inerte constituye la forma más importan

TABLA II

CONCENTRACIONES PROMEDIAS DE LAS FRACCIONES DEL FOSFORO EN SUELOS DE 19 REGIONES NATURALES DE COLOMBIA

Resultados en ppm (*)

Región	Fac. reemp.	% P-t	Ca no apat.	% P-t	Ca apat.	% P-t	Un. Al	% P-t	Un. Fe	% P-t	Org.	% p-t	Iner.	% P-t	Total
Altiplano de Pasto	10	1	106	7	27	2	214	14	207	14	136	9	755	52	1467
Clima medio de Nariño	6	1	26	5	20	4	57	11	48	9	74	14	301	56	534
Altiplano de Ipiales	12	1	45	5	100	12	189	23	179	21	99	12	208	24	835
Sabana de Túquerres	17	2	17	2	39	5	188	24	64	8	53	7	389	50	777
Llanura del Pacífico	8	1	12	2	27	5	106	18	49	9	109	19	265	46	577
Bajo Putumayo	1	0,3	9	2	32	9	76	21	30	8	39	11	176	48	367
Valle de Sibundoy	7	0,5	27	2	56	4	246	19	152	12	379	29	418	32	1291
Jamundí	5	1	4	1	11	3	8	2	56	14	51	13	250	64	387
Valle del Sinú	8	0,7	32	3	79	7	69	6	218	18	705	60	50	4	1178
Valledupar	5	1	39	9	28	7	27	6	48	12	114	27	150	26	414
Hoya del río Nima	16	2	20	2	27	3	50	6	67	8	486	55	189	21	887
Hoya del río Amaine	8	1	26	3	16	2	82	9	113	12	257	27	384	40	947
Rold-Unión-Toto	1	0,1	5	0,5	6	0,5	112	10	554	48	227	20	241	21	1149
Valle del Patía	4	0,4	15	1	7	0,7	84	8	332	30	19	2	646	58	1108
Amazonas	1	0,5	12	3	3	1	16	5	70	20	219	65	16	5	340
Llanos Orientales	-	-	19	4	-	-	30	7	66	15	272	62	38	9	436
Valle del Cauca	5	0,9	32	5	14	2	26	4	48	8	121	20	336	57	585
Valle del Zulia	7	1,5	20	4,8	80	16,5	9	1,9	137	25	77	14	203	35,5	536 (**)

(*) Tomado de Guerrero (62)

(**) Tomado de Fuentes (58)

te de fósforo el indica que su participación en el fósforo total oscila entre 4% y 64%. Sostiene, además, que esta fracción reviste mayor importancia en los suelos volcánicos de los altiplanos que en los suelos latosólicos de las regiones húmedas.

En la Tabla II se incluyen los contenidos promedios de las diferentes fracciones de fósforo en suelos de Colombia.

Prof. Russell (32) afirma que el contenido de potasio total en el suelo depende del tipo de arcilla resultante en el proceso.

2.3 El potasio en el suelo. Los estudios efectuados en suelos del Valle del Cauca demostraron que la cantidad de potasio presente en el suelo depende del contenido de la roca madre. Por lo tanto, suelos provenientes de rocas ácidas como el granito, tienen mayor cantidad de potasio que los derivados de las rocas ígneas básicas como el gabro (51).

Las fuentes más importantes de potasio entre los minerales primario son los feldespatos potásicos y micas (moscovita y biotita), y entre los minerales secundarios la illita (9).

La fracción soluble se encuentra en la solución del suelo principalmente libre (27, 72, 104). Se esti...

2.3.1 Potasio total

En suelos del trópico se espera que haya muy bajo contenido de potasio como consecuencia de una fuerte meteorización y consiguiente lavado; sin embargo este concepto es discutible en muchos casos, debido a las diferentes condiciones que dan origen a la formación de estos suelos (76).

Así, Russell (92) afirma que el contenido de potasio total en el suelo dependen del tipo de arcilla resultante en el proceso de meteorización. Bohórquez (27), en estudios efectuados en suelos del Valle del Cauca encontró que las cantidades de potasio total presentes en suelos illíticos eran muy superiores a las correspondientes a los suelos dominados por montmorillonita y por caolinita.

El contenido promedio de potasio en suelos de diferentes regiones de Colombia oscila entre 3.294 ppm y 16.446 ppm (Tabla III).

2.3.2 Potasio soluble en agua.

La fracción soluble se encuentra en la solución del suelo prácticamente libre (27, 72, 104). Se esti

TABLA III

FRACCIONES DE POTASIO EN SUELOS DE DIFERENTES REGIONES DE COLOMBIA

Resultados en ppm

Región	n	Cobertura	K Total	K Estructural	K-no intercambiable Total	K-no intercambiable más soluble	K-int. HNO ₃ 0,1 N	K-soluble en agua	Ref.
									(86)
Altiplano de Pasto	10	Cultivo	8.506	6.780	990	685	735	96	
			% 100	79	11	8	8	1	
		Bosque	8.484	7.198	818	554	468	79	
			% 100	84	9	8	5	0,9	
		Pradera	7.688	6.688	714	474	286	48	
			% 100	86	9	6	3	0,6	(55)
Altiplano de Túquerres	10	Pradera	6.596	6.082	177	82	443	13	
			% 100	92	2	1	6	0,2	
Valle de Sibundoy	7	Cultivo	6.845	5.303	1.213	477	320	154	(11)
			% 100	77	17	6	4	2	
		Pradera	6.656	5.674	762	376	220	112	
			% 100	85	11	5	3	1	
		Pantano	5.861	4.391	1.200	678	270	65	
			% 100	74	20	11	4	1	
Bajo Putumayo	8	Pradera	5.961	4.813	435	231	98	91	(77)
			% 100	80	7	3	1	1	
		Bosque	3.850	3.589	192	71	68	59	
			% 100	93	5	1	1	1	
Llanura del Pacífico	15	Pradera	3.294	2.360	579	125	354	34	(6)
		%	% 100	71	17	3	10	1	
Altiplano de Ipiales	19	Varios	7.254	6.264	461	178	528	44	(84)
			% 100	86	6	2	7	0,6	
Clima Medio de Nariño	10	Cultivo	5.816	4.263	1.214	708	339	65	(59)
			% 100	73	20	12	5	1	
		Bosque	5.702	4.189	1.140	605	373	54	
			% 100	73	20	10	6	0,9	
		Pradera	5.395	3.812	1.225	659	348	65	
			% 100	70	22	12	6	1	
Municipio de Jamundí	6	Pradera	4.375	2.521	1.230	626	624	47	(41)
			% 100	57	26	13	13	1	
Valle del Tolima	7		16.446	15.309	907		230		(57)
			% 100	93	5		1		
Valledupar			13.349	12.501	598	263	249	13	(107)
Valle del Zulia	16	Varios	7.387	6.717	613	336	56	17	(58)
			% 100	89	9	5	0,85	0,29	

ma que esta fracción, conjuntamente con la del potasio inter cambiabile son las más fácilmente asequibles por la planta (64, 91, 102).

Según Wiklander (111), la cantidad de potasio soluble en gua, está regulada por los diversos factores, tales como humedad del suelo, intensidad de meteorización, lixiviación y tipo de arcilla presente.

En suelos de Colombia, esta fracción del potasio representa en promedio entre el 0,2% y el 1% del potasio total (Tabla III).

2.3.3 Potasio intercambiable.

Esta fracción se encuentra retenida en las caras externas de las arcillas, pudiéndose reemplazar químicamente por la acción de sales neutras u otros cationes (45, 111). El paso del potasio intercambiable a la solución del suelo es tan rápido, que puede considerarse en equilibrio constante (40, 71, 72, 85).

Russell (92) afirma que en suelos jóvenes del trópico, debido a la presencia de rocas ígneas básicas

en climas húmedos en donde ocurre una rápida meteorización, generalmente se liberan cantidades apreciables de potasio asequible para las plantas.

Los contenidos de potasio intercambiable en suelos arenosos, son menores que los encontrados en suelos arcillosos (111). De acuerdo con el ICA (66), se puede dar como nivel crítico de esta forma la cantidad de 58 ppm (0,15 me/100 g).

En estudio efectuado en suelos de Colombia por Suárez de Castro (101), se encontró que la quema (práctica agrícola muy utilizada), produjo un aumento del contenido de potasio intercambiable en la capa arable del suelo, hasta en una magnitud de 312 Kg/ha de potasio.

Para suelos de diferentes regiones de Colombia, el potasio intercambiable (HNO_3 0,1 N) oscila, en promedio, entre 56 y 735 ppm.

2.3.4 Potasio no intercambiable total.

Dentro del potasio no intercambiable se encuentra el potasio que no siendo cambiante se halla en estado intermedio de meteorización (76, 111). En esta frac-

ción también se encuentra el llamado "potasio fijo" el cual es retenido en la red cristalina de las arcillas (45, 111). Las dos principales fuentes primarias de esta fracción son los feldespatos y las micas (111). red cristalina mineralógica (27, 106).

McLean (78) afirma que dentro del potasio no intercambiable total, existe una fracción más soluble, 57% pasando dentro del equilibrio dinámico fácilmente a potasio intercambiable. La liberación del potasio no intercambiable es en parte dependiente del grado de meteorización de los minerales potásicos en el suelo (100). actúa como balanceador de esta arcilla (66).

Arteaga (10) demostró que en suelos volcánicos de la región andina de Narifio la reposición de potasio disponible a la planta ocurre desde la fracción no intercambiable.

En algunos suelos de Colombia se ha determinado, de acuerdo a la recopilación que se presenta en la Tabla III en los suelos de Colombia el potasio no intercambiable total representa entre el 5% y el 26% del potasio total y su fracción menos soluble entre el 1% y el 13%.

2.3.5 potasio estructural.

El potasio estructural es una forma compleja constitutiva de la estructura o red cristalina mineralógica (27, 104).

Esta fracción puede constituir entre el 57% y el 95% del potasio total, según se deduce de diversos estudios realizados en Colombia (6, 84, 11, 41, 56, 57, 58, 59, 86, 100, 107). La cantidad de esta fracción aumenta en el suelo la illita, debido a que el potasio actúa como balanceador de esta arcilla (66).

2.3.6. Lixiviación de potasio.

En algunos suelos de Colombia se ha determinado, bajo condiciones de laboratorio, la susceptibilidad que presentan a perder su potasio por lixiviación. Las cifras en contradas han oscilado entre límites relativamente amplios y los valores promedios se compilan en la Tabla IV.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general de la zona estudiada.

TABLA IV

3.1.1 Localización y extensión.

VALORES PROMEDIOS DE LIXIVIACION DE POTASIO (ADICION DE 100 cc DE HCl 0,01 N POR DIA) DURANTE 10

DIAS EN SUELOS DE DIFERENTES REGIONES.

Región		K-Lixiviado		Ref.
		ppm	% del K-inter-cambiable	
Sabana de Túquerres	10	130,34	29,75	(55)
Altiplano de Pasto	10	406,39	114,45	(86)
Altiplano de Ipiales	19	573,02	99,98	(84)
Llanura del Pacífico	15	575,38	195,31	(6)
Bajo Putumayo	6	111,66	9,92	(77)
Valle de Sibundoy	11	207,73	55,58	(11)

III. MATERIALES Y METODOS

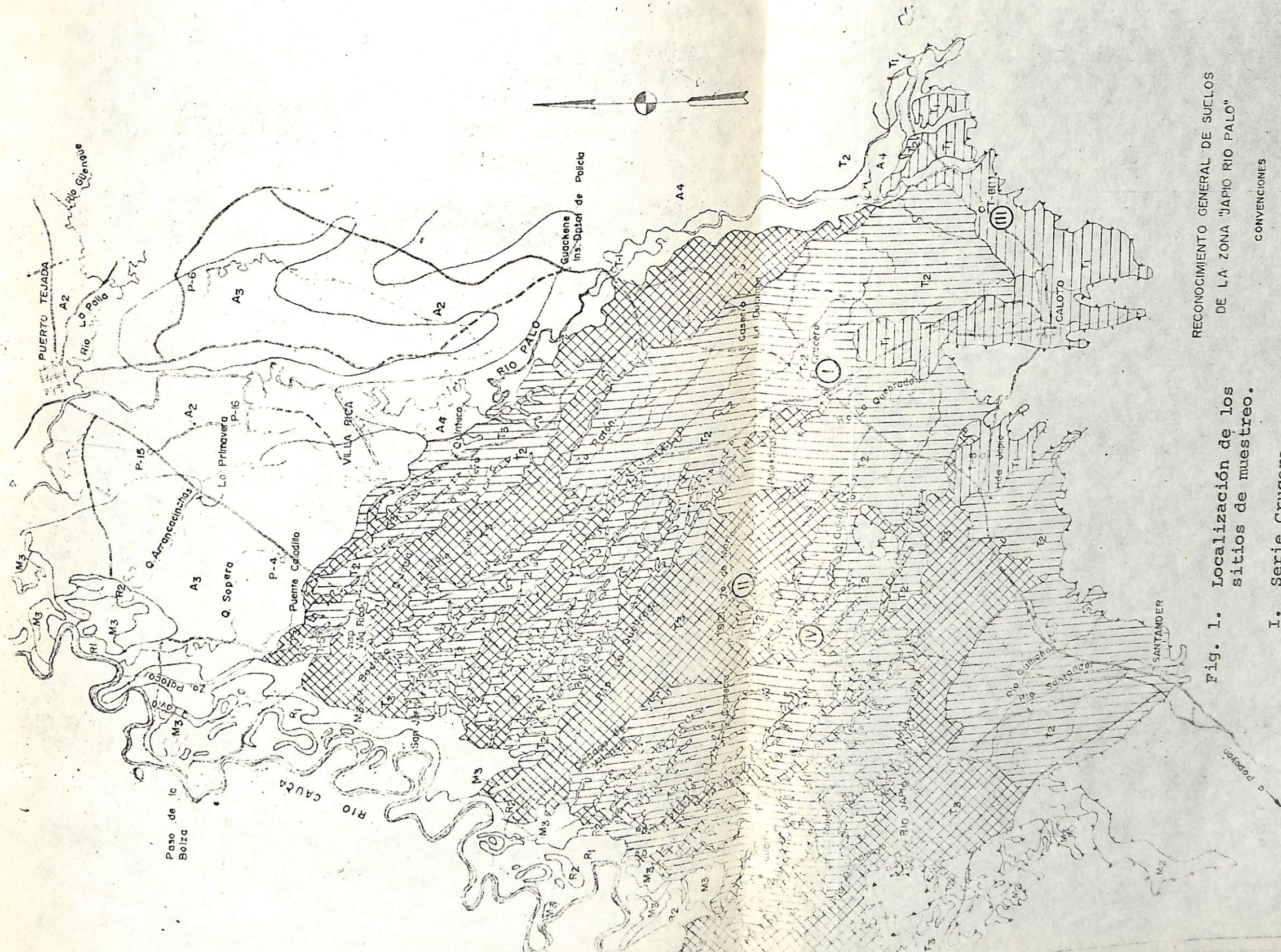
3.1 Descripción general de la zona estudiada.

3.1.1 Localización y extensión.

La zona del estudio se encuentra ubicada en la región sureste del valle geográfico del río Cauca. El área abarcada por el sector Santander - Caloto - Villarrica, se aproxima a las 35.000 hectáreas y está limitada así: al norte con el río Palo y la población de Puerto Tejada; al sur, con la formación montañosa del "Dintel de Suárez", al oriente con el pie de monte de la cordillera Central y al occidente con la planicie de inundación del río Cauca, Figura I (89).

3.1.2 Climatología.

Según Parra, citado por Otero (88), el Sur del Valle geográfico del río Cauca, corresponde al grupo climático "Cálido Moderado" por su altura media de 1.100 m.s.n.m., temperatura media de 24°C y precipitación promedio anual en Santander (1.954 - 1.956) de 1.682 mm,



RECONOCIMIENTO GENERAL DE SUELOS DE LA ZONA "JAPIO RIO PALO"

Fig. 1. Localización de los
sitios de muestreo.

CONVENCIONES

- I. Serie Crucero
- II. Serie Chiribico
- III. Serie Caloto
- IV. Serie Caserio

SUELOS DE LAS TERRAZAS.

TERRAZA ALTA DISECTADA EN LA PARTE SUR DEL VALLE
Caloto - Japio asociación de suelos
TERRAZA PLANA EN LA PARTE SUR DEL VALLE
Bolsa-Casario - Crucero asociación de suelos
DEPRESIONES EN LA TERRAZA EN LA PARTE SUR DEL VALLE
Chiribico-Tierra pantanosa asociación de suelos

con un período semiseco entre junio y agosto (50 a 100 mm) siendo el mes más seco de julio con 45 mm, en promedio. El resto del año puede considerarse lluvioso, con un período de máxima precipitación en octubre y noviembre. La humedad relativa media es de 71%.

La terraza disectada de Caloto corresponde a la terraza, la cual pertenece a la esquina queta de Villarrica, río Palo, Santader y el río la Tata (88).

3.1.3 Geología y Fisiografía.

3.2 Soles. La terraza disectada de Caloto corresponde al pleistoceno sub-Reciente. La terraza débilmente disectada de Villarrica se la incluye en el pleistoceno Reciente. La terraza disectada de Caloto, al sureste del Vaciente. La terraza disectada de Caloto, al sureste del Vaciente se formó en un período de transgresión, o sea el período durante el cual el Valle fue un lago. Los sedimentos están formados por arcillas mezcladas con materiales volcánicos y restos de montaña diabásica del Sureste. En la siguiente regresión la terraza fue fuertemente erodada ya que solo existe una pequeña parte entre Caloto y Corinto (88).

La terraza débilmente disectada de Villarrica, no muestra en parte alguna sedimentación aluvial, lo que hace suponer que ningún tiempo río haya dejado sedimentos. Su topografía es plana y el material pa-

rental es de textura uniforme; por tales hechos se considera que su formación corresponde a sedimentación lacustre probablemente provenientes de cenizas volcánicas. En la siguiente regresión los sedimentos fueron erodados y los remanentes son los que hoy forman la terraza, la cual permanece en la esquina quieta de Villarrica, río Palo, Santander y el río la Teta (88).

3.2 Suelos.

El estudio se realizó en cuatro unidades de mapeación correspondientes a series de suelos localizadas en el sector Santander - Villarrica, cuya descripción resumida se presenta en la Tabla V y la detallada se incluye en el apéndice, de acuerdo al reconocimiento realizado por Otero (88).

3.3 Muestreo.

Para la recolección de las muestras se seleccionaron cuatro perfiles modales correspondientes a las series: Crucero, Caserío, Chiribico y Caloto, que son las u-

TABLA V

DESCRIPCION GENERAL DE LAS SERIES DE SUELOS ESTUDIADOS *

Característica	Serie	Crucero	Chiribico	Caloto	Caserío
Drenaje interno		Lento	Lento	Lento a medio	Medio
Drenaje externo		Lento a muy lento	Lento	Medio	Lento a medio
Relieve		Plano	Depresiones	Ondulado a suavemente pendiente	De a nivel a pendiente moderada

* Datos tomados de Otero (88)

nidades de mapificación dominantes en el sector Santander - Caloto - Villarrica, según el Reconocimiento general de suelos de la zona Japio - Río Palo, realizado por la C.V.C. (88).

En cada perfil se tomaron muestras representativas de los tres primeros horizontes, mediante barreno o descubierto los perfiles a pala. Las muestras se secaron al tipo pastura, se tamizaron con relación suelo: agua, 1:1 (67). aire, se pasaron por tamiz de 2 mm y se guardaron en frascos de vidrio.

3.4 Métodos.

Los análisis respectivos se realizaron en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño.

3.4.1 Humedad.

Se calculó en base de suelo seco a la estufa (11).

3.4.2 Textura. intercambiables.

Por el método de Bouyoucos (29) se determinó por medio del espectrofotómetro de liena Colson modelo 21 a partir del 3.4.3 Reacción del suelo. determinación de C.I.C.,

y según las indicaciones de Jackson (67).

El pH se determinó mediante un potenciómetro tipo Beckman, utilizando una relación suelo: agua, 1:1 (67).

3.4.4 Carbono orgánico. 21.

Se procedió según el método de Walkley y Black, descrito por Jackson (67).

3.4.5 Relación Carbono-Nitrógeno.

Se determinó dividiendo el porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de nitrógeno total.

3.4.6 Capacidad catiónica de cambio.

Se la obtuvo por el método del Acetato de Amonio normal y neutro de Schollenberger y Simón, descrito por Jackson (67).

3.4.7 Cationes intercambiables.

Calcio, magnesio y sodio. Se los determinó por medio del espectrofotómetro de llama Coleman modelo 21 a partir del extracto obtenido en la determinación de C.I.C., y según las indicaciones de Jackson (67).

3.4.8 Fraccionamiento del nitrógeno.

a) Nitrógeno total.

Se determinó siguiendo el método de Kjeldahl, modificado (33, 44).

b) Nitrógeno inorgánico.

Se procedió según el método de Bremner (33).

c) Nitrógeno orgánico.

Se calculó por sustracción entre la determinación del nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico

de los suelos, de acuerdo a la sugerencia de Blasco (25).

d) Nitrógeno intercambiable.

Se siguió la marcha analítica propuesta por Blasco y Cornfield (26).

e) Nitrógeno nativo fijo.

Se calculó mediante la diferencia entre el nitrógeno inorgánico y el nitrógeno intercambiable (25).

f) Nitrógeno amoniacal.

Siguiendo el método de microdifusión propuesta por Bremner y Shaw (34).

3.4.9 Fraccionamiento del fósforo.

a) Fracciones minerales.

Se utilizó el método sugerido por Chang

y Jackson (43), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (97), para distinguir las fracciones de fósforo unidas al calcio y determinando además, las fracciones unidas al aluminio, hierro y fósforo fácilmente reemplazable.

b) Fósforo orgánico.

Se determinó mediante el método de Saunders y Williams (95).

c) Fósforo total.

Se utilizó el método de fusión con carbonato de sodio descrito por Jackson (67).

d) Fósforo aprovechable.

Se determinó utilizando el método Bray II descrito por Saiz del Río y Bornemisza (93).

e) Fósforo inerte.

Se obtuvo mediante cálculo, restando del fósforo total la suma de las fracciones inorgánicas más el fósforo orgánico.

3.4.10 Fraccionamiento del Potasio.

a) Potasio total.

Se siguió el procedimiento descrito por Jackson y Sherman (68).

b) Potasio soluble en agua.

Se siguió el método descrito por Maclean (78).

c) Potasio intercambiable. (NH_4OAc 1N pH 7,0).

Se hizo la extracción con Acetato de amonio normal y neutro, de acuerdo a la técnica de Schollenberger y Simón (96).

d) Potasio no intercambiable.

$$\text{K-lixiviado (\% K-int.)} = \frac{\text{K-lixiviado}}{\text{K-int.-soluble en agua}} \times 100$$

Tanto el potasio no intercambiable total como la fracción más soluble se determinaron de acuerdo a la técnica de Maclean (78).

e) Fracción estructural del potasio.

La diferencia entre el potasio total y las sumas de las fracciones intercambiables y no intercambiables obtenidas con ácido nítrico produce como resultado la fracción estructural del potasio (11).

La diferencia entre el potasio total y las sumas de las fracciones intercambiables y no intercambiables obtenidas con ácido nítrico produce como resultado la fracción estructural del potasio (11).

La diferencia entre el potasio total y las sumas de las fracciones intercambiables y no intercambiables obtenidas con ácido nítrico produce como resultado la fracción estructural del potasio (11).

3.4.11 Lixiviación del Potasio.

Para esta determinación se siguió la técnica sugerida por Garman (60), ligeramente modificada: 10 g de suelo se colocaron en un embudo con papel filtro Whatman No. 1. Durante diez días consecutivos se adicionaron 10 ml/día de HCl 0,01N. En el lixiviado se determinó diariamente la cantidad de potasio lavada mediante espectrofotometría de llama. La cantidad lixiviada se expresó en ppm y como % del K-cambiable, calculado de acuerdo a la fórmula:

$$\text{K-lixiviado (\% K-int.)} = \frac{\text{K-lixiviado}}{\text{K-int.-soluble en agua}} \times 100$$

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Con el objeto de estimar la cantidad de potasio perdida en 10 años bajo condiciones de campo, se calculó la diferencia entre el K-intercambiable determinado en 1.964 (88) y la concentración actual. La pérdida se expresó en ppm y como porcentaje del K-intercambiable original.

Los suelos correspondientes a las cuatro series

3.4.12 Análisis estadístico.

estudiadas presentan una dominancia de la fracción arcillo-

sa sobre el limo y la arena (Tabla VI), lo cual determina

se realizaron análisis de regresión y

que la apreciación textural de los respectivos perfiles, va-

correlación lineal.

ya de moderadamente pasada a muy pasada y que el drenaje la

tarde de los mismo está entre mediano y lento.

El pH en los suelos oscila entre 4,7 (Chiribitos)

y 5,2 (Caloto), lo que corresponde a una reacción muy ácida

o ácida. Sin embargo, el aluminio intercambiable es bajo (1,4 a

3,3 me/100 g). lo mismo que su saturación (3,1% a 7,6%).

Los mayores valores de aluminio intercambiable corresponden a

la serie Chiribitos que presenta el más bajo pH. En esta se-

rie resulta interesante el hecho de que la extrema acidez

únicamente se registra en los cinco primeros centímetros

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CARACTERISTICAS GENERALES.

Los resultados obtenidos para la caracterización de los suelos estudiados se presentan en las Tablas VI y VII.

Los suelos correspondientes a las cuatro series estudiadas presentan una dominancia de la fracción arcillosa sobre el limo y la arena (Tabla VI), lo cual determina que la apreciación textural de los respectivos perfiles, vaya de moderadamente pesada a muy pesada y que el drenaje interno de los mismo esté entre mediano y lento.

El pH en los suelos oscila entre 4,7 (Chiribico) y 5,3 (Caloto), lo que corresponde a una reacción muy ácida o ácida. Sin embargo, el aluminio cambiabile es bajo (1,4 a 2,9 me/100 g), lo mismo que su saturación (3,1% a 7,8%). Los mayores valores de aluminio cambiabile corresponden a la serie Chiribico que presenta el más bajo pH. En esta serie resulta interesante el hecho de que la extrema acidez únicamente se registra en los cinco primeros centímetros

CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS

Ar. Arcilloso
A. Arenoso
F. Franco

TABLA VII

CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS

Serie	Crucero			Chiribico			Caloto			Caserío		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Horizonte												
Característica												
pH	5,10	5,38	5,55	4,70	6,50	6,35	5,30	5,80	5,90	5,00	5,00	4,95
C. Orgánico (%)	1,56	1,04	0,08	4,51	0,35	0,58	1,58	2,02	0,14	2,47	1,39	0,18
C/N (%)	11,60	9,46	1,41	26,50	3,91	7,90	8,37	11,04	8,76	1,70	1,04	3,19
Ca camb. (me/100 g)	8,21	1,00	2,64	2,66	10,60	9,64	10,88	8,11	9,35	16,75	0,13	0,18
Mg camb. (me/100 g)	8,10	3,24	9,50	3,04	11,02	8,68	5,06	2,37	10,72	13,08	1,16	1,30
K camb. (me/100 g)	0,11	0,06	0,02	0,27	0,02	0,02	0,37	0,14	0,02	0,14	0,26	0,17
Na camb. (me/100 g)	0,24	0,09	0,09	0,54	1,05	0,41	0,59	0,21	0,04	0,54	1,05	0,31
Bases tot. (me/100 g)	16,66	4,39	12,25	6,51	22,69	18,75	16,90	10,83	20,13	30,51	2,60	1,96
C.I.C. (me/100 g)	28,00	15,70	17,22	37,36	36,67	36,20	29,68	49,02	40,08	45,36	13,61	12,67
Sat. bases (%)	59,00	27,00	71,00	17,00	61,00	51,00	56,00	22,00	50,00	67,00	19,00	15,00
Sat. Ca (%)	29,30	6,30	15,30	7,10	28,90	26,60	1,90	0,40	0,09	1,10	7,70	2,40
Sat. Na (%)	0,80	0,50	0,50	1,40	2,80	1,10	17,00	4,00	26,00	28,80	8,00	10,20
Sat. Mg (%)	28,90	20,60	55,10	8,10	30,00	23,00	1,24	0,28	0,04	0,30	1,91	1,34
Sat. K (%)	0,39	0,38	0,11	0,72	0,04	0,55	1,45			1,42		*
Al camb. (me/100 g)	1,45			2,92			13,05			15,41		*
H camb. (me/100 g)	11,87			30,98			0,12			0,30		*
Fe camb. (me/100 g)	0,28			0,12			14,62			17,13		
Ac.camb.tot. (me/100 g)	13,60			34,02			49,00			37,00		
Ac.camb.tot.sat. (%)	48,00			91,00			4,80			3,10		
Sat. Al (%)	5,10			7,80			43,08	74,85	1003,50	213,07	4,96	8,70
Ca + Mg/K	148,27	70,66	607,00	21,11	1081,00	916,00	13,67	16,92	536,00	93,42	4,46	7,64
Mg/K	73,63	54,00	475,00	11,25	551,00	434,00	2,15	3,42	0,87	1,28	0,11	0,13
Ca/Mg	1,01	0,30	0,37	0,87	0,96	1,11	10,99			21,00		
Ca + Mg/Al	11,24			1,95			29,40	57,92	467,50	119,64	0,50	1,05
Ca/K	74,63	16,66	132,00	9,85	530,00	482,00						

* Datos tomados de Revelo (89).

del perfil (0-5 cm), mientras que en el segundo y tercer horizontes, la reacción pasa a ser cercana a la neutralidad.

Es evidente que la acidez de los suelos está relacionada con el hidrógeno cambiante, el cual presenta altas concentraciones (11 a 30 me/100 g) determinantes también de una alta saturación de acidez en el complejo de villarrina, el efecto de la cal está mayormente relacionado con el suministro de calcio y, en mayor proporción, con la 90% del complejo de cambio está representada por acidez intercambiable, pero de ésta solo un 8% corresponde al aluminio al hidrógeno. A este respecto, salvo el caso del perfil Chiribico, la relación $Ca + Mg/Al$ es muy amplia, lo que indicaría una

Resulta interesante observar que a pesar de la acentuada acidez de los suelos estudiados, las concentraciones de aluminio cambiante son definitivamente bajas. Sin embargo, la revisión reciente realizada por Kamprath (70), para suelos del trópico coincide al informar que los horizontes superiores de suelos ácidos mal drenados de la Cuenca Amazónica del Perú y Brasil presentan muy baja o ninguna saturación de aluminio.

En los suelos Crucero, Caserio y Caloto, Revelo (89) no encontró respuesta significativa a la adición de cal. Esto seguramente está relacionado con los bajos niveles de aluminio cambiante. Sin embargo, en el suelo Chiribico se encontró una respuesta significativa al encalado,

resultado que coincide con su baja saturación de calcio (7%). En efecto, en la Figura 2 se presenta la relación inversa existente entre la saturación de calcio y respuesta al encalamamiento en los suelos estudiados. Es evidente que a valores de saturación de calcio mayores de 30%, la respuesta al encalado se torna negativa. Este resultado sugiere que en los suelos de Villarrica, el efecto de la cal está mayormente relacionado con el suministro de calcio y, en mayor proporción, con la neutralización de la acidez cambiante, especialmente la ligada al hidrógeno. A este respecto, salvo el caso del perfil Chiribico, la relación $Ca + Mg/Al$ es muy amplia, lo que indicaría ausencia de toxicidad por aluminio (70). Así mismo, la razón $Ca + Mg/Al$ relaciona inversamente con la respuesta a encalamamiento. Tal como se observa en la Figura 3, relaciones bajas menores de 2 (Chiribico) implicaron respuesta positiva, aunque escasa al encalado. Mientras que relaciones superiores a 10 están asociadas con respuesta nula (Crucero) o negativa (Caloto y Caserío).

La C.I.C. de los suelos oscila entre 28 me/100 g (Crucero) hasta 45 me/100 g (Caserío), lo que supone valores relativamente altos en su capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, los valores disminuyen con la profundidad en los perfiles Crucero y Caserío debido a la disminución en la con-

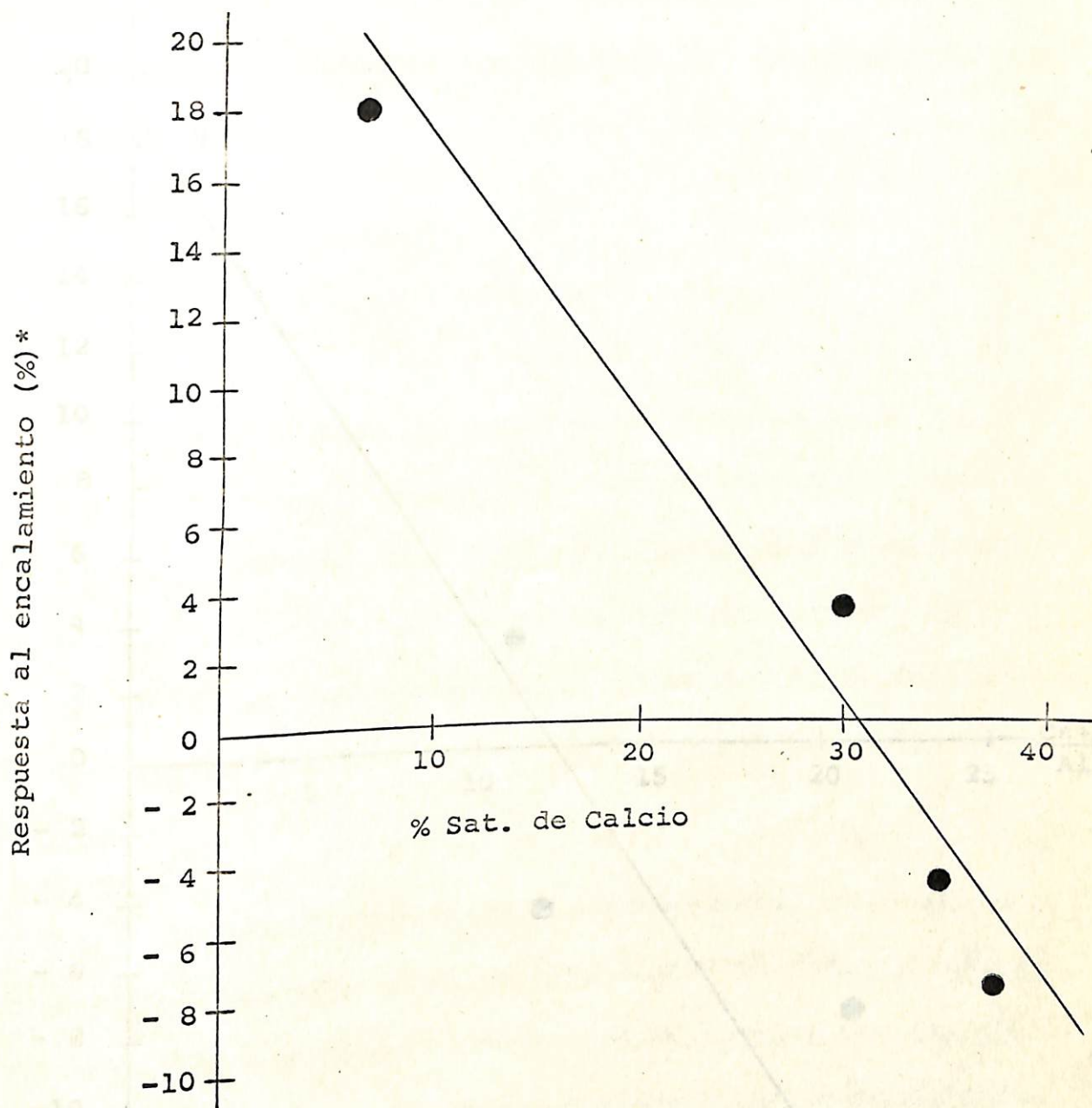


Fig. 2. Relación entre la saturación de calcio y la respuesta de encalamiento en cuatro series de suelos de Villarrica.

* Los datos de respuesta fueron obtenidos por Revelo (89).

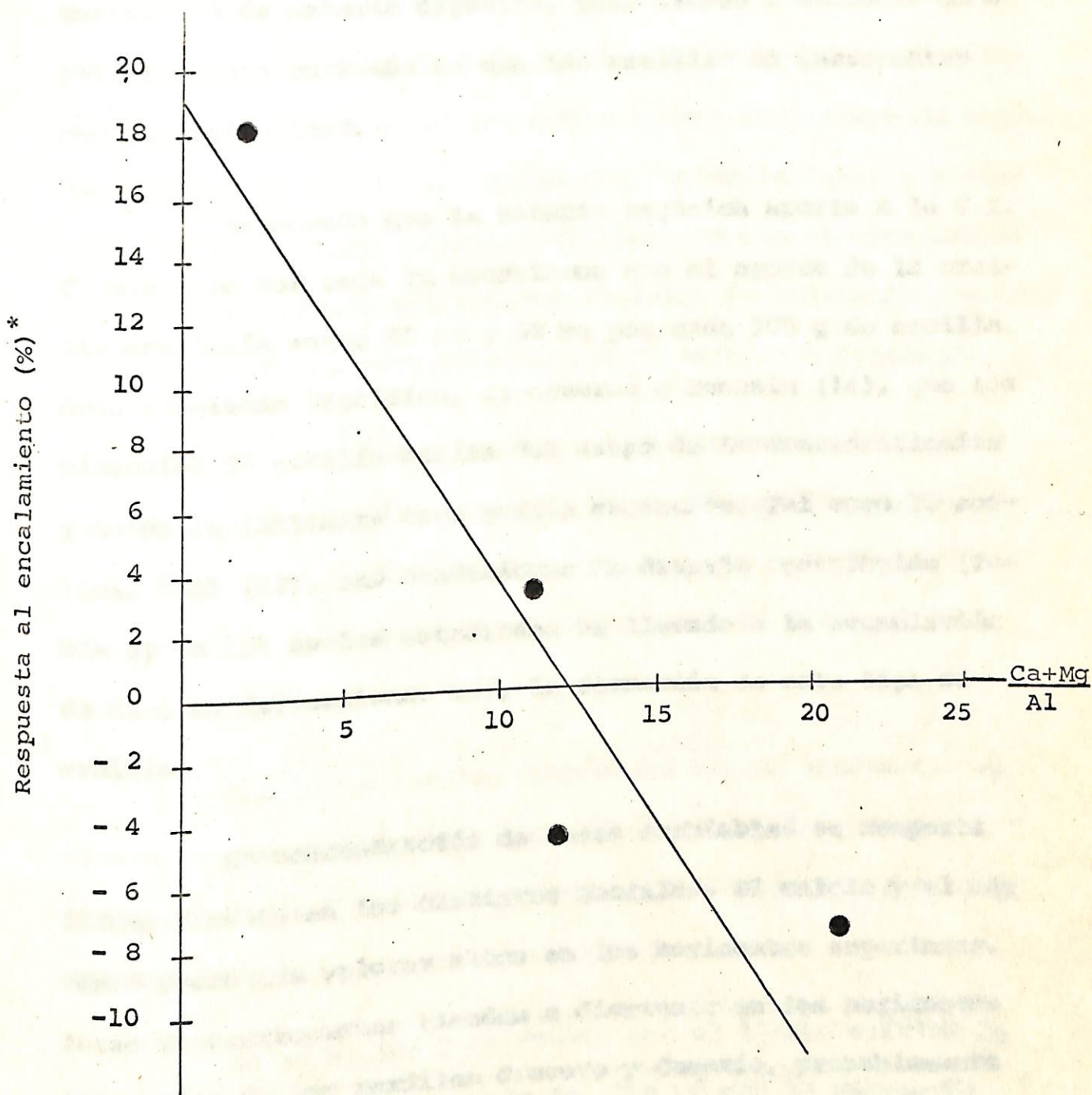


Fig. 3. Relación entre la razón Ca+Mg/Al y la respuesta al encalado en cuatro series de suelos de Villarrica.

* Los datos de respuesta fueron obtenidos por Revelo (89).

concentración de materia orgánica, pero tiende a aumentar en el perfil Caloto en razón de que las arcillas se incrementan con la profundidad. En el segundo y tercer horizontes en razón

de su granaje interno muy lento que impide la libre lixiviación. Asumiendo que la materia orgánica aporta a la C.I. una saturación capilar el mismo de que en este perfil C. con 2 me por cada 1% tendríamos que el aporte de la arcilla oscilaría entre 50 me y 92 me por cada 100 g de arcilla. Este resultado significa, de acuerdo a Besoain (14), que los minerales de arcilla serían del grupo de la montmorillonita y no de la caolinita como podría esperarse. Tal como lo sostiene Buol (39). Las condiciones de drenaje restringido (Tabla V) en los suelos estudiados ha llevado a la acumulación de Ca y Mg favoreciendo así, la formación de este tipo de arcillas.

La concentración de bases cambiables se comporta diferentemente en los distintos perfiles. El calcio y el magnesio presentan valores altos en los horizontes superiores.

Estas concentraciones tienden a disminuir en los horizontes inferiores de los perfiles Crucero y Caserío, probablemente porque la C.I.C. también disminuye drásticamente, permitiendo la pérdida de estos por lixiviación. En el perfil Caloto la concentración de calcio y magnesio es relativamente homogénea coincidiendo, así mismo con la homogeneidad de la C.I.

C. En cambio en el perfil Chiribico, tanto la concentración de calcio y magnesio como la saturación de bases se incrementan acentuadamente en el segundo y tercer horizontes en razón de su drenaje interno muy lento que impide la libre lixiviación. Esta saturación explica el hecho de que en este perfil el pH de los horizontes subsuperficiales se incrementa en aproximadamente 2 unidades en relación al horizonte superior.

cit de este elemento.

Es entonces evidente que la concentración de Ca y Mg en el perfil está mayormente gobernada por la intensidad en los procesos de lixiviación, los cuales, como se verá más adelante, han afectado en mayor grado al K que al Ca y al Mg.

Las bases totales cambiables siguen tendencias similares a las ya descritas para el calcio y el magnesio, por cuanto el sodio y potasio, presentan concentraciones relativamente bajas.

De la Figura 2 se deduce que el límite crítico para saturación de calcio sería del 30% ya que la respuesta

positiva a la cal solamente existe a valores inferiores a él, mientras que a saturaciones superiores la respuesta se torna negativa. Este resultado coincide con el límite crítico aceptado por Frye (56).

La relación Ca/Mg es superior a 1 en los suelos su
perficiales, salvo Chiribico, y tiende a ser invertida en
los horizontes inferiores. Dadas las altas concentraciones o
saturaciones de esta base en los suelos superficiales de Cru
cero, Caserío y Calot, no habrían problemas de deficiencia
de Mg, mientras que en el suelo Chiribico, la baja satura
ción y su relación Ca/Mg invertida, podrían determinar défi
cit de este elemento.

En contraste con el Ca y el Mg cambiabile, el K pre
senta valores bajos en las series Crucero y Caserío, y altos
en los horizontes superficiales de Caloto de Chiribico, en cu
yos perfiles tiende a disminuir acentuadamente su concentra
ción con la profundidad (Tabla I del Apéndice).

Existe una relación entre los niveles de K-cambia
ble y las respuestas a la aplicación de potasio encontradas
por Revelo (89). En la Figura 4 se observa que a concentra
ciones de potasio intercambiable menores de 0,15 me/100 g
(Crucero y Caserío) se presentan respuestas positivas apre
ciables a la fertilización potásica; a un nivel cercano a
0,3 me/100 g la respuesta es nula (Chiribico), en tanto que
a niveles superiores a 0,3 me/100 g (Caloto) el efecto de la
adición de potasio es negativo. En estas circunstancias, los

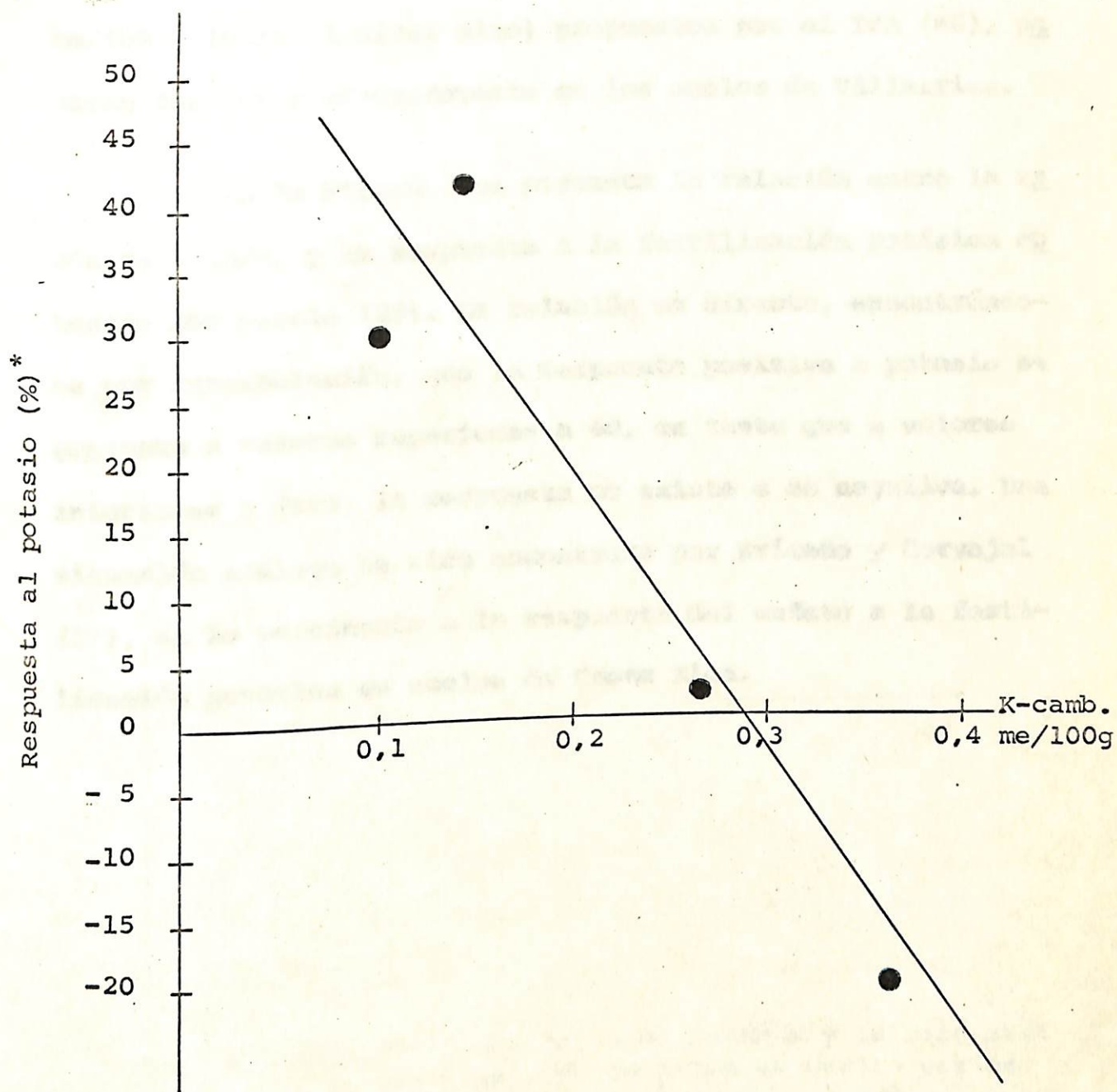


Fig. 4. Relación entre el potasio cambiabile y la respuesta a la fertilización potásica en 4 series de suelos de Villarrica.

* Los datos de respuesta fueron obtenidos por Revelo (89).

niveles críticos de 0,15 me/100 g (para el nivel bajo) y 0,3 me/100 g (para el nivel alto) propuestos por el ICA (66), pa-
recen funcionar adecuadamente en los suelos de Villarrica.

En la Figura 5 se presenta la relación entre la razón $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{K}$, y la respuesta a la fertilización potásica obtenida por Revelo (89). La relación es directa, encontrándose por interpolación, que la respuesta positiva a potasio se presenta a valores superiores a 60, en tanto que a valores inferiores a éste, la respuesta no existe o es negativa. Una situación análoga ha sido encontrada por Briceño y Carvajal (37), en lo pertinente a la respuesta del cafeto a la fertilización potásica en suelos de Costa Rica.

Respuesta al Potasio (K) (*)

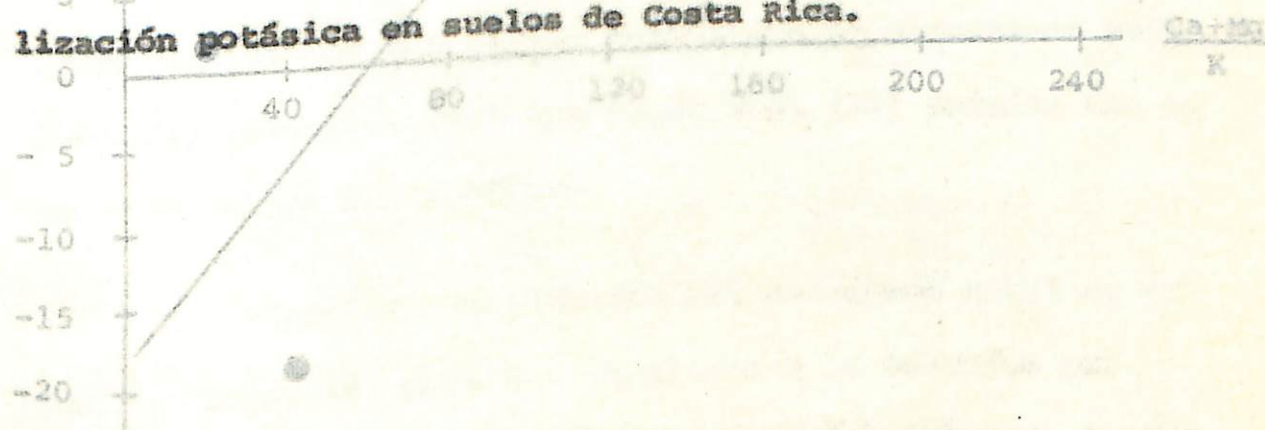


Fig. 5. Relación entre la razón $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{K}$ y la respuesta a la fertilización potásica en cuatro series de suelos de Villarrica.

Los datos de respuesta fueron obtenidos por Revelo (89).

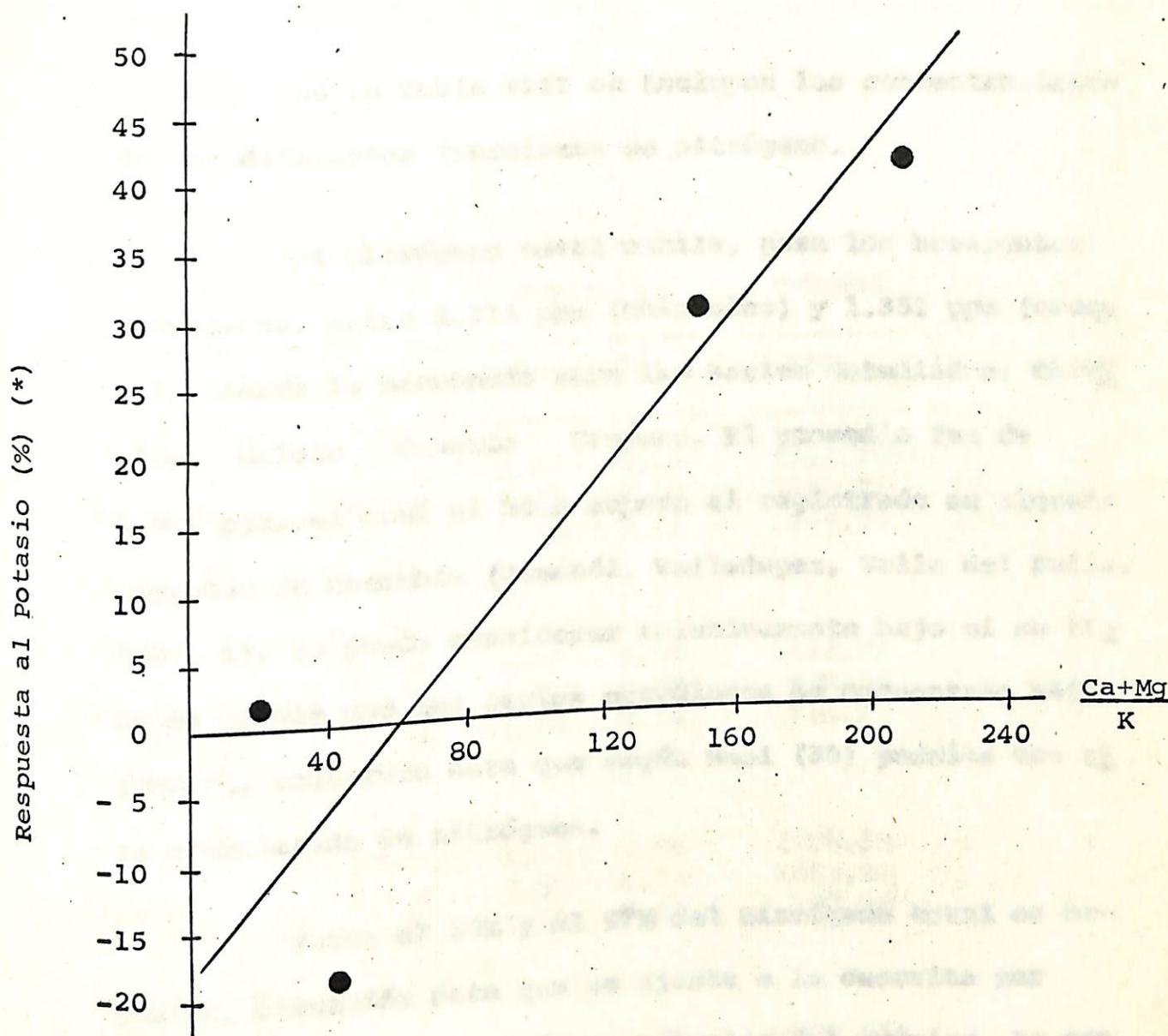


Fig. 5. Relación entre la razón $\frac{Ca+Mg}{K}$ y la respuesta a la fertilización potásica en cuatro series de suelos de Villarrica.

* Los datos de respuesta fueron obtenidos por Revelo (89).

4.2 NITROGENO

En la Tabla VIII se incluyen las concentraciones de las diferentes fracciones de nitrógeno.

El nitrógeno total oscila, para los horizontes superiores, entre 2.311 ppm (Chiribico) y 1.351 ppm (Cruce ro), siendo la secuencia para las series estudiadas: Chiribico Caloto Caserío Crucero. El promedio fue de 1.812 ppm, el cual si bien supera al registrado en algunas regiones de Colombia (Jamundí, Valledupar, Valle del Zulia, Tabla I), se puede considerar relativamente bajo si se tiene en cuenta que las series estudiadas se encuentran bajo pradera, cobertura ésta que según Buol (39) permite una alta acumulación de nitrógeno.

Entre el 86% y el 97% del nitrógeno total es orgánico, situación ésta que se ajusta a la descrita por Blasco (17) en su revisión para suelos del trópico. La concentración promedio de esta fracción en los horizontes superficiales fue de 1.719 ppm y la secuencia de contenido en las diferentes series fue, como era de esperar, igual a la seguida por el nitrógeno total.

En las anteriores circunstancias, la mayor concen

TABLA VIII

FRACCIONES DE NITROGENO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Serie	Hz.	N-Orgánico		N-Inorgánico		N-Nativo fijo		N-Intercambiable		N-Amóniacal		N-Nítrico		N-Total
		ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm
Crucero	1	1171,47	86,66	180,22	13,33	166,71	12,33	13,51	0,99	11,43	0,84	1,76	0,13	1351,70
	2	1065,42	96,92	33,82	3,07	20,29	1,84	13,52	1,23	9,68	0,88	1,76	0,16	1099,24
	3	541,49	96,00	22,56	3,99	9,02	1,60	13,53	2,39	12,33	2,18	1,76	0,31	564,05
Chiribico	1	2226,51	96,34	84,55	3,65	50,73	2,19	33,82	1,46	22,01	0,95	1,76	0,07	2311,07
	2	769,38	97,14	22,62	2,85	13,57	1,71	9,05	1,14	4,41	0,55	1,77	0,22	792,01
	3	711,66	96,93	22,58	3,07	11,29	1,53	11,29	1,53	9,70	1,32	1,76	0,23	734,15
Caloto	1	1826,54	96,71	62,01	3,28	37,20	1,97	24,80	1,31	11,44	0,60	1,76	0,08	1888,55
	2	1779,45	96,92	56,49	3,07	45,19	2,46	11,29	0,61	5,29	0,28	2,65	0,14	1835,94
	3	147,66	86,66	22,71	13,33	15,90	9,33	6,91	3,99	4,43	2,60	1,77	0,03	170,38
Caserío	1	1655,32	97,34	45,19	2,65	33,89	1,99	11,29	0,66	7,93	0,46	1,76	0,10	1700,51
	2	1293,40	97,44	43,88	2,55	18,07	1,36	15,81	1,19	11,46	0,86	1,76	0,13	1327,29
	3	540,96	96,00	22,54	4,00	11,27	2,00	11,27	2,00	16,72	2,96	1,76	0,31	563,50
Promedio	1	1719,96	94,87	92,99	5,12	72,13	3,97	20,86	1,15	13,20	0,72	1,76	0,09	1812,96
	2	1226,91	97,09	36,70	2,90	24,28	1,93	12,42	0,98	7,71	0,61	1,98	0,15	1263,62
	3	485,44	95,55	22,60	4,44	11,87	2,33	10,72	2,11	10,79	2,12	1,76	0,34	508,02

tración de nitrógeno orgánico y, por ende, de nitrógeno total se presentó en la serie Chiribico, lo cual coincide también con el mayor contenido de carbono orgánico (Tabla VII). Probablemente, el drenaje interno muy lento de los suelos de esta serie está incidiendo en una lenta descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados.

El nitrógeno inorgánico total representó entre el 2% y el 3% del nitrógeno total, salvo el caso de las series Crucero en donde su participación en el nitrógeno total llegó a 13%. Su concentración promedio en la capa arable fue de 92 ppm, circunstancia ésta que coloca a los suelos de Villarrica a un nivel inferior al registrado en suelos de otras regiones colombianas (Tabla I).

Para las diferentes series, la secuencia de concentración de nitrógeno inorgánico fue: Crucero Chiribico Caloto Caserío.

La mayor parte del nitrógeno inorgánico es NH_4^+ nativo fijo, cuya concentración oscila, para los horizontes superficiales, entre 33 y 166 ppm con un promedio de 72 ppm. Este valor es uno de los más bajos registrados en Colombia e indica que los procesos de fijación de NH_4^+ no están operando con intensidad.

factores. Asimismo, el nitrógeno intercambiable presenta niveles bajos si los comparamos con los encontrados en los altiplanos de Narino, Putumayo, Llanura del Pacífico, Valledupar y Guajira. La concentración de esta fracción osciló entre 11 y 24 ppm, lo que indica que la predominancia de la amonificación sobre la nitrificación o que una baja intensidad

Los bajos niveles de nitrógeno intercambiable que en la nitrificación favorece la acumulación de amonio, según Blasco (17) incluye las formas amoniacaes y nítricas, y constituye un buen índice de asequibilidad de nitrógeno, están asociados con las buenas respuestas a la fertilización nitrogenada encontrada por Revelo (89) en las series de sue-

los estudiadas. Sin embargo, el hecho de no presentarse un rango amplio de valores no permitió establecer una relación entre el pH del suelo tiende a guardar una relación inversa con el nitrógeno total y nitrógeno orgánico, pero la asociación es baja y no significativa. El incremento en el

La concentración promedio de $N-NH_3$ fue de 13 ppm y la de $N-NO_3$ no llegó a 2 ppm, valores que pueden calificarse como bajos. Los resultados en estos suelos trabajan mejor en

medio ácido que en neutro; o que al aumentar el pH se integran las bajas concentraciones de nitrógeno intercambiable, así como las de nitrógeno amoniacal y nitrógeno nítrico, están indicando una baja tasa en los procesos de minera-

lización de los compuestos orgánicos nitrogenados. (69%). El nitrógeno orgánico ($R^2 = 67\%$), nitrógeno inorgánico total ($R^2 = 36\%$), y nitrógeno intercambiable ($R^2 = 37\%$). Esta situación está seguramente asociada con dos

factores que inciden necesariamente en forma negativa sobre el metabolismo del nitrógeno: la acidez y el drenaje deficiente de las series de suelos estudiados. De otra parte, las mayores concentraciones de nitrógeno amoniacal que de nitrógeno nítrico indica que la predominancia de la amonificación sobre la nitrificación o que una baja intensidad en la nitrificación favorece la acumulación de amonio.

En la Tabla IX se presentan los coeficientes de regresión y asociación lineal entre las diferentes fracciones de nitrógeno y algunas propiedades del suelo.

El pH del suelo tiende a guardar una relación inversa con el nitrógeno total y nitrógeno orgánico, pero la asociación es baja y no significativa. El incremento en el pH disminuyó significativamente ($P < 0.05$) el $N-NH_3$, como se ve en la figura 6. Este resultado implicaría que los microorganismos amonificantes en estos suelos trabajan mejor en medio ácido que en neutro; o que al aumentar el pH se intensifica la nitrificación a expensas del $N-NH_3$.

Conforme aumenta la profundidad en el perfil, disminuye significativamente el nitrógeno total ($R^2 = 69\%$), nitrógeno orgánico ($R^2 = 67\%$), nitrógeno inorgánico total ($R^2 = 36\%$), y nitrógeno intercambiable ($R^2 = 37\%$). Este

TABLA IX

COEFICIENTES DE CORRELACION Y ASOCIACION ENTRE LAS FRACCIONES DE NITROGENO Y ALGUNAS VARIABLES DEL SUELO

Fracción	Nitrógeno total	Nitrógeno orgánico	Nitrógeno inorgánico total	Nitrógeno nativo fijo	Nitrógeno interc.	Nitrógeno nítrico	Nitrógeno amoniacal
Propiedad							
pH	-0,46 N.S. 21%	-0,45 N.S. 20%	0,36 N.S. 13%	0,30 N.S. 9%	-0,38 N.S. 14%	0,17 N.S. 2,8%	-0,58 * 33%
Profundidad	-0,83 ** 69%	-0,82 ** 67%	-0,60 * 36%	-0,53 N.S. 28%	-0,61 * 37%	-0,06 N.S. 0,3%	-0,14 N.S. 1,9%
% Arcillas	-0,59 * 34%	-0,59 * 34%	-0,27 N.S. 7%	-0,21 N.S. 4%	-0,44 N.S. 19%	-0,62 * 38%	-0,06 N.S. 0,3%
% Arenas	0,01 N.S. 0,01%	0,16 N.S. 2%	0,67 * 44%	0,72 ** 51%	-0,08 N.S. 0,6%	0,53 N.S. 28%	0,00 N.S. 0,00%
% C. Orgánico	0,77 ** 59%	0,07 N.S. 0,4%	0,33 N.S. 10%	0,29 N.S. 8%	0,32 N.S. 10%	0,16 N.S. 2%	0,06 N.S. 0,3%
% Humedad de campo	-0,45 N.S. 20%	-0,44 N.S. 19%	-0,45 N.S. 20%	-0,38 N.S. 14%	-0,51 N.S. 26%	0,09 N.S. 0,8%	-0,68 ** 46%

N.S. No significativo

* Significativo

** Altamente significativo

Fig. 6. Relación

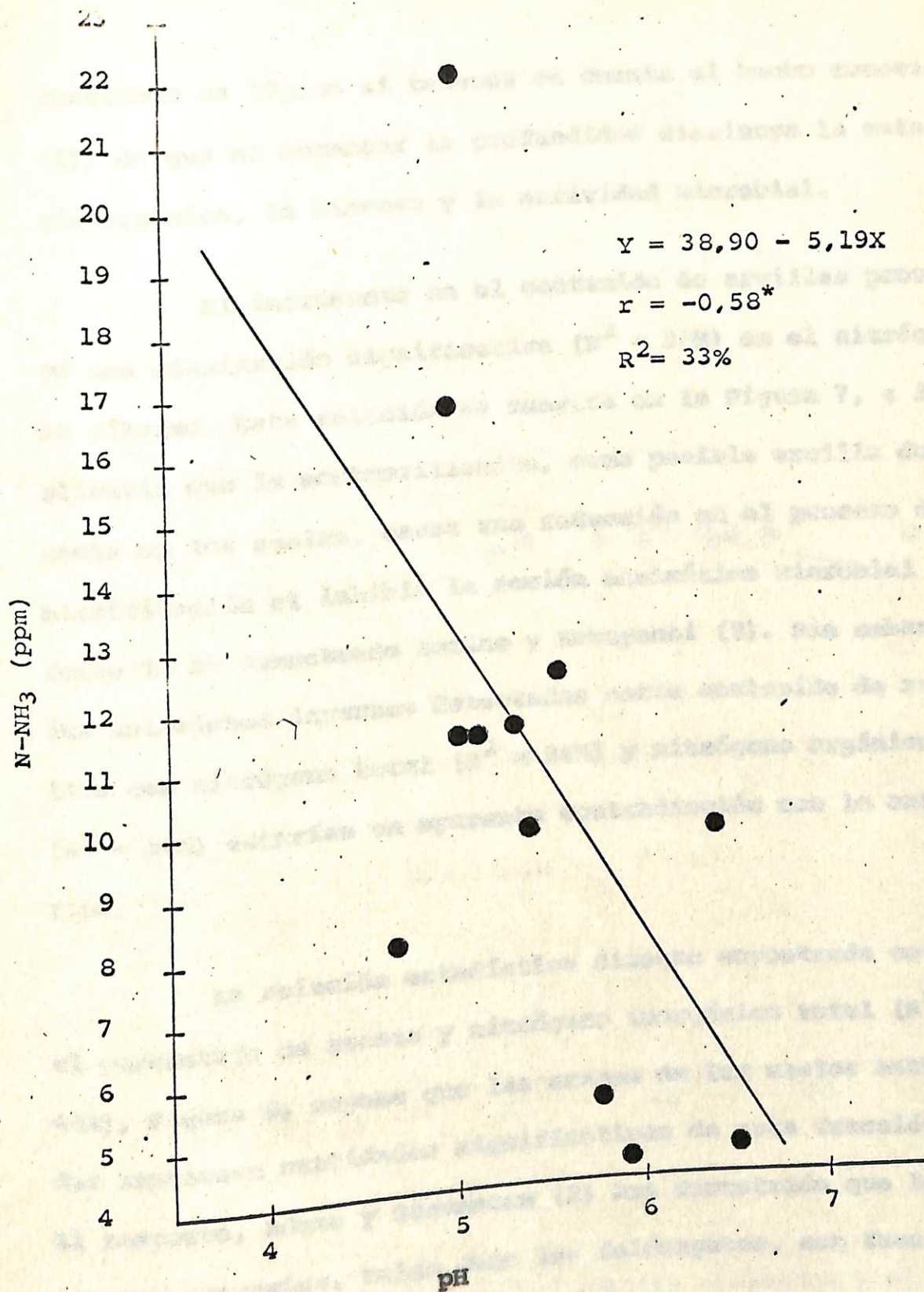


Fig. 6. Relación entre pH y N-NH₃

resultado es lógico si tenemos en cuenta el hecho conocido (17) de que al aumentar la profundidad disminuye la materia orgánica, la biomasa y la actividad microbial.

El incremento en el contenido de arcillas provocó una disminución significativa ($R^2 = 38\%$) en el nitrógeno nítrico. Esta relación se muestra en la Figura 7, e implicaría que la montmorillonita, como posible arcilla dominante en los suelos, causa una reducción en el proceso de nitrificación al inhibir la acción enzimática microbial conforme lo ha demostrado Aomine y Kobayachi (8). Sin embargo, las relaciones inversas detectadas entre contenido de arcillas con nitrógeno total ($R^2 = 34\%$) y nitrógeno orgánico ($R^2 = 34\%$) estarían en aparente contradicción con lo anterior.

$$R^2 = 38,4\%$$

La relación estadística directa encontrada entre el porcentaje de arenas y nitrógeno inorgánico total ($R^2 = 44\%$), Figura 8, supone que las arenas de los suelos estudiados contienen cantidades significativas de esta fracción.

Al respecto, Adams y Stevenson (2) han demostrado que los silicatos primarios, tales como los feldespatos, son fuente de esta fracción.

No existe, por el contrario, una explicación sa-

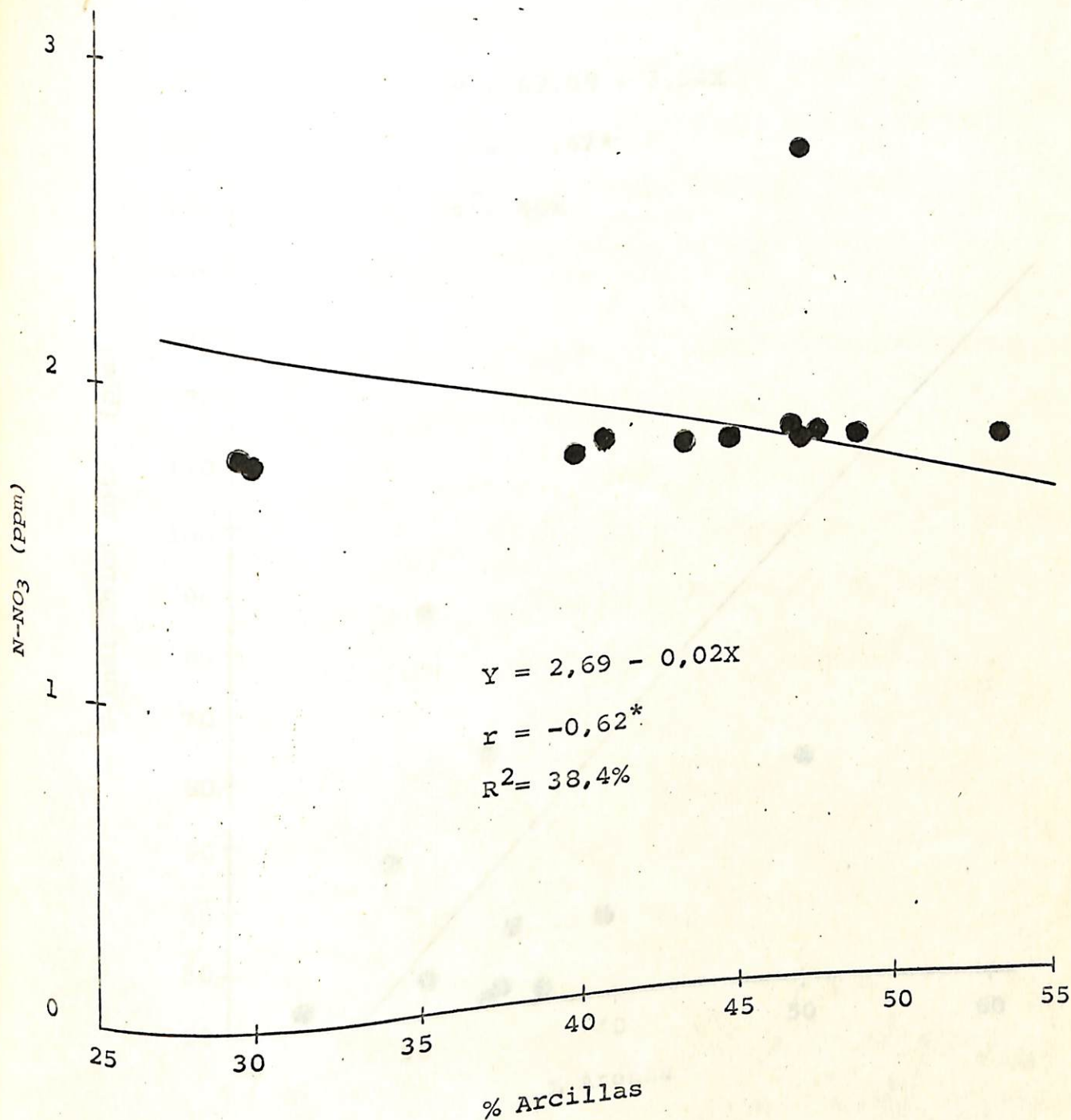


Fig. 7. Relación entre el % de Arcillas presentes y el contenido de N-NO₃

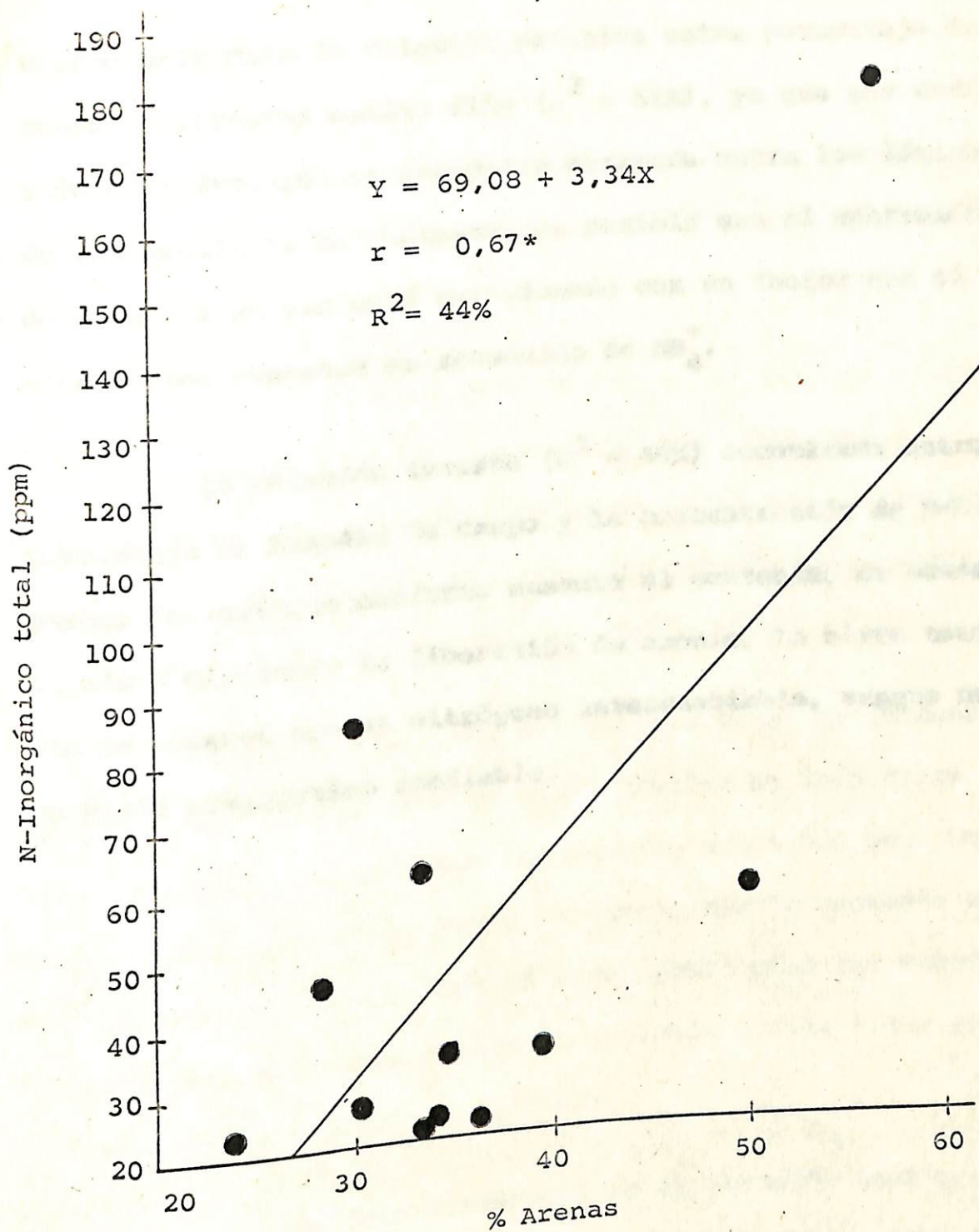


Fig. 8. Relación entre % de Arenas y N-Inorgánico total.

tisfactoria para la relación positiva entre porcentaje de arenas y nitrógeno nativo fijo ($R^2 = 51\%$), ya que por definición esta fracción se encuentra atrapada entre las láminas de las arcillas. No obstante, es posible que el contenido de arenas a su vez esté relacionado con un factor que si incida en los procesos de retención de NH_4^+ .

La relación inversa ($R^2 = 46\%$) encontrada entre el porcentaje de humedad de campo y la concentración de $N-NH_3$, parece indicar que conforme aumenta el contenido de humedad tiende a disminuir la liberación de amonio. La misma tendencia se observa con el nitrógeno intercambiable, aunque no a un nivel estadístico confiable.

Entre el 17% y 32% del fósforo total es fósforo inerte, siendo el promedio de concentración de esta fracción 1.012 ppm, con un rango comprendido entre 944 ppm (Organo) y 1.069 (Cucurbit). Tanto la concentración promedio como el porcentaje de inerte al total configuran las mayores cifras registradas para suelos de Colombia (Tabla II) y probablemente para suelos del mundo.

La alta proporción de la fracción inerte en el fósforo total implica que las fracciones activas tan solo alcanzaron un 20% del fósforo con el consiguiente perjuicio sobre la disponibilidad de fósforo para la planta. Por otra parte, de acuerdo al postulado de Chang y Jackson (1957), en

4.3 FOSFORO

En la Tabla X se incluyen los valores encontrados para la concentración de fósforo en sus diferentes fracciones.

Para los suelos superficiales, el fósforo total fue muy homogéneo y osciló entre 1.218 ppm (Crucero) y 1.447 ppm (Caloto); el promedio fue de 1.308 ppm. Estas concentraciones están dentro del rango encontrado para suelos de diferentes regiones de Colombia (Tabla II).

Entre el 77% y 80% del fósforo total es fósforo inerte, siendo el promedio de concentración de esta fracción 1.012 ppm, con un rango comprendido entre 944 ppm (Crucero) y 1.069 (Caserío). Tanto la concentración promedio como el porcentaje en relación al total configuran las mayores cifras registradas para suelos de Colombia (Tabla II) y probablemente para suelos del trópico.

La acentuada dominancia de la fracción inerte en el fósforo total implica que las fracciones activas tan solo alcanzaron un 20% del fósforo con el consiguiente perjuicio sobre la disponibilidad de fósforo para la planta. Por otra parte, de acuerdo al postulado de Chang y Jackson (43), se

TABLA X

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Serie	Hz.	P-Fac. reemp.		P-Ca apat.		P-Ca no apat.		P-Fe		P-Al		P-Orgánico		P-Inerte		P-Aprov.	P-Total
		ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	ppm
Crucero	1	16,34	1,34	11,93	0,97	9,42	0,77	179,14	14,70	13,82	1,13	43,74	3,59	944,02	77,47	0,04	1218,45
	2	11,32	1,14	9,19	0,92	8,17	0,82	119,53	12,06	8,30	0,83	20,76	2,09	813,62	82,10	0,04	990,90
	3	6,26	0,36	10,07	0,57	7,55	0,43	71,13	4,09	26,59	1,53	21,90	1,26	1593,96	91,54	4,58	1737,48
Chiribico	1	4,40	0,36	8,55	0,70	18,87	1,55	103,79	8,57	17,29	1,42	81,53	6,73	976,56	80,64	1,23	1211,01
	2	9,46	1,30	7,57	1,04	19,56	2,69	68,19	9,39	7,22	0,99	51,64	7,11	562,43	77,45	0,04	726,10
	3	4,40	0,50	11,97	1,38	23,95	2,76	80,04	9,23	6,37	0,73	51,55	5,94	688,34	79,42	0,04	866,63
Caloto	1	28,94	1,99	23,65	1,63	40,89	2,82	176,79	12,21	37,36	2,58	79,27	5,47	1060,18	73,26	14,00	1447,12
	2	36,56	2,82	18,84	1,45	14,49	1,12	73,13	5,65	44,38	3,43	43,37	3,35	1061,67	82,14	0,35	1292,47
	3	11,77	0,86	9,18	0,67	21,40	1,58	84,35	6,23	11,07	0,81	37,39	2,76	1179,26	87,13	0,04	1353,45
Caserío	1	6,05	0,44	20,17	1,48	24,58	1,81	182,84	13,48	6,38	0,47	45,64	3,36	1069,90	78,92	0,04	1355,56
	2	3,27	0,41	9,19	1,16	14,49	1,83	107,16	13,59	6,92	0,87	41,22	5,23	605,67	76,86	0,04	787,95
	3	3,27	0,40	6,28	0,78	12,32	1,53	61,88	7,71	3,45	0,43	29,93	3,73	684,69	85,38	1,23	801,85
Promedio	1	13,93	1,06	16,08	1,22	23,44	1,79	160,64	12,28	18,71	1,43	62,55	4,78	1012,67	77,41	3,82	1308,03
	2	15,15	1,59	11,19	1,17	14,18	1,49	92,00	9,69	16,71	1,76	39,25	4,13	760,85	80,14	0,11	949,35
	3	6,42	0,54	9,37	0,78	16,30	1,37	74,35	6,24	11,87	0,99	35,19	2,95	1036,56	87,11	1,47	1189,85

encuentran en un estado avanzado de intemperización, pudiéndose hablar de que son suelos "viejos".

Los fosfatos de hierro representaron en promedio la fracción orgánica del fósforo oscila, para los horizontes superiores, entre 43 y 81 ppm, con un promedio de 62 ppm, representando entre el 3% y 6% del fósforo total. Estas cifras se sitúan entre las más bajas para suelos de

Colombia (Tabla II) y son comparables, en promedio, a las obtenidas en suelos del Valle del Patía y Sabana de Túquerres. No ocurre lo mismo con los fosfatos de aluminio, los cuales en promedio representaron tan solo el 1.4% del

Esta muy baja significación de la reserva orgánica, indica que los procesos de mineralización de los compuestos orgánicos fosforados tendrán, así mismo, poca significación para la planta en razón de la escasa cantidad de residuos fosforados.

En aparente contradicción con lo anterior, los contenidos de materia orgánica son relativamente altos para las condiciones climáticas de la región, lo cual indica que los residuos orgánicos y biomasa son abundantes pero pobres en fósforo. La explicación a lo anterior no puede ser otra que la concentración de la fracción apatítica fue de 16 ppm para las gramíneas que cubren los suelos estudiados extraen muy poco fósforo en razón de la pobreza extrema de fósforo disponible y por consiguiente los residuos tendrán un bajo contenido de este elemento. La misma explicación es válida para

la biomasa. Tanto las concentraciones absolutas como las rela-

tivas, se asimilan a las más bajas registradas para suelos

Los fosfatos de hierro representaron en promedio de Colombia (Valle del Patía, Jamundí, Soldanillo, Unión-Po- para los horizontes superiores, un 12% del fósforo total y ro) (Véase Tabla II).

su concentración osciló entre 103 a 182 ppm, con un prome-

dio de 166 ppm, cifras estas que se encuentran dentro del

rango estimado para suelos de Colombia (62%).

nido al aluminio y fósforo unido al calcio) se reflejan en y

No ocurre lo mismo con los fosfatos de aluminio, en entrena pobreza de fósforo aprovechable para la planta

los cuales en promedio representaron tan solo el 1,4% del (promedio de 3 ppm) y fósforo fácilmente recuperable. Prácticamente la única fracción que estaría en capacidad de sumi-

trado para suelos de Colombia (Tabla II), la concentración

distraer fósforo a la planta serían los fosfatos de hierro, promedio fue 18 ppm, y tan solo se asimila con valores más

Sin embargo, se sabe que la liberación de fósforo desde esta

bajos registrados en suelos de Jamundí y Valle de Zulia.

fracción depende de múltiples factores, tal como lo han de-

monstrado

La dominancia de los fosfatos de hierro sobre los

de aluminio confirma, de acuerdo al criterio establecido

por Hsu y Jackson (65), el avanzado estado de meteorización

de los suelos de Villarrica.

el ganado en las pasturas de la región, lo que impone una a-

decuada fertilización

Los fosfatos de calcio son igualmente bajos. La

concentración de la fracción apatítica fue de 16 ppm para

los horizontes superiores, lo que implicó una participación

promedia en el fósforo total del 1,2%. La fracción no apatí-

tica representó el 1,7% del fósforo total con un promedio

del suelo.

de 23 ppm. Tanto las concentraciones absolutas como las relativas, se asimilan a las más bajas registradas para suelos de Colombia (Valle del Patía, Jamundí, Roldanillo. Umon-Torro) (Véase Tabla II).

Como es natural, las bajas concentraciones en las fracciones activas del fósforo (fósforo orgánico, fósforo unido al aluminio y fósforo unido al calcio) se reflejan en una extrema pobreza de fósforo aprovechable para la planta (promedio de 3 ppm) y fósforo fácilmente reemplazable. Prácticamente la única fracción que estaría en capacidad de suministrar fósforo a la planta serían los fosfatos de hierro. Sin embargo, se sabe que la liberación de fósforo desde esta fracción depende de múltiples factores, tal como lo han demostrado Ortega y Guerrero (87).

Los bajos niveles de fósforo disponible a la planta, están incidiendo sin duda en un déficit de fósforo para el ganado en las pasturas de la región, lo que impone una adecuada fertilización fosfatada.

En la Tabla XI se han incluido los resultados obtenidos para el análisis de regresión y correlación lineal entre las diferentes fracciones de fósforo y algunas variables del suelo.

TABLA XI

COEFICIENTES DE CORRELACION Y ASOCIACION ENTRE LAS FRACCIONES DE FOSFORO Y ALGUNAS VARIABLES DEL SUELO

Propiedad	Fósforo total	Fósforo inerte	P-Fe	P-Al	P-Ca no apatítico	P-Ca apatítico	Fósforo orgánico	Fósforo fácilmente reemp.	Fósforo aprov.
PH	-0,20 N.S. 4%	-0,13 N.S. 1,9%	-0,55 * 30%	0,07 N.S. 0,4%	0,09 N.S. 0,8%	-0,16 N.S. 2%	-0,03 N.S. 0,09%	0,15 N.S. 2%	-0,11 N.S. 1%
Profundidad	-0,10 N.S. 1%	0,08 N.S. 0,6%	-0,64 ** 41%	-0,27 N.S. 7%	-0,43 N.S. 18%	0,77 ** 59%	-0,76 ** 58%	0,35 N.S. 12%	-0,39 N.S. 15%
% Arcillas	-0,53 N.S. 28%	-0,42 N.S. 17%	-0,19 N.S. 3%	-0,93 ** 86%	-0,26 N.S. 6%	-0,59 * 34%	-0,35 N.S. 12%	0,83 ** 68%	-0,62 * 38%
% Arenas	0,07 N.S. 0,4%	0,03 N.S. 0,09%	0,20 N.S. 4%	0,34 N.S. 11%	-0,39 N.S. 15%	0,16 N.S. 2%	-0,16 N.S. 3%	0,47 N.S. 22%	-0,13 N.S. 1%
% C. Orgánico	0,22 N.S. 4%	0,06 N.S. 0,3%	0,69 ** 47%	0,10 N.S. 1%	0,27 N.S. 7%	0,60 * 36%	0,37 N.S. 13%	0,13 N.S. 1%	-0,03 N.S. 0,09%
% Humedad de campo	-0,00 N.S. 0,00%	0,05 N.S. 0,2%	-0,31 N.S. 9%	-0,13 N.S. 1%	0,19 N.S. 3%	-0,08 N.S. 0,6%	-0,10 N.S. 1%	-0,008 N.S. 0,007%	-0,27 N.S. 7%

N.S. No significativo

* Significativo

** Altamente significativo

Son conocidas las relaciones existentes entre la reacción y los fosfatos del suelo (50, 54, 65). Sin embargo en el presente estudio las relaciones no fueron significativas, excepto para los fosfatos de hierro con los cuales se detectó una relación inversa ($R^2 = 30\%$). Esta circunstancia confirma que tan solo la fracción unida al hierro con los fosfatos de hierro y los fosfatos de calcio apatítico puede mostrar alguna actividad en relación a la liberación de fósforo.

Conforme aumenta la profundidad en el perfil, la concentración de fosfatos de hierro disminuyen significativamente ($R^2 = 41\%$), en razón de que, en general el pH aumenta con la profundidad. Otro tanto ocurre con el fósforo orgánico, el cual disminuye con la profundidad ($R^2 = 58\%$) debido a la caída en el contenido de materia orgánica. Por otra parte, es probable que el incremento del pH con la profundidad en el perfil explique la relación directa entre esta variable y la fracción apatítica de los fosfatos de calcio. ($R^2 = 59\%$).

El incremento en el contenido de arcillas está asociado con una acentuada y significativa disminución en los fosfatos de aluminio ($R^2 = 86\%$) y también en los fosfatos de calcio apatíticos, aunque en este caso la asociación

es menor ($R^2 = 34\%$). Estos resultados se podrían interpretar en el sentido que estas fracciones activas, tienden a disminuir conforme aumenta la meteorización con el consiguiente incremento en las arcillas. Entre 3.051 ppm (Caserio) y 712

ppm (Chiribico), siendo el promedio de 1.902 ppm (Tabla XII). Las relaciones directas entre el carbono orgánico con los fosfatos de hierro y los fosfatos de calcio apatitizados para suelos de Colombia (Tabla XII) y tan solo se-
cos no tienen una explicación clara, salvo que sean un reflejo del efecto de la profundidad sobre la materia orgánica y los laboratorios de Panamá (1.000 - 2.000 ppm).

De otra parte, la asociación entre carbono orgánico y fósforo orgánico fue muy baja ($R^2 = 13\%$), confirmando la pobreza en fósforo de los residuos orgánicos.

En el horizonte superior, entre 538 ppm (Chiribico) y 2.711 ppm (Caserio), con un promedio de 2.612 ppm.

La participación del potasio estructural en el potasio total se ajusta al rango encontrado para suelos de estas regiones de Colombia (Tabla XII). Por el contrario, la concentración promedio de esta fracción es la más baja registrada en Colombia. Esta situación se explica por el alto grado de intemperización de los suelos de Villavieja, y el hecho de que el potasio estructural es el más susceptible a la lixiviación, lo cual supone una baja proporción de minerales potásicos primarios (feldospatos, micas, etc.).

La concentración promedio de potasio en los

4.4 POTASIO

El potasio total fluctúa en el horizonte superior de las series estudiadas entre 3.051 ppm (Caserío) y 712 ppm (Chiribico), siendo el promedio de 1.902 ppm (Tabla XII). Estas concentraciones constituyen las más bajas registradas para suelos de Colombia (Tabla III) y tan solo serían comparables a las encontradas por Martini (76) en suelos lateríticos de Panamá (1.000 - 2.000 ppm).

Entre el 68% y el 92% del potasio total es potasio estructural, lo cual arroja concentraciones comprendidas, para el horizonte superior; entre 538 ppm (Chiribico) y 2.713 ppm (Caserío), con un promedio de 1.612 ppm.

La participación del potasio estructural en el potasio total se ajusta al rango encontrado para suelos de diferentes regiones de Colombia (Tabla III). Por el contrario, la concentración promedio de esta fracción es la más baja registrada en Colombia. Esta situación se explica por el alto grado de intemperización de los suelos de Villarrica, ya discutido, lo cual supone una baja proporción de minerales potásicos primarios (feldespatos, micas, etc).

La concentración promedio de potasio no intercam-

TABLA XII

FRACCIONES DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Serie	Horizonte	K-soluble en agua		K-estructural		K-intercambiable (NH ₄ OAc)		K-no intercamb. total		K-no intercamb. más soluble		K-total
		ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm	% del T.	ppm
Crucero	1	0,66	0,02	2139,44	92,85	45,25	1,96	119,43	5,18	44,00	1,91	2304,13
	2	0,50	0,02	1705,39	94,12	25,18	1,39	81,36	4,49	6,71	0,37	1811,94
	3	0,50	0,01	3426,29	96,16	11,33	0,32	125,48	3,52	10,49	0,29	3563,10
Chiribico	1	0,83	0,11	538,61	75,58	109,04	15,30	64,99	9,12	33,97	4,76	712,64
	2	0,25	0,009	2315,94	89,03	11,36	0,43	274,02	10,53	213,25	8,19	2601,33
	3	0,05	0,001	3048,06	90,56	8,82	0,26	308,83	9,17	205,47	6,10	3365,72
Caloto	1	0,50	0,03	1057,11	68,49	145,12	9,40	341,01	22,09	215,18	13,94	1543,26
	2	0,15	0,01	1067,69	82,49	55,48	4,28	171,06	13,21	70,19	5,42	1294,24
	3	0,05	0,005	852,06	89,05	8,87	0,92	95,92	10,02	28,31	2,95	956,86
Caserío	1	0,25	0,008	2713,01	88,90	58,00	1,90	280,56	9,19	221,31	7,25	3051,58
	2	0,50	0,03	1441,86	90,05	101,69	6,35	57,56	3,59	11,34	0,71	1601,12
	3	0,67	0,02	3083,74	95,76	69,18	2,15	67,07	2,08	16,76	0,52	3220,00
Promedio	1	0,56	0,02	1612,05	84,71	89,35	4,69	201,50	10,59	128,61	6,75	1902,90
	2	0,35	0,01	1632,72	89,35	48,43	2,65	146,00	7,99	75,37	4,12	1827,16
	3	0,31	0,01	2602,54	93,73	24,55	0,88	149,38	5,38	65,26	1,57	2776,42

biable total fue de 201 ppm, y representó un 10% del potasio total. La fracción más soluble del potasio no intercambiable presentó una concentración promedio de 128 ppm que significó un 6% del potasio total. Para las dos fracciones, las mayores concentraciones se presentaron en la serie Caloto y las menores en la serie Chiribico.

En comparación a suelos de otras regiones de Colombia, las fracciones del potasio no intercambiable, en promedio, se asimilan a las más bajas registradas en el Altiplano de Túquerres y Bajo Putumayo (Tabla III).

Desde el punto de vista práctico y a pesar de que la fracción más soluble del potasio no intercambiable supera a la del potasio intercambiable, la reserva a corto plazo de este nutrimento se califica definitivamente como baja. Esta situación implica que la dinámica de liberación de potasio desde el potasio estructural es lenta.

La fracción intercambiable, directamente aprovechable para la planta, tuvo una concentración promedio de 89 ppm (0,20 me/100 g), la cual puede considerarse como mediana. La menor concentración se registra en la serie Crucero (45 ppm - 0,11 me/100 g) la cual se puede calificar como baja y la mayor en Caloto (145 ppm - 0,37 me/100 g) que puede cali-

ficarse como alta (66).

En la primera parte de la discusión ya se han debatido las relaciones entre el potasio intercambiable y las respuestas obtenidas a la fertilización potásica.

El potasio soluble en agua no alcanzó en ningún caso, ni siquiera a 1 ppm, siendo el promedio para los suelos superficiales de 0,56 ppm. Esta cifra es sumamente baja e indica un desequilibrio entre la fracción cambiante y soluble que pudo haber sido motivada por el secamiento de las muestras. Otra probable causa de las bajas concentraciones de la fracción soluble es la lixiviación del potasio que se discute más adelante.

De acuerdo a los resultados que se registran en la Tabla XIII, solamente se detectaron dos relaciones estadísticamente significativas. El potasio cambiante relacionó inversamente con el pH ($P < 0,05$) y también negativamente con el % de arcilla ($P < 0,05$). Con respecto a esta última relación, cabe la explicación de que conforme aumenta la intensidad de la meteorización, aumenta el contenido de arcilla, disminuyendo en consecuencia el potasio cambiante. Mientras que la mayoría de las fracciones de nitró

TABLA XIII

COEFICIENTE DE CORRELACION Y ASOCIACION ENTRE LAS FRACCIONES DE POTASIO Y ALGUNAS VARIABLES DEL SUELO

Fracción	Potasio no intercambiable total	Potasio no intercambiable más soluble	Potasio intercambiable NH ₄ OAc N.	Potasio total	Potasio estructural
Propiedad					
pH	0,39 N.S. 15%	0,32 N.S. 10%	-0,61 * 37%	0,09 N.S. 0,8%	0,08 N.S. 0,6%
Profundidad (cm)	0,37 N.S. 13%	0,45 N.S. 20%	-0,50 N.S. 25%	0,39 N.S. 15%	0,46 N.S. 21%
% Arcillas	-0,08 N.S. 0,6%	0,04 N.S. 0,1%	-0,55 * 30%	0,47 N.S. 22%	0,51 N.S. 26%
% Arenas	-0,18 N.S. 3%	-0,38 N.S. 14%	0,08 N.S. 0,6%	-0,11 N.S. 1%	-0,09 N.S. 0,8%
% C. Orgánico	0,22 N.S. 4%	0,32 N.S. 10%	0,43 N.S. 18%	0,17 N.S. 2%	-0,21 N.S. 4%
% Humedad de campo	0,09 N.S. 0,8%	0,13 N.S. 1%	-0,42 N.S. 17%	-0,24 N.S. 5%	-0,23 N.S. 5%

N.S. No significativo

* Significativo

** Altamente significativo

geno y fósforo disminuyen significativamente con la profundidad, las fracciones de potasio no muestran tendencias claras ni significativas con la misma variable, probablemente en razón de los procesos de lavado a que ha sido sometido este elemento.

Las cantidades lixiviables para los suelos superficiales oscilaron entre 45 ppm (Caloto) y 280 ppm (Crucero), siendo el promedio de 115 ppm. No se observa una tendencia clara de la lixiviación en relación a la profundidad en el perfil, aunque en promedio tiende a presentarse una disminución.

Estas cifras de lixiviación podrían parecer relativamente bajas si las comparamos con las encontradas en otros suelos de Colombia (Tabla IV), pero no lo son si se refieren a las pérdidas al potasio intercambiable original. En este caso se encuentra que se pierde entre el 31% (Caloto) y 636% (Crucero) del potasio intercambiable original, arrojando un promedio de 128%.

Es claro que en las series Caserio y Crucero la lixiviación afecta no solamente al potasio soluble y al potasio intercambiable sino también al potasio no intercambiable. Si se comparan el promedio obtenido, expresado en términos del

4.5 LIXIVIACION DEL POTASIO.

La Tabla XIV muestra los resultados de la lixiviación de potasio mediante la adición de 100 cc/día de HCl 0,01 N.

Las cantidades lixiviadas para los suelos superficiales oscilaron entre 45 ppm (Caloto) y 288 ppm (Crucero), siendo el promedio de 115 ppm. No se observa una tendencia clara de la lixiviación en relación a la profundidad en el perfil, aunque en promedio tiende a presentarse una disminución.

Estas cifras de lixiviación podrían parecer relativamente bajas si las comparamos con las encontradas en otros suelos de Colombia (Tabla IV), pero no lo son si se refieren las pérdidas al potasio intercambiable original. En este caso se encuentra que se pierde entre el 31% (Caloto) y 636% (Crucero) del potasio intercambiable original, arrojando un promedio de 128%.

Es claro que en las series Caserío y Crucero la lixiviación afecta no solamente al potasio soluble y al potasio intercambiable sino también al potasio no intercambiable. Si comparamos el promedio obtenido, expresado en términos del

TABLA XIV

LIXIVIACION DEL POTASIO MEDIANTE LA ADICION DE 100 cc/DIA DE HCl 0,01 N CORRESPONDIENTE A LOS SUELOS ESTUDIADOS

los suelos de Villavieja son altamente contaminados. Resultados en ppm.

viacina de potasio en forma de los sales de potasio

Serie	Hz.	DIAS								9	10	Total Lix. ppm	K-Int. (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8				
Crucero	1	68,75	120,80	46,91	28,94	20,94	1,61	0,25	0	0	0	288,20	636,91
	2	25,22	76,92	31,52	27,74	15,94	1,61	0,25	0	0	0	179,20	711,68
	3	8,41	46,99	16,48	10,96	0,25	0,25	0,25	0	0	0	83,49	736,89
Chiribico	1	9,15	22,64	12,58	1,26	0,25	0,25	0,25	0	0	0	46,38	42,53
	2	4,14	30,30	17,68	6,66	0,25	0,25	0,25	0	0	0	59,53	524,03
	3	4,13	35,29	13,86	6,30	0,25	0,25	0,25	0	0	0	60,33	684,01
Caloto	1	19,21	11,66	10,06	4,12	0,25	0,25	0,25	0	0	0	45,80	31,56
	2	12,57	10,06	7,55	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	31,18	56,20
	3	8,36	10,87	9,16	4,13	2,51	0,25	0,25	0	0	0	35,53	400,00
Caserío	1	8,37	46,65	17,65	6,35	0,25	0,25	0,25	0	0	0	79,77	137,53
	2	31,51	13,86	10,08	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	56,45	55,55
	3	49,40	13,38	11,67	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	75,45	109,06
Promedio	1 ppm	26,37	50,44	21,80	10,17	5,42	0,59	0,25	0	0	0	115,04	128,40
	% K-Int.	29,50	56,40	24,40	11,30	6,00	0,60	0,20	0	0	0	81,60	168,42
	2 ppm	18,36	32,79	16,71	8,73	4,17	0,59	0,25	0	0	0	63,73	259,40
Promedio	% K-Int.	37,90	67,70	34,50	18,00	8,60	1,22	0,50	0	0	0		
	3 ppm	17,58	26,63	12,79	5,41	0,82	0,25	0,25	0	0	0		
	% K-Int.	71,60	108,40	52,10	22,00	3,30	1,00	1,00	0	0	0		

potasio intercambiable original, con las cifras obtenidas en suelos volcánicos y del trópico húmedo de Nariño y Putumayo (Tabla IV), se encuentra que junto con los del Bajo Putumayo los suelos de Villarrica son altamente afectados por la lixiviación de potasio en razón de los bajos niveles de potasio intercambiable.

Es evidente que la lixiviación de potasio determinada en el laboratorio, es tan solo un índice de la susceptibilidad de los suelos a perder potasio por ese proceso. Con el objeto de conseguir una mayor aproximación al fenómeno de lavado de potasio, bajo las condiciones de campo, se hizo un estimativo de la pérdida con base en las concentraciones de potasio cambiabile determinadas en 1.954 (Tabla I del Apéndice), y las concentraciones actuales. Los resultados se consignan en la Tabla XI.

La pérdida de potasio en 10 años, expresada en porcentaje del potasio intercambiable original, osciló, considerando todos los horizontes, entre 0 y 93,94%. Las mayores pérdidas se presentaron en la serie Crucero y las menores, en la serie Caloto, la cual fue la única que no presentó pérdida en el horizonte superior, sino más bien ganancia. En las demás series la pérdida en el horizonte superior fluctuó en-

TABLA XV

EVOLUCION DEL POTASIO CAMBIABLE EN DIEZ AÑOS EN LOS SUELOS DE VILLARRICA

Serie	Horizonte	K-cambiable (me/100 g)					Ca + Mg K	
		1964 *	1974		 %	1964 *	1974	
Cruceiro	1	0,23	0,11	-0,12	-52,17	61	148	+ 87
	2	0,13	0,06	-0,07	-53,85	59	70	+ 11
	3	0,33	0,02	-0,31	-93,94	15	607	+592
Chiribico	1	0,36	0,27	-0,09	-25,00	39	21	- 18
	2	0,19	0,02	-0,17	-89,47	105	2081	+976
	3	0,21	0,02	-0,19	-90,48	100	916	+816
Caloto	1	0,24	0,37	+0,13	+54,17	44	43	- 1
	2	0,08	0,14	+0,06	+75,00	51	74	+ 23
	3	0,05	0,02	-0,03	-60,00	80	1000	+920
Caserío	1	0,22	0,14	-0,08	-36,36	17	213	+196
	2	0,12	0,26	+0,14	+116,80	19	4	+ 15
	3	0,27	0,17	-0,10	-37,04	11	8	- 3

- Pérdida

+ Ganancia

* Datos tomados de Otero (88).

tre 25% y 52% del potasio cambiabile, pérdidas que se consideran importantes si se toma en cuenta el drenaje más o menos deficiente de los suelos y la cobertura vegetal de gramíneas.

Desde el punto de vista práctico, en las series Crucero y Caserío, la pérdida del potasio ha significado que en 10 años de niveles adecuados de potasio se ha pasado a niveles tan solo algunos o afectan la mitad de esta fracción. De otra parte, las relaciones definitivamente deficientes. De otra parte, las relaciones $Ca + Mg/K$ han pasado de cifras adecuadas a valores que definitivamente demuestran un acentuado desbalanceamiento entre esos nutrimentos.

Un aspecto que es interesante recalcar es que, salvo el caso de la serie Caserío, en donde se presentó una acumulación de potasio en el segundo horizonte (25 - 35 cm), el lavado de potasio durante el lapso de 10 años opera, no solamente en los horizontes superiores, sino también en los subsiguientes. El relativamente alto coeficiente de lixiviación obtenido ($R = 74\%$) permite concluir que la lixiviación de potasio con 140 cm/año de HCl 0.01 N durante diez días, es un buen índice de la susceptibilidad de los suelos a la pérdida de potasio bajo condiciones reales. Desde el punto de vista constitutivo, el coeficiente de lixiviación ($R = 0.1$) obtenido en el caso de las gramíneas. Esto explica el hecho de no haberse registrado relaciones claras entre las fracciones de este elemento y la profundidad en el perfil. (Tabla XIII).

Comparando los valores de lixiviación de potasio

bajo condiciones de laboratorio y los correspondientes a los obtenidos bajo condiciones de campo, se observa que los primeros son muy superiores a los segundos. Así, mientras en el horizonte superficial se la serie Crucero se tiene una pérdida en laboratorio equivalente a seis veces el potasio cambiada original bajo condiciones de campo en 10 años la pérdida tan solo alcanza a afectar la mitad de esa fracción.

No obstante, si bien no hay coincidencia cuantitativa entre laboratorio y campo, si existe una asociación entre las dos variables. La Figura 9 muestra la relación existente entre la lixiviación registrada en el laboratorio y la que se produjo bajo condiciones de campo. La relación es directa y significativa ($P = 0,01$), lo cual supone que las mayores cifras de laboratorio coinciden con las mayores de campo y viceversa. El relativamente alto coeficiente de asociación obtenido ($R^2 = 74\%$) permite concluir que la lixiviación de potasio con 100 cc/día de HCl 0,01 N durante diez días, es un buen índice de la susceptibilidad de los suelos a las pérdidas de potasio bajo condiciones reales. Desde el punto de vista cuantitativo, el coeficiente de regresión ($b = 0,1$) indica que en promedio la lixiviación real fue la décima parte de la registrada bajo condiciones de laboratorio.

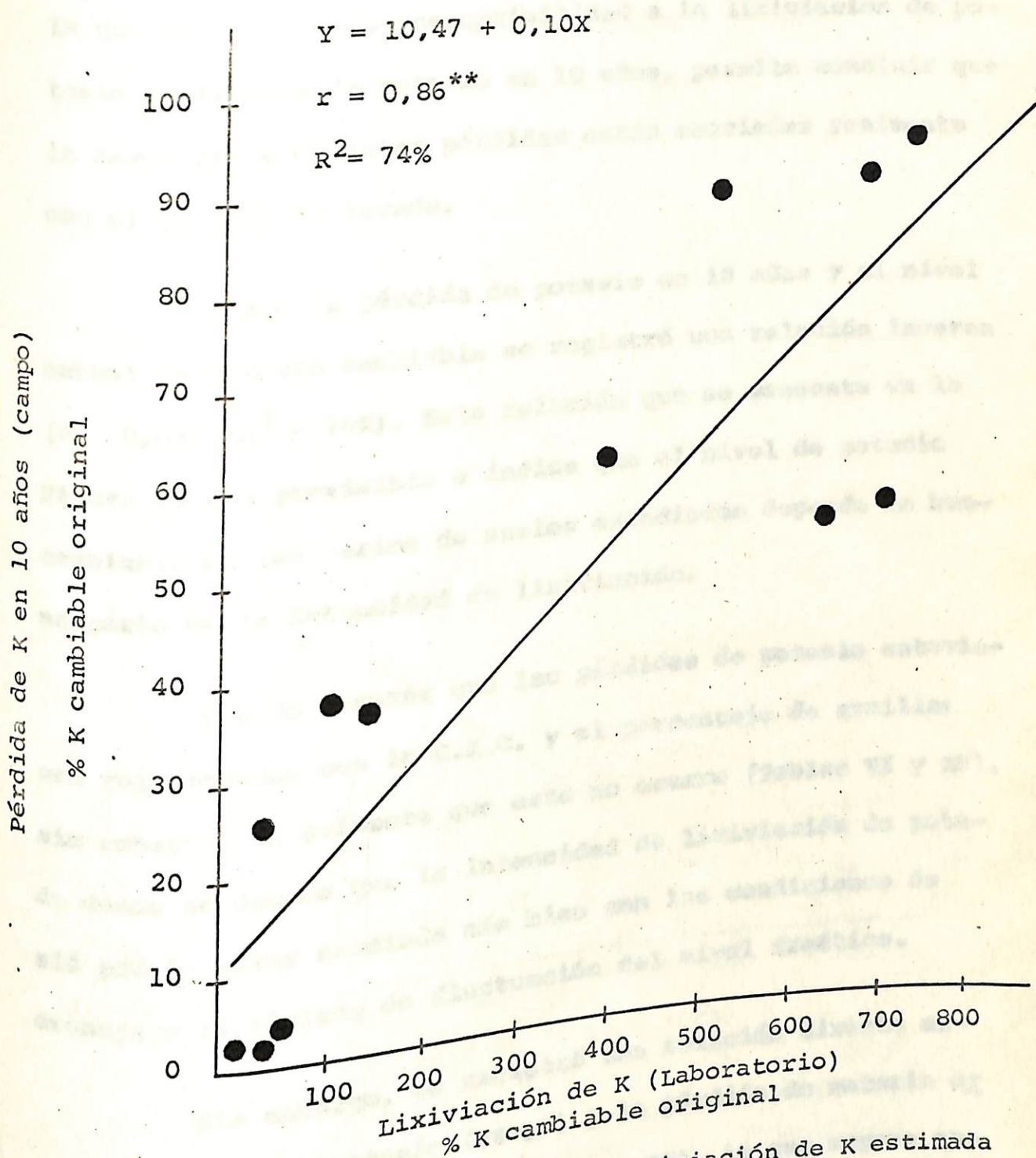


Fig. 9. Relación entre lixiviación de K estimada en el laboratorio y la pérdida durante 10 años (campo), en suelos de villarrica.

De otra parte, la buena asociación existente entre la que se ha llamado susceptibilidad a la lixiviación de potasio y pérdidas de potasio en 10 años, permite concluir que la mayor parte de estas pérdidas están asociadas realmente con el proceso de lavado.

Entre la pérdida de potasio en 10 años y el nivel actual de potasio cambiabile se registró una relación inversa ($P = 0,05$) ($R^2 = 36\%$). Esta relación que se presenta en la Figura 10 era previsible e indica que el nivel de potasio cambiabile en las series de suelos estudiados depende en buena parte de la intensidad de lixiviación.

Era de esperar que las pérdidas de potasio estuviesen relacionadas con la C.I.C. y el porcentaje de arcilla; sin embargo, es evidente que esto no ocurre (Tablas VI y XV), de donde se deduce que la intensidad de lixiviación de potasio podría estar asociada más bien con las condiciones de drenaje y al régimen de fluctuación del nivel freático.

Sin embargo, se registró una relación directa entre la pérdida de potasio (campo) y la pérdida de materia orgánica (Tabla II del Apéndice) ($P = 0,05$), lo que supone que al menos en un 36% la pérdida de potasio estuvo asociada a la disminución en el nivel de coloides orgánicos (Figura 11).

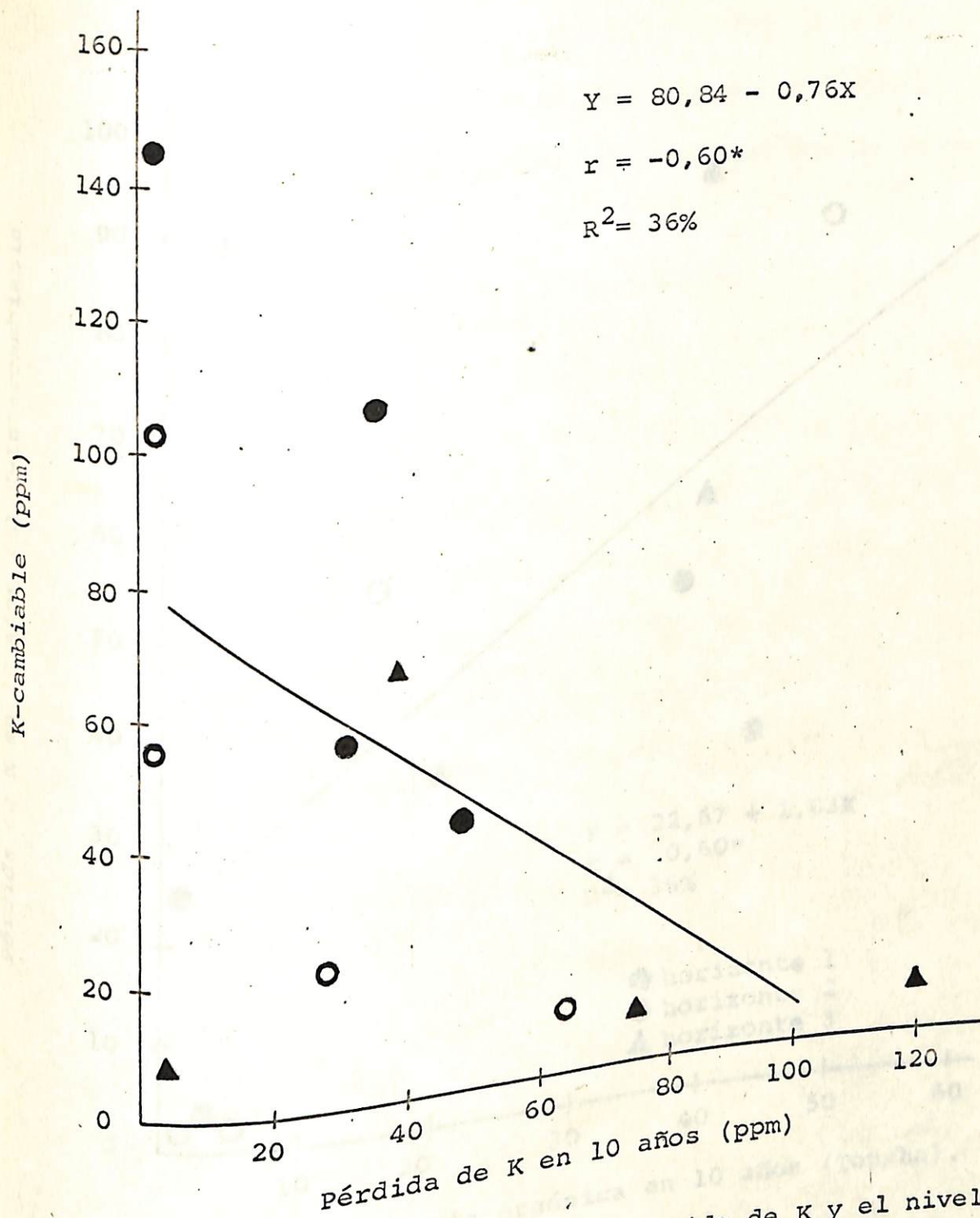


Fig. 10. Relación entre la pérdida de K y el nivel actual de K-cambiabile.

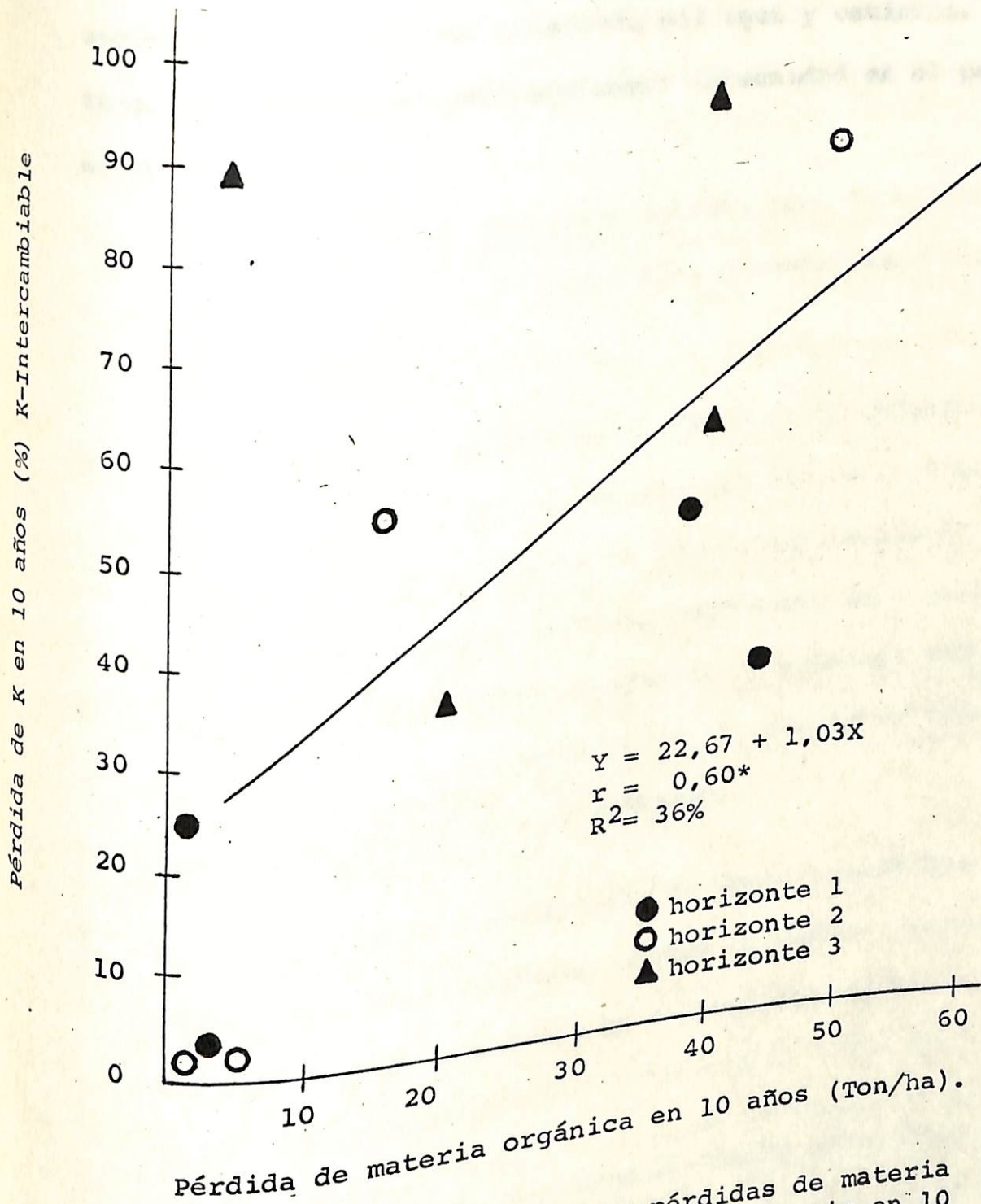


Fig. 11. Relación entre las pérdidas de materia orgánica y la pérdida de potasio en 10 años en suelos de Villarrica.

Esto se explica en razón de que el componente orgánico del suelo permite una mayor retención del agua y cationes, por tanto, su pérdida causará una mayor intensidad en el proceso de lixiviación.

1. Los suelos son ácidos o muy ácidos, pero la acidez se debe mayormente al H^+ cambiante, no existiendo cantidad de aluminio.
2. La respuesta al ensalamiento parece estar relacionada más con el suministro de calcio que con la neutralización de la acidez, siendo el 30% de saturación de este elemento el nivel crítico. Relaciones $Ca + Mg/Al$ mayores de 2 implicaron respuesta positiva al ensalamiento, mientras que las mayores de 10 estuvieron asociadas con respuesta nula o negativa.
3. La concentración y esterilidad de bases cambiantes es irregular en las distintas series de suelos, situación que podría explicarse por un diferencial en la intensidad de lixiviación.
4. La concentración de H^+ cambiante cambia entre 100 y 1000 $\mu\text{eq/l}$ y 0,30 me/100 g de suelo. Los niveles críticos de este elemento son 100 y 0,30 me/100 g de suelo. Los niveles críticos de este elemento son 100 y 0,30 me/100 g de suelo.

V. CONCLUSIONES

Características generales:

1. Los suelos son ácidos o muy ácidos, pero la acidez se debe mayormente al H^+ cambiabile, no existiendo toxicidad de aluminio.
2. La respuesta al encalamiento parece estar relacionada más con el suministro de calcio que con la neutralización de la acidez, siendo el 30% de saturación de este elemento el nivel crítico. Relaciones $Ca + Mg/Al$ menores de 2 implicaron respuesta positiva al encalamiento, mientras que las mayores de 10 estuvieron asociadas con respuesta nula o negativa.
3. La concentración y saturación de bases cambiables es irregular en las distintas series de suelos, situación que podría explicarse por un diferencial en la intensidad de lixiviación.
4. La concentración de K-cambiabile oscila entre baja y alta. Los niveles críticos de este elemento (0,15 me/100 g y 0,30 me/100 g) sugeridos por el ICA funcionan adecuadamente en los suelos estudiados. La respuesta

positiva a la fertilización potásica se presenta cuando la relación $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{K}$ es mayor de 60, mientras que

a valores inferiores la respuesta no existe o es negativa. Las bajas concentraciones de N-intercambiable, como las de N-NH_3 y N-NO_3 son indicativas de una baja intensidad

5. En general, los suelos de villarrica muestran las típicas características de los suelos altamente meteorizados, aunque las características de drenaje deficientes han impedido el lavado drástico de bases, especialmente la mayoría de las fracciones de nitrógeno relacionadas de Ca y Mg .

6. La fertilidad potencial de los suelos estudiados se puede, en general, calificar como baja. Es probable, sin embargo, que una baja productividad esté también asociada con drenaje deficiente y posibles efectos tóxicos, tales como los del Mn .

Adicionalmente:

Nitrógeno:

1. Si bien la concentración de N-total oscila entre 1.812 ppm se puede considerar baja, si se toma en cuenta la cobertura permanente de gramíneas. Son igualmente bajas las concentraciones de las fracciones inorgánicas, especialmente las de N-cambiable, N-NH_2 y N-NO_3 , lo

2. La cual relaciona en algunos casos con las buenas respuestas obtenidas a la fertilización nitrogenada.
2. Las bajas concentraciones de N-intercambiable, como las de N-NH₃ y N-NO₃ son indicativas de una baja intensidad en los procesos de mineralización, lo cual está probablemente asociado con la acidez y el drenaje deficiente.
3. La mayoría de las fracciones de nitrógeno relacionaron inversamente con la profundidad. Se registraron asociaciones inversas entre pH y N-NH₃ y entre arcillas y N-NO₃. Las arenas relacionaron directamente con el N-inorgánico y el porcentaje de humedad de campo inversamente con el N-NH₃.

Fósforo:

1. Si bien la concentración de P-total oscila entre límites normales (1.118 - 1.447 ppm), entre el 77% y el 80% es P-inerte, siendo las concentraciones de esta fracción (944 - 1.069 ppm) las más altas registradas para suelos del trópico, lo que indica un avanzado estado de meteorización.

2. La reserva orgánica del fósforo es muy baja (43 - 81 ppm) y representa entre el 3% y el 6% del P-total, lo que significa que la cantidad apreciable de residuos orgánicos es muy pobre en fósforo.
3. Excepto los fosfatos de hierro, la concentración de las fracciones activas (P-Al, P-Ca) son extremadamente bajas, lo que se refleja en una aguda deficiencia de P-disponible. Las pérdidas también afectaron los horizontes subsyacentes, lo que las hace más graves.
4. Solamente los fosfatos de hierro relacionaron con el pH en forma inversa. El P-orgánico y el P-Fe relacionaron inversamente con la profundidad. Las arcillas estuvieron asociadas negativamente con el P-Al y el P-Ca apatítico. La asociación entre C-orgánico y P-orgánico fue muy baja.
5. Las pérdidas de potasio por lixiviación obtenidas en laboratorio son en promedio diez veces superiores a las pérdidas registradas en el campo durante diez años. Para los valores de estas dos variables reemplaza la más baja registrada en suelos de Colombia. De igual manera, las reservas de potasio a corto y largo plazo se pueden calificar como bajas, lo mismo que la concentración de K-soluble.

2. Ninguna de las fracciones del potasio muestra una tendencia clara en relación con la profundidad.
3. La lixiviación de potasio está afectando diferentemente a las series de suelos estudiadas. Mientras en la serie Caloto no se han presentado pérdidas en el transcurso de 10 años; en las demás, la pérdida para el horizonte superior osciló entre el 25 y el 50% del K-cambiable. Las pérdidas también afectaron los horizontes subyacentes, lo que las hace más graves.
4. En las series Crucero y Caserío, la pérdida de potasio ha significado que de niveles adecuados haya pasado a niveles definitivamente deficientes y de relaciones $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{K}$ normales a un acentuado desbalanceamiento entre estos nutrimentos.
5. Las pérdidas de potasio por lixiviación obtenidas en laboratorio son en promedio diez veces superiores a las pérdidas registradas en el campo durante diez años, pero los valores de estas dos variables relacionan bien ($R^2 = 74\%$), lo que indica que la determinación de laboratorio constituye un buen índice de susceptibilidad a lixiviación.

6. Las pérdidas de potasio bajo condiciones de campo estuvieron asociadas ($R^2 = 36\%$) directamente con las pérdidas de materia orgánica. No obstante factores como el drenaje interno y fluctuación del nivel freático podrían estar asociados más estrechamente con este fenómeno.
1. Los resultados interpretarse en función de esta variable. Otro tanto cabe afirmar con respecto a los análisis químicos del suelo y su interpretación. Lo contrario equivaldría a obtener conclusiones poco confiables.
2. Bajo condiciones normales de drenaje, un rindimiento adecuado en pastos o cultivos va a requerir una dosis adecuada de N, P y K. La aplicación de Nitrógeno a las pasturas puede ser decisiva para conseguir un forraje de adecuada calidad nutricional. A tal efecto resulta interesante investigar la aplicación de este nutriente en ligeros excesos para determinar el efecto de estos excedentes.
3. El enriquecimiento de los suelos debe ser por medio de abonos principalmente a la saturación de estos en el complejo de cambio.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es probable que el régimen hídrico de los suelos de Villarrica esté afectando en alto grado el desarrollo de la planta. Por ello, los ensayos de fertilidad en el campo deben diseñarse tomando en cuenta el factor drenaje interno y sus resultados interpretarse en función de esta variable. Otro tanto cabe afirmar con respecto a los análisis químicos del suelo y su interpretación. Lo contrario equivaldría a obtener conclusiones poco confiables.
2. Bajo condiciones normales de drenaje, un rendimiento adecuado en pastos o cultivos va a necesitar una dosificación adecuada de N, P y K. La aplicación de fósforo a las pasturas puede ser decisiva para conseguir un forraje de adecuada calidad nutricional. A tal efecto resulta interesante investigar la aplicación de roca fosfórica ligeramente acidulada para fertilización de estas praderas.
3. El encalamiento de los suelos debe ser muy cuidadoso, atendiendo principalmente a la saturación de calcio en el complejo de cambio.
4. Los resultados obtenidos en este estudio y en uno ante-

rior de fertilidad, justifica una investigación detallada del estado de los elementos menores, especialmente Mn, Zn, Mo, B y Co, con el objeto de evaluar posibles efectos toxicicos para el primero y deficiencias para los restantes. Estos estudios deben enfocarse mayormente hacia la producción de gramíneas y leguminosas forrajeras.

Los suelos son ácidos o muy ácidos debido a la alta concentración de H^+ cambiante, no existiendo variación de aluminio. La respuesta al encalado está asociada con la saturación de calcio, siendo el nivel crítico 30%. La concentración de Ca y Mg cambiables es irregular y la de K variable oscila entre baja y alta.

La concentración promedio de N-total (1.812 ppm) se puede considerar baja si se toma en cuenta la cobertura permanente de gramíneas. Son igualmente bajas las concentraciones de las fracciones inorgánicas (N-cambiante, N- NO_3 , N- NH_4), lo que indica una baja tasa de mineralización seguramente asociada con la acidez y el drenaje deficientes.

Si bien la concentración de P-total oscila entre niveles normales (1.215 - 1.447 ppm), entre el 77% y el 89%

VII. RESUMEN

En cuatro series de suelos localizados en el Sector Santander - Villarrica, al sur del Valle geográfico del río Cauca, se realizó una caracterización química y un estudio del estado del N, P y K.

Los suelos son ácidos o muy ácidos debido a la alta concentración de H^+ cambiante, no existiendo toxicidad de aluminio. La respuesta al encalado está asociada con la saturación de calcio, siendo el nivel crítico 30%. La concentración de Ca y Mg cambiables es irregular y la de K-cambiante oscila entre baja y alta.

La concentración promedio de N-total (1.812 ppm) se puede considerar baja si se toma en cuenta la cobertura permanente de gramíneas. Son igualmente bajas las concentraciones de las fracciones inorgánicas (N-cambiante, N- NO_3 , N- NH_3), lo que indica una baja tasa de mineralización seguramente asociada con la acidez y el drenaje deficientes.

Si bien la concentración de P-total osciló entre límites normales (1.218 - 1.447 ppm), entre el 77% y el 80%

corresponde a P-inerte, cifras que se registran como las más altas para suelos del trópico. La reserva orgánica del fósforo es muy baja (3% - 6% del P-total) y, excepto los fosfatos de hierro, las fracciones minerales activas (P-Al, P-Ca) son igualmente bajas, lo que determina una extrema pobreza en P-disponible.

La concentración promedia de K-total (1.902 ppm) constituye la más baja registrada en suelos de Colombia. Son también bajas las reservas de este elemento a corto y largo plazo. Bajo condiciones de campo, en diez años, las pérdidas de potasio afectaron entre 0 y 50% del K-cambiable en el horizonte superior, pero también afectaron los horizontes subyacentes, lo que determinó que algunas series antes bien abastecidas se tornen deficientes en potasio. Estas pérdidas estuvieron asociadas ($R^2 = 36\%$) con las correspondientes a las de materia orgánica. Los valores de lixiviación de potasio bajo condiciones de laboratorio son diez veces mayores que los correspondientes a las pérdidas registradas en el campo, pero muestran entre sí una alta asociación ($R^2 = 74\%$).

Se establecen y discuten las relaciones estadísticas entre las fracciones de N, P y K y algunas variables del suelo. Se ofrecen finalmente algunas recomendaciones sobre

manejo de los suelos y líneas de investigación futura.

It was made a chemical characterization and a survey of the N. P. K state into four series of soils located in the Santander - Villavieja area to the south of the geographic valley of the Rio Cauca.

Soils are acid or very acid because of the high exchangeable Hydrogen (H^+), and there is an Aluminum (Al) toxicity. The amount of lime is associated with the Calcium saturation being the critical level 30%. The exchangeable Ca and Mg concentrations are low and high.

The mean total-P concentration (1.282 ppm) can be considered low if it is considered the permanent grass covering. Similarly, they are also low the concentrations of the organic fractions (exchangeable-N, N- NO_3 , N- NO_2) that indicates a low mineralization rate surely associated with the limited organic matter.

Although the total-P concentration moves among low and low levels (1.218 - 1.647 ppm), it corresponds 77% - 90% to the inorganic-P. Integers registered as the highest in the soils, the organic P reserves is very low.

(3% - 6% of the total-P) SUMMARY of the 14 phosphates, the active mineral fractions (P-A, P-B) are also low than

It was made a chemical characterization and a survey of the N, P, K state into four series of soils located in the Santander - Villarrica area to the South of the geographic Valley of the Río Cauca.

Soils are acid or very acid because of the high exchangeable Hydrogen (H^+), and there is no Aluminium (Al) toxicity. The answer to liming is associated with the Calcium saturation being its critical level 30%. The exchangeable Ca and Mg concentrations are irregular and that one of exchangeable K moves among low and high.

The mean total-N concentration (1.282 ppm) can be considered low if it is considered the permanent grass covering. Similarly, they are also low the concentrations of the organic fractions (exchangeable-N, $N-NO_3$, $N-NH_3$) what indicates a low mineralization rate surely associated with the limited acidity and run off.

Although the total-P concentration moves among normal levels (1.218 - 1.447 ppm), it corresponds 77% - 80% to the inert-P, integers registered as the highest between tropical soils. The organic P reserve is very low

(3% - 6% of the total-P) and out of the Fe phosphates, the active mineral fractions (P-Al, P-Ca) are also low that provides a tremendous weakness of available P.

The mean total-K concentration (1.902 ppm) is one of the lowest registered in a Colombian soil. In terms of short and long time there are a low amount of this element in Colombian soils. In field conditions into ten years, the losses of K affected the upper layer between 0 - 50% of the exchangeable K, but it also affected the lower horizons what made that some series before well supported changed into K deficient. That losses were associated ($R^2 = 36\%$) with those of the organic matter. The K leaching values in laboratory conditions are ten times higher than those corresponding to the registered losses in the field, but it shows among itself a high correlation ($R^2 = 74\%$).

It is statistically established and discussed the relations between the N, P, K fractions and some soil variables. It finally is showed some recommendations on soil management and strains of further research.

VIII. BIBLIOGRAFIA de Ciencias Agrícolas

1970. 119 p.

1. ADAMS, A. et al. Measurement of nucleic acid components in soil. Soil Science Society of America Proceedings. 18: 40-46. 1954.
2. ADAMS, R. y STEVENSON, P. J. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. Soil Science Society of America Proceedings. 28: 345-351. 1964.
3. AGREDO, H. V. Fraccionamiento del fósforo del Valle del Patía, Cauca. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariffo, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 56 p.
4. AHMAD, N. y JONES, R. L. Forms of occurrence of organic phosphorus and its chemical availability in limestone soils of Barbados. Soil Science Society of America Proceedings. 31: 184-186. 1967.
5. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York, Wiley. 1961. 472 p.
6. ANGULO, N. et al. Fraccionamiento del nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariffo, Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariffo, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 71 p.

Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1970. 116 p.

12. MEAR, F. S. *Suelos y fertilizantes*. Trad. de Jorge Bg
7. AOMINE, S. The fixation of ammonium in soils. I Ammonium in soils. I Ammonium fixation of some soils in southeaster provinces of Japan. Soil Science. 23: 83-87. 1951. (Original no consultado compendiado en Soils and Fertilizers. 15: 15-19. 1962).
8. ———. Y KOBAYASHI, Y. Effects of allophanic clays on the enzymatic activity of a proteasa. Soil Science Plant Nutrition. 10: 28-32. 1964.
9. BLACK, C. A. Soil-plant relationships. Potassium. 2nd. ARNOLD, P. W. Nature and mode of weathering as soil potassium reserves. Journal of the Science of Food and Agriculture. 11: 286-292. 1962.
10. ARTEAGA, M. C. Capacidad de reposición de potasio en algunos suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 71 p.
11. BASTIDAS, O. et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos del valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Cien-

- cias Agrícolas. 1970. 219 p.
12. BEAR, F. E. Suelos y fertilizantes. Trad. de Jorge Bozal. 2a. ed. Barcelona, Omega. 1963. 458 p.
 13. BENAVIDES, H. Fraccionamiento de nitrógeno en suelos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1971. 63 p.
 14. BESOAIN, E. Curso de Mineralogía de Suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA/OEA. CTEI, 1970. 347 p.
 15. BLACK, C. A. Soil-plant relationships, Potassium. 2nd. ed. New York, Wiley, 1967. pp.654-773.
 16. BLASCO, L. M. Informe preliminar del Amazonas Colombia no. Anales de Edafología y Agrobiología. 27: 47-55. 1968.
 17. _____. Formas de nitrógeno en el suelo y su disponibilidad para las plantas. In Medina, H. O. ed. El uso del nitrógeno en el trópico. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1972. pp.345-153.
 18. _____. Formas de fósforo en el suelo del Amazonas

- Colombiano. Anales de Edafología y Agrobiología. 29: 31-38. 1970.
19. BLASCO, L. M. El fósforo orgánico y su metabolismo en los suelos. In El fósforo en zonas tropicales. III Coloquio de suelos. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1973. En prensa.
20. _____. Sinopsis edafológica del Amazonas Colombiano. IV Conferencia Latinoamericana de Fertilidad de Suelos. FAO. Bogotá, 1968. 21 p.
21. _____. Conferencias de suelos. Palmira. Universidad Nacional, Facultad de Agronomía. 1968. pp. 165-191.
22. _____. Curso de microbiología de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. 328 p.
23. _____. Fertilidad de suelos. Palmira. Universidad Nacional, Facultad de agronomía, 1967. 191 p.
24. _____. Y BOHORQUEZ, N. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica. 12: 173-178. 1968.
25. _____. Studies on some aspects of nitrogen in the

31. soils of Colombia. Tesis Ph.D. London, of University, 1966. 311 p.
26. BLASCO, L. M. y CORNFIELD, A. H. Effect of soil moisture content during incubation in the nitrogen mineralizing characteristics of the soils of Colombia. *Geoderma*. 1: 19-25. 1967.
27. BOHORQUEZ, N. Estudio de las fracciones y algunas reacciones del fósforo en los suelos del Valle del Cauca, Colombia. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1968. 79 p.
28. BORNEMISZA, E. y PINEDA, R. Minerales amorfos y mineralización de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA/FAO, 1969. pp-B-7.
29. BOUYOUCUS, G. H. A comparison between the pippete method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Soil Science*. 38: 335-343. 1934.
30. BRENNER, J. M. The amino-acid composition of the protein material in soil. *Biochemical Journal*. 46 (5): 538-542. 1950.

31. BREMNER, J. M. The nature of soil nitrogen complexes,
Journal of the Science of Food and Agriculture. 13:
497-500. 1952. Respuesta del café al potasio.
Turrialba (Costa Rica). 23 (1): 56-71. 1973.
32. _____. Nitrogenous compounds. In McLaren, A. D. y
Peterson, G. H. ed. Soil Biochemistry. New York,
Dekker, 1967. pp.19-66.
33. _____. Determination of nitrogen in soil by the
Kjeldahl method. Journal of Agricultural Science.
55 (1): 11-13. 1960.
34. _____. Y SHAW, K. Determination of ammonia and ni-
trate in soils. Journal of Agricultural Science.
46: 320-328. 1955.
35. _____. Y SHAW, K. Studies on the stimulation and des-
composition of amino-sugars in the soils. Journal
of Agricultural Science. 44 (1): 152-159. 1954.
36. _____. et al. Comparison and evaluation of methods
of determining fixed ammonium in soils. Soil Scien-
ce Society of America Proceedings. 31: 446-472.
1967.

37. BRICEÑO, J. A. Y CARVAJAL, J. F. El equilibrio entre los metales alcalinos y alcalinotérreos en el suelo, asociado con la respuesta del Cafeto al potasio. Turrialba (Costa Rica). 23 (1): 56-71. 1973.
38. BUCKMAN, H. Y BRADY, N. C. Naturaleza y propiedades de los suelos. México, UTEHA, 1966. 590 p.
39. BUOL, S. W. Génesis, morfología y clasificación de suelos. In Sánchez, P. Ed. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Raleigh, Soil Science Departament, North Carolina State University, 1973. pp.1-42.
40. CHAMINADE, R. La potassium et le matiere organique. Institute Internationale de la potasa. Symposium, Berna, 1955. pp.203-214.
41. CHAMORRO, L. et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en algunos suelos del Municipio de Jamundí, Valle del Cauca. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 140 P.
42. CHANDRA, P. Note on the effect of shifting temperatures on nitrifications in a loam soil. Canadian Journal of

- Soil Science. 42: 314-315. 1962.
43. CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. Soil phosphorus fraction in some representative soil. Journal of soil Science. 84: 133-137. 1958.
44. CORNFIELD, A. H. Laboratory manual agricultural chemistry. Imperial College, London University, 1966. 75 p.
45. DUCHAUFOR, P. Precis de pedologie. 10ed. París, Masson, 1965. 499 p.
46. DURAN, N. Principales características químicas de los suelos de la región aldononera del sur de la Guajira. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Facultad de Agronomía, 1968. 75 p.
47. ———. y BLASCO, L. M. Fractionation of nitrogen in the soils of Guajira, Caribbean area of Colombia. Tropical Agriculture (Trinidad). En prensa.
48. ENWEZOR, W. O. Significance of the C:P organic ratio in the mineralization of soil organic phosphorus. Soil Science. 103: 62-66. 1967.
49. ———. y MOORE, A. W. Phosphorus status of some Ni-

- gerian soils. *Soil Science*. 10: 322-328. 1966.
50. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. *Pitotécnica Latinoamericana*. 3: 187-202. 1966.
51. _____. Química de suelos. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1968. 394 p.
52. _____. Deficiencia y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Central. *In* Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA/FAO, 1969. pp.B.4.1-B.4.10.
53. _____. Phosphorus fixation in tropical soils. *Agricultural Digest*. 18: 20-28. 1969.
54. _____. et al. Estudios del fósforo en suelos de América Central. Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba (Costa Rica). 18: 333-347. 1968.
55. FEUILLET, B. C. Y FEUILLET, S. A. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana

- de Túquerres, bajo condiciones de pradera, Nariño.
Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 109 p.
56. FRYE, C. A. El análisis de suelo en la evaluación de su fertilidad para la aplicación de fertilizantes y correctores. In Ciclo de conferencias sobre fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Ibagué, Departamento de Química y Suelos, Universidad del Tolima, Facultad de Agronomía, 1972. pp.1-29.
57. _____. Fertilidad y fertilización en algunos suelos arroceros del Tolima. Agricultura Tropical (Colombia). 7 (7): 393-408. 1969.
58. FUENTES, F. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en algunos suelos del Valle del Zulia, Norte de Santander. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1974. 103.p.
59. GARCIA, B. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1969. 129 p.

60. GARMAN, W. L. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. Soil Science society of America Proceedings. 21: 52-58. 1957.
61. GOEL, K. N. Y AGARWAL, R. R. Total and organic phosphorus in different size-fractions in genetically related soils of Rampur in the Indian Gangetic alluvion. Indian Journal of soil science. 13: 17-22. 1960
62. GUERRERO, R. R. Formas de fósforo y su relación con la fertilidad de los suelos. In El fósforo en zonas tropicales. Bogotá, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1973. 45 p.
63. BURBANO, J. Y CABRERA, T. Estado y fijación del fósforo en suelos volcánicos del sur de Colombia. In II Panel sobre suelos volcánicos de América. Pasto, Colombia, IICA-Universidad de Nariño, 1972. En prensa.
64. HOGG, D. E. The assessment of available potassium in soils. New Zealand Journal of Science and Technology. 38(7): 1015-1024. 1957.

65. HSU, P. H. Y JACKSON, L. M. Inorganic phosphate transformation by chemical weathering in soil as influenced by pH. Soil Science. 90: 16-24. 1960.
66. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Generalidades sobre fertilidad de los suelos Colombianos. Ministerio de Agricultura, Boletín Técnico No. 11. 1971. 24 p.
67. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. 3th. ed. New York, Prentice Hall, 1964. 498 p.
68. los colombianos. Agricultura. Y SHERMAN, G. D. Chemical weathering of minerals in soils. Advances in Agronomy. 5: 296-297. 1953.
69. JUO, S. R. Y ELLIS, B. G. Chemical and physical properties of iron and aluminium phosphates and their relation to phosphorus availability. Soil Science Society of America Proceedings. 32 (2): 216-221. 1968.
70. KAMPRATH, E. J. Acidez del suelo y encalado. In Sánchez, P. ed. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina Tropical. Raleigh, Soil Science Department, North Carolina State Uni-

70. university, 1973. pp.137-150.
71. KAUFFMAN, M. D. Y BOULDING, D. R. Relationships of non-exchangeable potassium in soils adjacent cation exchange and resins plants. Soil Science. 104 (2): 145-150. 1967.
72. KERNAN, R. P. Acumulación del potasio por los vegetales. Revista de la potasa, Sección 3, Biología (humus). 21a cont. 1966.
73. LEON, A. Estudio químico y mineralógico de diez suelos colombianos. Agricultura Tropical (Colombia). 20: 442-451. 1964.
74. LOPEZ, A. S., SALAS, E. E. Y GUERRERO, R. R. Fósforo aprovechable extraído por diferentes métodos en relación con las fracciones minerales de fósforo y su absorción por la planta en suelos volcánicos de Nariño, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas. 6 (1). En prensa.
75. LOTERO, J. Forma de fósforo en el suelo, fijación y aprovechamiento. Agricultura Tropical (Colombia). 22: 275-284. 1966.

76. MARTINI, J. A. Caracterización del estado del potasio en seis suelos de Panamá. *Fitotecnia Latinoamericana*. 3 (1-2): 163-186. 1966.
77. MATTA, A. C. y PALACIOS, J. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícola 1970. 148 p.
78. MAC LEAN, A. J. Potassium supplying power of some Canadian soils. *Canadian Journal of Soil Science*. 41 (1): 192-206. 1961.
79. MIKAMI, D. T. y KANEHIRO, Y. Native fixed ammonium in Hawaiian soil. *Soil Science Society of American Proceeding*. 32: 481-485. 1968.
80. MOLINA, C. E. y BLASCO, L. M. El nitrógeno en los suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Colombia. *Turrialba (Costa Rica)*. 20 (1): 23-26. 1970.
81. MOORE, A. W. y AYEKE, C. A. HF-extractable ammonium nitrogen in four Nigerian soils. *Soil Science*. 99: 335-338. 1965.

82. MORILLO, R. M. y PASSBENDER, N. W. Formas y disponibilidad de fosfatos en algunos suelos de la Cuenca baja del río Choluteca, Honduras. Turrialba (Costa Rica), 19: 26-33. 1968.
83. NOMMIK, H. Fixation and defixation of ammonium in soils. Acta agriculturae Scandinavica. 7: 395-396 1957.
84. ORDÓÑEZ, C. E. Fraccionamiento de potasio en los suelos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 73 p.
85. ORDÓÑEZ, H. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto, Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1969. 96 p.
86. _____ y BLASCO, L. M. Estudio del potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto, Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas (Colombia). 1 (1): 2-5. 1971.
87. ORTEGA, J. y GUERRERO, R. R. Comportamiento de las formas de fósforo y su relación con la absorción de

- fósforo por la arena, bajo tres fuentes de fertilización fosfatada en un latosol de Nariño, Colombia. Turrialba (Costa Rica). 22 (4): 420-430. 1972.
88. OTERO, C. Reconocimiento general de Suelos. Zona "Ja-pío-Río Palo". Municipio de Santander y Caloto, Departamento del Cauca, C.V.C., 1963. 35 p.
89. REVELO, C. Aspectos de fertilidad y acidez en los suelos del sector Santander-Villarrica (Cauca). Departamento Agropecuario, Sección Suelos, C.V.C., 1970. 83 p.
90. ROSERO, L. G. Fraccionamiento de nitrógeno en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1970. 90 p.
91. ROUSE, R. D. The potassium status of Hartsells fine sandy loam as affected by potassium fertilization. Soil Science Society of American Proceeding. 22: 334-336. 1958.
92. RUSSELL, E. W. Soil conditions and plant growth. 9th. ed. London, Longmans, 1961. 68 p.

93. SAIZ DEL RIO, J. F. Y BORNEMISZA, E. Análisis químico de los suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1961. 107 p.
94. SANCHEZ, L. C. Contenido de fósforo orgánico y mineral de algunos suelos del Valle del Cauca, Colombia. Acta Agronómica (Colombia). 6: 99-115. 1956.
95. SAUNDERS, H. M. Y WILLIAMS, E. G. Determination of total organic phosphorus in soils. Journal of Soil Science. 6 (2): 254-260. 1965.
96. SCHOLLEMBERGER, C. J. Y SIMON, M. Determination of exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Science. 59 (1): 14-15. 1945.
97. SEN GUPTA, M. B. Y CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. Journal of the Science of Food and Agriculture. 13: 652-655. 1962.
98. SOHN, J. B. Y PEECH, M. Retention and fixation of ammonia by soil. Soil Science. 85: 1-9. 1958.

99. STEVENSON, J. Distribution of the forms of nitrogen in
some profiles. Soil Science Society of American
Proceedings. 21: 283-287. 1957.
100. SUAREZ, H. A. Caracterización del estado del potasio
en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Te-
sis de M.Sc. Turrialba, IICA, 1968. 305 p.
101. SUAREZ DE CASTRO, F. Las quemas como práctica agrícola
y sus efectos. Federación Nacional de Cafeteros de
Colombia, Boletín Técnico. Vol. 2, No. 18. Chínchi-
ná (Colombia), 1957. 34 p.
102. SUTTON, P. Y SEAY, W. A. Relationships between the po-
tassium removed by millet and red clover and the po-
tassium extracted by four chemical methods from six
Kentucky soils. Soil Science Society of America Pro-
ceedings. 22: 110-115. 1958.
103. SYERS, J. K. Inorganic phosphorus transformations
with time. Soils News (New Zealand). 1: 11-18.
1967.
104. TAFUR, N. Principales características químicas de los
suelos de la región aldonera del Valledupar, Cesar.
Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, Facul-
tad de Agronomía, 1967. 121.p.

105. TAFUR, N. y BLASCO, L. M. Fósforo en los Valles de Valledupar, Cesar. *Agricultura Tropical*. 25: 151-159. 1969.
106. _____ y BLASCO, L. M. El nitrógeno en los suelos del Valle del Cesar. *Acta Agronómica (Colombia)*. 18: 7-16. 1968.
107. _____ y BLASCO, L. M. Potasio en los suelos de Valledupar, Cesar. *Revista ICA (Colombia)*. 5 (3): 327-336. 1970.
108. VALENCIA, G. Estudio del Nitrógeno en suelos del Valle del Patía, Cauca. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Narino, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1972. 39 p.
109. WALSH, M. L. Native fixed ammonium and fixation of applied ammonium in several Wisconsin soils. *Soil Science*. 20 (2): 84-87. 1959.
110. WESTIN, F. C. Soil phosphorus in South Dakota. III. Phosphorus fractions of some Burolls and Ustolla. *Soil Science Society of America Proceedings*. 31: 521-528. 1966.

111. WIKLANDER, L. Forms of potassium in the soil. Berna,
Symposium potassium, 1964. pp.109-123.

112. YOUNG, J. L. y MCNEAL, B. L. Ammonia and ammonium
reactiong with some layer sillicats minerals. Soil
Science Society of America Proceedings. 28: 334-
338. 1964.

DESCRIPCION DE LAS SERIES
SECTOR SANTANDER-VILLARRICA (*)

Serie Crucero:

Los suelos de la serie Crucero comprenden aquellos suelos pobremente drenados, con suelo superficial pardo grisáceo, plástico y subsuelo pardo y rojo amarillento arcilloso. Se encuentran en la terraza débilmente disectada de Villarrica, al sur del valle, formando parte de la asociación Nelsa-Casario-Crucero.

A P E N D I C E

La topografía es de a nivel a suaves ondulada, con algunas áreas depresionales. Esta serie posee una escurritia de lenta a muy lenta y drenaje interno lento. Suelo superficial fuertemente ácido y subsuelo medianamente ácido, de acuerdo a la posición de su material parental, con suelos considerablemente profundos.

A. Descripción del perfil:

DESCRIPCION DE LAS SERIES
SECTOR SANTANDER-VILLARRICA (*)

Serie Crucero:

Los suelos de la serie Crucero comprenden aquellos suelos pobremente drenados, con suelo superficial pardo grisáceo, plástico y subsuelo pardo y rojo amarillento arcilloso. Se encuentran en la terraza débilmente disectada de Villarrica, al sur del valle, formando parte de la asociación Bolsa-Caserío-Crucero.

La topografía es de a nivel a suavemente ondulada, con algunas áreas depresionales. Esta serie posee una escorrentía de lenta a muy lenta y drenaje interno lento. Suelo superficial fuertemente ácido y subsuelo medianamente ácido. De acuerdo a la posición de su material parental, son suelos moderadamente profundos.

A. Descripción del perfil:

* Tomado de Otero (88).

0 - 20 cm.

Pardo grisáceo muy oscuro, rojo, arcilloso, altamente moteado con pardo amarillento y estructura granular, friable, pardo grisáceo, masivo, plástico en húmedo, medianamente ácido.

20 - 30 cm.

B. Variaciones:

Pardo amarillento oscuro, altamente moteado de pardo oscuro; franco-arcillo-arenoso, estructura en bloques, plástico en húmedo, raíces abundantes, fuertemente ácido.

La textura superficial varía de franco-arcilloso a arcilloso, con predominancia de los arcillosos. El grado de moteado en el subsuelo es variable, especialmente en el cuarto y quinto horizontes.

30 - 50 cm.

C. Material parental:

Pardo amarillento con manchas de rojo amarillento, arcilloso, estructura en bloques, plástico en húmedo, raíces ocasionales, medianamente ácido.

Arcillas rojas moteadas de pardo amarillento y gris corresponden a depósitos lacustres los cuales contienen muchas cenizas volcánicas.

50 - 85 cm.

D. Relieve:

Rojo con muchas manchas de color rojo y gris parduzco, arcilloso, masivo, plástico en húmedo, raíces ocasionales, medianamente ácido.

A nivel, con algunas dentadas con pendientes del 2%.

lieve suavemente ondulado.
85 - 120 cm.

Rojo, arcilloso, altamente moteado con pardo amarillento y pardo grisáceo, masivo, plástico en húmedo, medianamente

sobreviente drenados. En la mayor parte del área el nivel freático se encuentra por encima de 120 cm de profundidad excepto en periodos de sequía.

B. Variaciones:

R. Relieves de erosión:
La textura superficial varía de franco-arcilloso a arcilloso, con predominancia de los arcillosos. El grado de moteado en el subsuelo es variable, especialmente en el cuarto y quinto horizonte.

G. Localización:

C. Material parental:

Cerca al pequeño caserío del Crucero, en la parte sureste del valle.
Arcillas rojas moteadas de pardo amarillento y gris; corresponden a depósitos lacustres los cuales contienen muchas cenizas volcánicas.

D. Relieve:

Prácticamente toda el área se encuentra en pastos, la mayor parte pasto trenza y algo de pasto parí. Se observan algunos cultivos de arroz, caña de azúcar y cultivos misceláneos.
A nivel, con algunas áreas depresionales. Las pendientes son menores del 2%, excepto en algunas zonas de re-

lieve suavemente ondulado.

E. Drenaje natural: presenta una posición ligeramente más baja que las series Bolsa y Caserio, del paisaje II. Con relieve pobremente drenados. En la mayor parte del área el nivel freático se encuentra por encima de 120 cm de profundidad excepto en períodos de sequía.

F. Peligros de erosión: que su material parental se encuentra a 50 cm es por lo que se considera como un suelo moderadamente profundo (50 a 90 cm), y nos indica que existen algunas limitaciones físicas del suelo para muchos cultivos.

G. Localización: que las series Bolsa y Caserio, el principal factor limitante para su uso agrícola es su baja fertilidad.

Cerca al pequeño caserío del Crucero, en la parte sureste del Valle.

El tratamiento para la corrección de la acidez debe hacerse en igual forma que para la serie Caserio, con

H. Utilización: los mismos factores de manejo. La corrección de fertilidad empleando abonos completos.

Prácticamente toda el área se encuentra en pastos, y pastos. La cantidad indicada requiere estudio de potes y parcelas. Los cultivos más indicados son el arroz y la van algunos cultivos de arroz, caña de azúcar y pequeños cultivos de azúcar, cultivos misceláneos.

I. Adaptabilidad Agrícola:

La serie Crucero presenta una posición ligeramente más baja que las series Bolsa y Caserío, del paisaje T2.

Con relieve plano, pendientes menores del 2%, y apreciación textural moderadamente pesada a pesada, posee un drenaje natural pobre, motivos por los cuales el nivel freático comúnmente se encuentra por encima de 120 cm de profundidad. Lo anterior sumado a que su material parental se encuentra a 50 cm es por lo que se considera como un suelo moderadamente profundo (50 a 90 cm), y nos indica que existen algunas limitaciones físicas del suelo para muchos cultivos. Más, al igual que las series Bolsa y Caserío, el principal factor limitante para su uso agrícola es su baja fertilidad y fuerte acidez.

El tratamiento para la corrección de la acidez debe hacerse en igual forma que para la serie Caserío, con los mismos factores de manejo. La corrección de fertilidad empleando abonos completos ricos especialmente en fósforo y potasio. La cantidad indicada requiere estudio de potes y parcelas. Los cultivos más indicados son el arroz y la caña de azúcar.

Serie Caserío:

seco, raíces abundantes, muy fuertemente ácido.

Los suelos de la serie Caserío, se encuentran en la terraza débilmente disectada de Villarrica, al sur del Valle. 25 - 35 cm. Pardo grisáceo muy oscuro, con algunas manchas negras;

Esta serie es miembro de la asociación Bolsa-Caserío-blo Crucero. que, duro cuando seco, raíces abundantes, fuertemente ácido.

Posee escorrentía de lenta a media y drenaje interno medio. Drenaje natural, moderadamente bien drenado. La topografía varía de a nivel a suavemente ondulante, predominando las zonas próximas a nivel. estructura en bloques, duro cuando seco, raíces escasas, fuertemente ácido.

Esta serie posee un suelo superficial negro o gris muy oscuro, y un subsuelo pardo oscuro y rojo amarillento. Por debajo del subsuelo, el material consiste en franco-arcilloso a arcilloso, pardo rojizo oscuro a pardo amarillento, con suelo superficial muy fuertemente ácido y subsuelo fuertemente ácido. te ácido.

70 - 130 cm.
A. Descripción del perfil:

0 - 25 cm.

Pardo rojizo oscuro, arcilloso, con manchas de pardo rojizo oscuro, masivo, Negro, arcilloso a franco-arcilloso, estructura en bloques, muy duro cuando seco, raíces abundantes, fuertemente ácido.

0 - 25 cm. Negro, arcilloso a franco-arcilloso, estructura en bloques, muy duro cuando seco, raíces abundantes, fuertemente ácido.

B. Variaciones:

seco, raíces abundantes, muy fuertemente ácido.

La textura superficial puede variar de arcilloso a franco-arcilloso; el segundo, tercero y cuarto horizontes pueden ser arcillo-arenosos.

25 - 35 cm.

Pardo grisáceo muy oscuro, con algunas manchas negras;

arcilloso, estructura en bloques, duro cuando seco, raíces abundantes, fuertemente ácido.

C. Material parental:

Arcilloso a franco-arcilloso, pardo rojizo oscuro.

Depositos laterales: 35 - 50 cm.

Pardo oscuro, arcilloso, estructura en bloques, duro cuando seco, raíces ocasionales, fuertemente ácido.

D. Relieve:

Próximo a nivel a moderadamente pendiente; pardo rojizo amarillento, arcilloso, estructura en bloques, duro cuando seco, fuertemente ácido.

50 - 70 cm.

Las dominantes menores del 2%, pero en algunas áreas pequeñas pueden variar de 6% a 8%, especialmente donde ocurren disecaciones.

E. Drenaje natural: 70 - 120 cm.

Pardo rojizo oscuro, arcilloso, con manchas de pardo rojizo oscuro, masivo, duro cuando seco, sin raíces, muy fuertemente ácido.

Moderadamente bien drenado, fluctuante, pero en la mayor parte por debajo de 120 cm.

B. Variaciones; erosión:

La textura superficial puede variar de arcilloso a franco-arcilloso; el segundo, tercero y cuarto horizonte pueden ser arcillo-arenosos. de donde se ha cultivado.

C. Material parental:

Arcilloso a franco-arcilloso, pardo rojizo oscuro. Depósitos lacustres ricos en cenizas volcánicas.

D. Relieve:

Próximo a nivel a moderadamente pendiente; pendientes dominantes menores del 2%, pero en algunas áreas pequeñas pueden variar de 6% a 8%, especialmente donde ocurren disecciones.

I. Adaptabilidad Agrícola:

E. Drenaje natural:

Por relieve y por apreciación natural, son aptos Moderadamente bien drenados. El nivel freático es fluctuante, pero en la mayor parte del área se encuentra por debajo de 120 cm.

F. Peligros de erosión: La serie Caserio con relieve predominantemente plano, es más fácilmente irrigable.

Muy pocos peligros de erosión, excepto en las áreas disectadas, las cuales deben resguardarse con pastos permanentes, especialmente cerca de donde se ha cultivado. La corrección de su excesiva acidez debe realizarse en igual forma que la indicada para la serie Cruceño. La corrección de fertilidad debe hacerse empleando fertilizantes completos ricos en fósforo y potasio. La cantidad adecuada y manera requiere estudio en potes y parcelas. Se recomienda el levantamiento de praderas mientras se corriga el pH complementando con leguminosas. Rotación con arroz oeste del Valle.

G. Localización:

Cerca de la población de San Rafael en la parte sur oeste del Valle.

H. Utilización:

Utilización: más recomendable con aquellos de arraigamiento poco profundo; como los de raíces fasciculadas. Aproximadamente entre el 90% a 95% del área se encuentra en pastoreo; el resto, en cultivos misceláneos, como maíz, arroz, caña de azúcar.

I. Adaptabilidad Agrícola:

Por relieve y por apreciación textural, son aptos para uso agrícola, exceptuando las áreas de caída de la disección T3.

Suelo moderadamente profundo (50 a 90 cm) por posi

ción del material parental. La serie Caserío con relieve dominante plano, es más fácilmente irrigable.

La serie Calote es miembro de la asociación Calote-Jupio, encontrándose en la terraza altamente disectada en la forma que la indicada para la serie Crucero. La corrección de fertilidad debe hacerse empleando fertilizantes completos ricos en fósforo y potasio. La cantidad adecuada y mezcla requiere estudio en potes y parcelas. Se recomienda el levantamiento de praderas mientras se corrige el pH complementando con leguminosas. Rotación con arroz dosificándole abono.

Los suelos de la serie Calote tienen un suelo superficial por los cultivos más recomendables son aquellos de enraizamiento poco profundo; como los de raíces fasciculadas, también los que se propagan por rizomas y estolones. Suelos fuertemente ácidos a través de todo el perfil.

Su profundidad efectiva puede considerarse como moderada a profunda, con dominancia de la primera.

A. Descripción del perfil:

Serie Caloto:

La serie Caloto es miembro de la asociación Caloto-Ja-
pio, encontrándose en la terraza altamente disectada en la
parte sureste del Valle.

El relieve es de ondulado a suavemente pendiente, y fuer-
temente pendiente donde el área se encuentra fuertemente di-
sectada. Son suelos moderadamente bien drenados, con esco-
rrentía media, drenaje interno de lento a medio.

Los suelos de la serie Caloto tienen un suelo superfi-
cial pardo grisáceo oscuro, con subsuelo pardo amarillento
menos friable. Por debajo del material parental del subsue-
lo consiste en arcillas rojas o rojo amarillento, con abun-
dancia de piedras rojas y amarillas en estado de descomposi-
ción. Suelos fuertemente ácidos a través de todo el perfil.

Su profundidad efectiva puede considerarse como modera-
da a profunda, con dominancia de la primera.

A. Descripción del perfil:

0 - 12 cm.

Pardo grisáceo oscuro, fran-
rojo con manchas pardo

co-arcillo-arenoso, granular, friable, raíces abundantes, medianamente ácido.

12 - 28 cm.

B. Variaciones:

Pardo oscuro, franco-arcillo-arenoso a franco-arcilloso, granular, friable,

La textura del suelo superficial puede variar de franco-arcilloso, franco-arcillo-arenoso, a franco-limoso, raíces ocasionales, fuertemente ácido.

La profundidad de la piedra en descomposición varía, pero usualmente es de 28 a 48 cm. de pardo grisáceo u oscuro moteado de pardo grisáceo

C. Material parental:

muy oscuro, arcillo-arenoso a franco-arcilloso, estructura en bloques, friable, raíces ocasionales, fuertemente ácido.

Arcillas rojas moteadas con abundancia de piedras en pedruzcos amarillentos, probablemente fuertemente ácido.

48 - 67 cm.

D. Relieve:

pardo amarillento u oscuro moteado con pardo olivado, estructura en bloques, plástica, raíces ocasionales, medianamente ácido.

Ondulado a suavemente ondulado, con pendientes de 3% a 4%.

Rojo con manchas pardo grisáceas.

67 - 150 cm.

moderadamente bien drenados, sáceas, arcilloso, masivo, área al nivel freático se encuentra plástico, medianamente ácido.

F. Peligros de erosión:

B. Variaciones:

Susceptible a la erosión si se le cultiva. Erosión

La textura del suelo superficial puede variar de ligera con implantación de pastos franco-arcilloso, franco-arcillo-arenoso, a franco-limoso. La profundidad de la piedra en descomposición varía, pero usualmente se encuentra a más de 120 cm.

C. Material parental:

H. Arcillas rojas moteadas con gris pardusco, conteniendo abundancia de piedras en descomposición rojas y pardo amarillentas, probablemente de cenizas volcánicas.

D. Relieve:

I. Ondulado a suavemente pendiente, con pendientes promedias de 3% a 4%.

E. Drenaje natural:

intensivo. Moderadamente bien drenados, en la mayor parte del área el nivel freático se encuentra por debajo de 150 cm. Es un suelo moderadamente profundo (50 a 90 cm), con

baja fertilidad. Para su adaptación agrícola o pastoreo intensivo, requieren una corrección fuerte de su pH por adición

F. Peligros de erosión:

de cal más magnesio. Esto debe hacerse en un programa mínimo susceptible a la erosión si se le cultiva. Erosión a tres años con rotación de abonos verdes, o uso de materia ligera con implantación de pastos.

orgánica a fin de no perjudicar el contenido de nitrógeno del suelo.

G. Localización:

El abono completo que se añade al suelo debe ser rico especial. Cerca a Caloto en la parte sureste del Valle, re-le-costados contra la cordillera Central. percola, las cuales de ban mezclarse con leguminosas.

H. Utilización:

Aproximadamente el 90% del área se encuentra en potreros de pasto trenza, el 10% restante con caña de azúcar, maíz y cultivos varios.

I. Adaptabilidad Agrícola:

Aunque por apreciación textural son favorables al uso agrícola, su relieve aconseja destinarlos al pastoreo

intensivo. Chiribico:

Es un suelo moderadamente profundo (50 a 90 cm), con la serie Chiribico es miembro de la asociación Chiribico-baja fertilidad. Para su adaptación agrícola o pastoreo intensivo, requieren una corrección fuerte de su pH por adición de cal más magnesio. Esto debe hacerse en un programa mínimo de tres años con rotación de abonos verdes, o uso de materia orgánica a fin de no perjudicar el contenido de nitrógeno del suelo superficial es muy fuertemente ácido, el sustrato o subsuelo es neutro.

A. El abono completo que se añada al suelo debe ser rico especialmente en fósforo y potasio. En tal forma podrían levantarse magníficas praderas de pasto pangola, las cuales deben mezclarse con leguminosas.

plástico cuando húmedo, raíces abundantes, muy fuertemente ácido.

5 - 25 cm.

Negro, arcilloso, plástico cuando húmedo, raíces abundantes, fuertemente ácido.

25 - 45 cm.

Gris, muy manchado de pardo grisáceo, arcilloso, masivo, plástico cuando húmedo, raíces

Serie Chiribico:

ces ocasionales, ligeramente
ácido.

La serie Chiribico es miembro de la asociación Chiribico-Tierra pantanosa. Comprende los suelos arcillosos, negros, plásticos, muy pobremente drenados, que ocurre en las áreas de depresión de la terraza de Villarrica. Aunque su suelo superficial es muy fuertemente ácido, el sustrato o subsuelo es neutro.

B. Variaciones:

A. Descripción del perfil:

La textura superficial incluye arcillo-limosa y arcillosa, predominando el arcilloso. El grado de humedecimiento de manchas es variable.

0 - 5 cm.

Negro, arcilloso, masivo, plástico cuando húmedo, raíces abundantes, muy fuertemente ácido.

C. Material parental:

5 - 25 cm.

Negro, arcilloso, plástico cuando húmedo, masivo, raíces abundantes, medianamente ácido.

D. Relieve:

25 - 45 cm.

Gris, muy manchado de pardo grisáceo, arcilloso, masivo, plástico cuando húmedo, raíces abundantes.

E. Drenaje natural:

ces ocasionales, ligeramente ácido.

Muy pobremente drenados. La mayor parte del área es-

45 - 120 cm.

Gris, arcilloso con muchas

manchas de color pardo ama-

rillento; masivo, plástico

cuando húmedo, raíces oca-

sionales, neutro.

F. Peligros de erosión:

Ninguno.

B. Variaciones:

C. Localización:

La textura superficial incluye arcillo-limoso y arcilloso. En las áreas depresionales de la terraza de Villarría, predominando el arcilloso. El grado de intensidad va entre el río Palo y río La Veta al sur del Valle. de manchas es variable.

E. Utilización:

C. Material parental:

La mayor parte del área se encuentra en pastos Arcillas grises moteadas de pardo amarillento. (50% aproximadamente), un 5% es cultivado principalmente en Mezcla de materiales de origen lacustre y aluvial. Al resto está cubierto por malezas de pastizales (cirsios).

D. Relieve:

I. Adaptabilidad Agrícola:

Áreas depresionales. En las zonas donde son amplias, generalmente son planas o muy suavemente onduladas.

E. Drenaje natural:

De acuerdo a su posición en áreas depresionales (T3) que las hace susceptibles a inundaciones, su apreciación topográfica es muy pobremente drenados. La mayor parte del área está sujeta a inundaciones periódicas. Su nivel freático alto (generalmente por encima de 120 cm.), presenta estas condiciones físicas desfavorables para la mayor parte de los cultivos.

F. Peligros de erosión:

Su utilización agrícola en su mayor parte está sujeta al mejoramiento del drenaje natural mediante sistemas de canales abiertos. Ninguno.

G. Localización:

En las áreas depresionales de la terraza de Villarri ca entre el río Palo y río La Teta al sur del Valle.

H. Utilización:

Con corrección de fertilidad y drenaje, estos suelos serían buenos para café y maíz especialmente.

La mayor parte del área se encuentra en pastos (50% aproximadamente), un 5% es cultivado principalmente en arroz. El resto está cubierto por malezas de pantanos (ciprésáceas).

I. Adaptabilidad Agrícola:

De acuerdo a su posición en áreas depresionales (T3) que las hace susceptibles a inundaciones, su apreciación textural muy pesada, su nivel freático alto (generalmente por encima de 120 cm.), presenta este suelo condiciones físicas desfavorables para la mayor parte de los cultivos.

Su utilización agrícola en su mayor parte está supeditada al mejoramiento del drenaje natural mediante sistemas de canales abiertos.

Su uso más adecuado es el cultivo de arroz. Estos suelos requieren corrección para su fuerte acidez; ésta debe conducirse en igual forma que la indicada para las series Ca serfo y Crucero.

Con corrección de fertilidad y drenaje, estos suelos serían buenos para caña y maíz especialmente.

100g. 1.954 *				
1.01	3.25	1.61	0.73	
9.37	10.90	8.78	1.77	
1.33	2.01	0.99	1.28	
0.85	0.22	0.12	0.27	
0.14	0.43	0.41	0.41	1
4.23	4.49	3.99	3.70	3
15.45	21.96	15.81	12.39	9
17.22	8.33	5.83	14.18	3
0.90	1.90	3.40	3.20	4
8.98	9.10	9.39	19.86	9
11.23				
50.60	17.45	19.84	11.10	5
27.40	9.13	7.41	4.53	0
1.92	0.91	1.63	1.41	3
33.20	8.31	12.25	6.55	
Ca/K				

TABLA I

TABLA II

CARACTERISTICAS QUIMICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS. DATOS TOMADOS EN 1.964 *

Serie	Crucero			Chiribico			Caloto			Caserio		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Horizonte												
Característica												
pH	5,45	5,35	5,70	4,94	5,15	6,20	5,60	5,20	5,50	4,70	5,10	5,35
C. Orgánico (%)	2,40	1,68	0,95	3,33	1,47	0,65	1,70	1,88	1,01	3,25	1,61	0,78
C/N (%)	8,52	9,52	8,68	8,65	9,12	8,07	10,20	11,73	9,31	10,90	8,78	6,87
Ca camb. (me/100 g)	9,35	5,46	3,05	7,57	11,04	11,64	8,15	3,73	2,66	1,83	1,47	1,77
Mg camb. (me/100 g)	4,89	2,29	1,96	6,66	9,07	9,39	2,64	0,38	1,38	2,01	0,89	1,25
K camb. (me/100 g)	0,23	0,13	0,33	0,36	0,19	0,21	0,24	0,08	0,05	0,22	0,12	0,27
Na camb. (me/100 g)	0,22	0,18	0,15	0,48	0,60	0,82	0,29	0,14	0,14	0,43	0,41	0,41
Bases tot. (me/100 g)	14,70	8,07	5,49	15,07	20,90	22,05	11,32	4,81	4,23	4,49	2,99	3,70
C.I.C. (me/100 g)	24,41	17,33	15,33	21,90	24,95	24,91	21,89	13,60	15,45	21,96	16,61	12,48
Sat. bases (%)	60,20	46,56	35,84	68,83	83,76	88,55	51,73	35,15	27,39	20,47	18,02	29,66
Sat. Ca (%)	38,30	31,51	19,90	34,57	44,25	46,73	37,23	27,27	17,22	8,33	8,85	14,18
Sat. Na (%)	0,90	1,00	0,90	2,10	2,40	3,20	1,30	1,00	0,90	1,90	2,40	3,20
Sat. Mg (%)	20,00	13,00	12,70	30,40	36,30	37,60	12,00	2,70	8,90	9,10	5,30	10,00
H camb. (me/100 g)	9,71	9,26	9,83	39,52	105,84	100,14	44,95	51,37	80,80	17,45	19,66	11,18
Ca + Mg/K	61,91	59,61	15,18	18,50	47,73	44,71	11,00	4,75	27,60	9,13	7,41	4,62
Mg/K	21,26	17,61	5,93	1,13	1,21	1,23	3,08	9,81	1,92	0,91	1,65	1,41
Ca/Mg	1,91	2,38	1,55	21,02	58,10	55,42	33,95	46,62	53,20	8,31	12,25	6,55
Ca/K	40,65	42,00	9,24									

* Datos tomados de Otero (88).

TABLA II

PERDIDA DE MATERIA ORGANICA EN DIEZ AÑOS EN LOS
SUELOS DE VILLARRICA.

Serie	Horiz.	Nivel de Materia Orgánica (%)		Pérdida de Mate- ria Orgánica	
		1964 *	1974	%	Ton/ha
Crucero	1	4,13	2,68	1,45	38,5
	2	2,89	1,79	1,10	14,6
	3	1,63	0,13	1,00	39,9
Chiribico	1	5,74	7,77	-----	0,1
	2	2,53	0,60	1,93	51,3
	3	1,12	1,00	0,12	3,1
Caloto	1	2,93	2,72	0,21	3,3
	2	3,24	3,48	-----	0,4
	3	1,74	0,24	1,50	39,9
Caserío	1	5,60	4,26	1,34	44,5
	2	2,77	2,39	0,38	5,0
	3	1,34	0,31	1,03	20,5

* Tomado de Otero (88).

T UNIVERSIDAD DE NARIÑO

631.81072 Inventario: 16711

H731 Autor: Julio Eduardo Holguin

Ej. 1 Título: Caracterización química y



T
631.81072
H731
Ej. 1

16711

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)