

FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO
EN ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL ZULIA,
NORTE DE SANTANDER

Por

//
FELIPE E. FUENTES T.

Tesis de Grado presentada como requisito
parcial para optar al título de
INGENIERO AGRONOMO
Tesis de Grado, con la responsabilidad
exclusiva de su autor.

Art. 1º del Acuerdo 304 de 1966, de Comp.
Presidente de Tesis
Art. 11, Acuerdo del Honorable Consejo de
Joaquín Gamboa Jaimes I.A., M.Sc.
rector de la Universidad de Nariño.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.974

AN

+

631.4

F954

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

Art. 1º del Acuerdo 324 de 1966, de Octu
bre 11, emanado del Honorable Consejo Di
rectivo de la Universidad de Nariño.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA DE CIENCIAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA DE CIENCIAS

AGRADECIMIENTOS A :

A MIS PADRES JOAQUIN GARCIA JAMES I.A., B.Sc.
A MIS HERMANOS RICARDO GUERRERO ELIASCOS I.A., M.Sc.
A MIS FAMILIARES ESTEBAN CORRAL QUINTERO I.A., M.Sc.
FRANCISCO COSTER DE LA ESPERILLA
NIGUEL A. VIVEROS Z. I.A.
CLONIA PATINO LOBALDO
FANNY L. BACCA ARRIAGA
A MIS AMIGOS
Al personal del laboratorio de Suelos de
la Facultad de Ciencias Agrícolas.

Todas las personas que en una u otra forma
se colaboraron en el desarrollo de este
trabajo.

UNIVERSIDAD DE HARIND
BIBLIOTECA DE HARIND

AGRADECIMIENTOS A :

2.1.1	Topografía	3
2.1.2	JOAQUIN GAMBOA JAIMES I.A., M.Sc.	3
2.1.3	Hidrología	3
2.1.4	RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.	3
2.1.5	EFREN CORAL QUINTERO I.A., M.Sc.	3
2.1.6	FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	3
2.1.7	MIGUEL A. VIVEROS Z. I.A.	3
2.1.8	GLORIA PATIÑO ROSALES	3
2.1.9	FANNY L. BACCA ARTEAGA	3
2.1.10	Geología	3
2.1.11	Al personal del Laboratorio de Suelos de	3
2.1.12	la Facultad de Ciencias Agrícolas.	3
2.1.13	Que actual de la tierra	3
2.2	Todas las personas que en una u otra for	3
2.2.1	colaboraron en el desarrollo del pre-	3
2.2.2	sente trabajo.	3
2.2.3	Nitrógeno inorgánico	10
2.2.4	Nitrógeno activo fijo	11
2.2.5	Nitrógeno intercambiable	12
2.2.6	Nitrógeno elemental y nitrato	13
2.3	Fósforo en el suelo	14
2.3.1	Fósforo total	14
2.3.2	Fósforo orgánico	15
2.3.2.1	Fósforo de aluminio y hierro	17
2.3.2.2	Fósforo de calcio	18

	CONTENIDO	Pág.
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	Descripción general de la zona	3
2.1.1	Ubicación y extensión	3
2.1.2	Topografía	3
2.1.3	Hidrografía	3
2.1.4	Ecología y climatología	3
2.1.4.1	Temperatura	5
2.1.4.2	Humedad relativa	5
2.1.4.3	Evaporación	5
2.1.4.4	Vientos	5
2.1.4.5	Precipitación	6
2.1.5	Geología	6
2.1.6	Suelos	6
2.1.6.1	Nivel freático	7
2.1.7	Uso actual de la tierra	7
2.2	Nitrógeno en el suelo	7
2.2.1	Nitrógeno total	8
2.2.2	Nitrógeno orgánico	9
2.2.3	Nitrógeno inorgánico	10
2.2.4	Nitrógeno nativo fijo	11
2.2.5	Nitrógeno intercambiable	12
2.2.6	Nitrógeno amoniacal y nítrico	13
2.3	Fósforo en el suelo	14
2.3.1	Fósforo total	14
2.3.2	Fósforo orgánico	15
2.3.3.1	Fosfatos de aluminio y hierro	17
2.3.3.3	Fosfatos de calcio	18

	Pág.
2.3.3.3 Fosfatos de calcio	18
2.3.3.4 Fósforo inerte	20
2.4 Potasio en el suelo	20
2.4.1 Potasio total	21
2.4.2 Potasio soluble en agua	22
2.4.3 Potasio intercambiable	23
2.4.4 Potasio no intercambiable total	26
2.4.5 Potasio estructural	27
III. MATERIALES Y METODOS	29
3.1 Materiales	29
3.1.1 Muestreo	29
3.2 Métodos analíticos	29
3.2.1 Determinación de las características físico químicas	29
3.2.1.1 Humedad	29
3.2.1.2 Textura	31
3.2.1.3 Reacción del suelo	31
3.2.1.4 Color del suelo	31
3.2.1.5 Carbono orgánico	31
3.2.1.6 Materia orgánica	31
3.2.1.7 Relación carbono-nitrógeno...	31
3.2.1.8 Capacidad catiónica de cambio	31
3.2.1.9 Cationes intercambiables	32
3.2.2 Fraccionamiento de nitrógeno	32
3.2.2.1 Nitrógeno total	32
3.2.2.2 Nitrógeno inorgánico	32
3.2.2.3 Nitrógeno orgánico	32
3.2.2.4 Nitrógeno intercambiable	32
3.2.2.5 Nitrógeno nativo fijo	33

3.2.2.6	Nitrógeno amoniacal	33
3.2.2.6	Nitrógeno nítrico	33
3.2.2	Fraccionamiento de fósforo	33
3.2.3.1	Fósforo total	33
3.2.3.2	Fósforo fácilmente reempla- zable	33
3.2.3.3	Fósforo unido al calcio no apatítico	32
3.2.3.4	Fósforo unido al aluminio ..	34
3.2.3.5	Fósforo unido al hierro	34
3.2.3.6	Fósforo unido al calcio apa- títico	34
3.2.3.7	Fósforo orgánico	34
3.2.3.8	Fósforo inerte	35
3.2.3.9	Fósforo aprovechable	35
3.2.4	Fraccionamiento de potasio	35
3.2.4.1	Potasio total	35
3.2.4.2	Potasio soluble en agua	35
3.2.4.3	Potasio intercambiable	35
3.2.4.4	Potasio intercambiable	35
3.2.4.5	Potasio no intercambiable ..	36
A.	Total	36
B.	Fracción mas soluble del po- tasio no intercambiable to- tal	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	37
4.1	Generalidades	37
4.1.1	Características físicas	37
4.1.2	Características químicas	38

	Pág.
4.1.2.1 Reacción del suelo	38
4.1.2.2 Carbono en materia orgánica ..	40
4.1.3.3 Relación carbono/nitrógeno ..	42
4.1.2.4 Capacidad de intercambio ca -	42
tiónico	42
4.1.2.5 Bases cambiables	43
A. Calcio de cambio	43
B. Magnesio de cambio	44
C. Potasio de cambio	44
D. Sodio de cambio	45
4.1.2.6 Relación calcio/magnesio	45
4.1.2.7 Porcentaje de saturación de ..	45
bases	47
4.2 Estado del nitrógeno	47
4.2.1 Nitrógeno total	48
4.2.2 Nitrógeno orgánico	49
4.2.3 Nitrógeno inorgánico total	50
4.2.4 Nitrógeno intercambiable	51
4.2.5 Nitrógeno mineral	52
4.3 Estado del fósforo	52
4.3.1 Fósforo aprovechable y fácilmente reem -	54
plazable	55
4.3.2 Fósforo total	56
4.3.3 Fósforo orgánico	56
4.3.4 Fósforo inorgánico	56
4.3.4.1 Fosfatos de calcio no apatí -	56
tico	57
4.3.4.2 Calcio apatítico	57
4.3.4.3 Fósforo unido al aluminio ...	57

	Pág.
4.3.4.4 Fósforo unido al hierro	58
4.3.5 Fósforo inerte	59
4.4 Estado del potasio	59
4.4.1 Potasio total	59
4.4.2 Potasio estructural	60
4.4.3 Potasio no intercambiable total	61
4.4.4 Fracción más soluble del potasio	62
4.4.5 Potasio intercambiable	62
V. CONCLUSIONES	80
VI. RECOMENDACIONES	82
VII. RESUMEN	83
SUMMARY	85
VIII. BIBLIOGRAFIA	87
APENDICE	104

TABLAS

Pag.

TABLA	I.	Valores promedios de algunas características químicas de diferentes suelos de Colombia	65
TABLA	II.	Fracciones de nitrógeno en suelos de distintas regiones	66
TABLA	III.	Concentraciones promedias de las fracciones del fósforo en suelos de 18 regiones naturales de Colombia	67
TABLA	IV.	Fracciones de potasio en suelos de diferentes regiones	68
TABLA	V.	Algunas características físicas de los suelos estudiados	70
TABLA	VI.	Algunas características químicas de los suelos estudiados	71
TABLA	VII.	Fracciones de nitrógeno en los suelos estudiados	72
TABLA	VIII.	Cantidades porcentuales de las diferentes formas de nitrógeno con respecto al nitrógeno total	73
TABLA	IX.	Fracciones de fósforo en los suelos estudiados	74
TABLA	X.	Cantidades porcentuales de las diferentes formas de fósforo con respecto al fósforo total	75

TABLA	XI. Fósforo aprovechable (Bray I) en los .. suelos estudiados	76	
TABLA	XII. Fracciones de potasio en los suelos es- tudiados	77	Pág.
FIGURA	1. Localización de los sitios de muestreo	30	
TABLA	XIII. Cantidades porcentuales de las diferen- tes formas de potasio con respecto al potasio total	78	
TABLA	XIV. Relación calcio/magnesio en los suelos estudiados	79	

FRACCIONAMIENTO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO EN ALGUNOS
ILUSTRACIONES
SUELOS DEL VALLE DEL RÍO JULIA, NOROCCIDENTE DE SANTANDER (*)

	Por	Pág.
FIGURA 1. Localización de los sitios de muestreo		30

FILIPPO EL. FUENTES T.

I. INTRODUCCION

En Colombia existen amplias zonas, cuyo potencial agropecuario ofrece garantías para emprender proyectos que seguramente relacionen en parte, la gran demanda de alimentos existente.

Conscientes de esta necesidad, entidades oficiales como el INCORA, han elaborado proyectos agropecuarios en base a sistemas de riego que si bien tienen costos de gran magnitud, son desde todo punto de vista promisorios.

Entre estas zonas destaca por su tamaño, localización, topografía y condiciones climáticas, el Valle del Río Julia. El proyecto de riego programado ya está presentando servicio y en los planes agrícolas tiene prioridad la gran Central Azucarera del Noroeste del país.

Sin embargo, hacía falta un estudio detenido de sus suelos que diera una amplia visión del potencial nutricional que posee, con

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Joaquín Gamboa Jiménez I.A.; N. 30.

- 1 -

FRACCIONAMIENTO DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN ALGUNOS SUELOS DEL VALLE DEL ZULIA, NOROCCIDENTE DE SANTANDER^(*) la caña de azúcar y el arroz.

Por

Generalmente, se elaboran programas de intensificación de cultivos fundamentados en FELIPE E. FUENTES T. ricas de fertilidad, sin tener en cuenta la existencia de otras fracciones que también son importantes.

I. INTRODUCCION

En Colombia existen amplias zonas, cuyo potencial agropecuario ofrece garantías para emprender proyectos que seguramente solucionarán en parte, la gran demanda de alimentos existente. como objetivo principal el estudio analítico del nitrógeno, fósforo y potasio, Conscientes de esta necesidad, entidades oficiales como el INCORA, han elaborado proyectos agropecuarios en base a sistemas de riegos que si bien tienen costos de gran magnitud, son desde todo punto de vista promisorios.

Entre estas zonas descolla por su tamaño, localización, topografía y condición climática, el Valle del Río Zulia. El proyecto de riegos programado ya está prestando servicio y en los planes agrícolas tiene prioridad la gran Central Azucarera del Noroeste del país.

Sin embargo, hacía falta un estudio detenido de sus suelos que diera una amplia visión del potencial nutricional que posee, con

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

miras a establecer las bases que permitieran realizar ensayos biológicos de fertilización, especialmente para cultivos como la caña de azúcar y el arroz.

Generalmente, se esbozan programas de intensificación de cultivos fundamentados en los análisis rutinarios de fertilidad, sin tener en cuenta la existencia de otras fracciones que también son importantes.

2.1.1 Ubicación

En base a lo anterior, y con el ánimo de conocer la realidad edafológica de algunos suelos del Valle del Río Zulia (Norte de Santander), se planeó la presente investigación que tiene como objetivo principal el estudio analítico del nitrógeno, fósforo y potasio, nutrientes que definen una buena parte de la fertilidad de un suelo.

2.1.2 Topografía

En el sector occidental, a partir del Municipio de El Zulia con extensión de 20 kilómetros hasta la bocanaza del río Fúquene. El Valle es angosto y de alivierrelieve acentuado, con pendientes hacia el Río Zulia en ambos lados.

2.1.3 Hidrografía

El río más importante de la región es el Zulia, que corre de Sur a Norte por la parte occidental de la zona del río. Los afluentes principales son los ríos Pamplona y la Urita. Los afluentes corren en la misma dirección, por la parte oriental de la zona, por el lado que el río Pamplona. El sistema hidrográfi-

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción general de la zona

Sobre las generalidades de la zona estudiada tan solo existen dos fuentes bibliográficas (11, 81), de las cuales se ha extraído la siguiente información:

2.1.1 Ubicación

El área estudiada está incluida dentro del proyecto No 1 del INCORA, en el Departamento Norte de Santander, localizada en el Valle del Río Zulia y sus afluentes el Pamplonita y el Guaramito, correspondiendo un 80% al Municipio de Cúcuta y un 20% al de El Zulia.

2.1.2 Topografía

En el sector occidental, a partir del Municipio de El Zulia con extensión de 20 kilómetros hasta la bocanoma del Canal Zumacal, El Valle es angosto y de microrrelieve acentuado, con pendientes hacia el Río Zulia no mayores del 2%.

2.1.3 Hidrografía

El río más importante de la región es el Zulia, que corre de Sur a Norte por la parte occidental de la zona del proyecto. Sus afluentes principales son los ríos Pamplonita y La Grita que también corren en la misma dirección, por la parte oriental de la zona y, por el lado Sur el río Peralonso. El sistema hidrográfi-

co está constituido además, por varias quebradas entre otras las de Agualasal, La Culebra y la Floresta, y varios caños naturales de drenaje como los denominados Colorado y León.

2.1.4 Ecología y Climatología

El clima en el Valle del Zulia varía de Sur a Norte. Se pueden considerar tres zonas con las siguientes características :

Primera zona climática

Promedio

Máximo

Desde el paralelo N° 450.000 hasta el paralelo N° 470.000 con un clima intermedio entre el Estepario Tropical y el tropical húmedo seco.

Segunda zona climática

Desde el paralelo N-470.000 hasta el paralelo N-488.000 aproximadamente, con un clima intermedio entre el tropical húmedo seco y el trópico lluvioso monzónico.

Tercera zona climática

Desde el paralelo N-488.000 hasta el paralelo N-502.000 aproximadamente, con un clima intermedio entre el tropical lluvioso monzónico y el tropical húmedo seco.

Muchos de los datos climatológicos que se presentan, corresponden a períodos cortos de registro y por lo tanto los valores característicos han sido determinados en forma apreciativa.

Debe notarse la tremenda variación climática en el transcurso de unos pocos kilómetros. Además, es curioso el hecho que la parte desértica esté situada hacia el sur, contra la cordillera, en tanto que la humedad se acentúa en la región plana, hacia el norte.

2.1.4.1 Temperatura

La temperatura aumenta ligeramente de Sur a Norte, dentro de las tres zonas anteriormente identificadas, como se muestra a continuación:

	Mínimo	Promedio	Máximo
Zona Sur	23,2°C	26,8°C	30°C
Zona Central	23,1°C	27,2°C	32,2°C
Zona Norte		28,1°C	

2.1.4.2 Humedad relativa

En la zona Sur tiene un promedio de 72% con oscilaciones de 93% de máxima media y 28 de mínima media. Si bien no hay información para la Zona Central se estima en un 74% y para la Zona Norte 76%.

2.1.4.3 Evaporación

El promedio es de 6 mm. mensuales, en la Zona Norte, 5,5 mm. en la Central y 6 mm. en la Zona Sur.

2.1.4.4 Vientos

Estudios recientes señalan que en la Zona Norte, los vientos se presentan con velocidades moderadas, aunque en mayo pueden alcanzar hasta 18 m/seg, teniendo una dirección SE. Por lo general en los otros meses la dirección dominante es NE.

Para las Zonas restantes no hay información,

con todo, a simple vista no se ven vestigios de daños causados por vientos.

2.1.4.5 Precipitación

Se estima en 1.000 mm, en la zona Sur, 1.700 mm en la Central y 3.000 mm anuales para la Zona Norte.

En todo el Valle se nota una variación considerable de lluvia de un año a otro y una marcada irregularidad en la distribución mensual de cada año.

2.1.5 Geología

El Valle del Río Zulia está compuesto por formaciones cuaternarias y terciarias. Su tectónica es sencilla, sin fallas ni otros accidentes adversos. La formación cuaternaria es reciente y corresponde a terrazas y aluviones fluviales. La formación terciaria aflora en algunos sectores en suelos profundos, ligeramente inclinados y a veces cubiertos por arenas.

Los estribos y contrafuertes que circundan el Valle del Zulia son esencialmente arenisca cretácea y cretas terciarias, alternados con arcillas y conglomerados de limonita, ricos en fósiles vegetales y muy susceptibles a la erosión.

La parte central del área cuenta con buenos drenajes naturales. La Zona Norte está compuesta en algunos sectores por tierras de poca pendiente y en otros, por tierras que retienen cantidades excesivas de agua, encima de un subsuelo impermeable y además algunas de ellas sujetas a inundaciones periódicas por los ríos que las atraviesan.

2.1.6 Suelos

Parte de los suelos de la zona están constituidos

por aluviones que forman depósitos cuaternarios y que varían desde los aluviones livianos y sueltos bien drenados, hasta los aluviones pesados, con drenaje imperfecto y periódicamente inundables.

En otro sector de la zona se encuentran terrazas cuaternarias, cuyos suelos son livianos, con capas poco permeables a menos de un metro de profundidad.

2.1.6.1 Nivel freático

Estudios realizados a este respecto de - muestran que existen fluctuaciones de acuerdo a determinadas épocas del año en una misma región, dentro de la zona estudiada. Así, se han encontrado niveles mínimos de 0,52 y máximos de 2,87 metros en una misma región pero en época diferente.

El nivel freático de los sitios estudiados está catalogado entre regular y malo.

2.1.7 Uso Actual de la tierra

La región en donde se desarrolló el presente trabajo parcialmente es explotada con cultivos de arroz (Oryza sativa L.) en diferentes variedades, y con pastos artificiales (11,81).

2.2 Nitrógeno en el suelo

Las fracciones de nitrógeno, presentes en el suelo se pueden agrupar de la siguiente manera (31) :

Nitrógeno Total	Nitrógeno Orgánico	- Proteinico - Nucléico - Amino-azúcares - Otros
	Nitrógeno Inorgánico	- N-NH₄, nativo fijo - N-intercambiable - N-anoniacal - N-nítrico

2.2.1 Nitrógeno total

De acuerdo a Bremner (31), el rango en que se encuentra el N-total en la capa arabe es de 0,06- 0,5%, pudiéndose presentar porcentajes mayores de 2,5 en suelos de turba.

El porcentaje de nitrógeno en los suelos tiende a aumentar con la precipitación y altitud, mientras que presenta una correlación inversa con la temperatura (113). Además, Hardy (57) indica que esta generalización, es válida cuando hay condiciones de aireación adecuada (más de 10% de oxígeno en el aire del suelo y menos de 5% de CO_2) y un apropiado suministro de agua (cantidad de agua por unidad de superficie de suelo igual, o ligeramente en exceso a la evapotranspiración potencial).

El contenido de nitrógeno total de los suelos, decrece gradualmente con la profundidad del perfil (31). Sin embargo, hay excepciones como las que pueden ocurrir en suelos volcánicos, debido a deposiciones de cenizas volcánicas, a sedimentaciones u horizontes sepultados (85).

Bastidas et al (16) encontraron que el contenido de nitrógeno total en suelos del Valle del Sibundoy es alto y fluctúa entre 0,9 y 2,5% en la primera capa y entre 0,23% y 0,90% en la segunda capa. Los mayores contenidos se encontraron en suelos de panzano y los menores en suelos de pradera. En suelos tropicales, el contenido a la alta temperatura que favorece la descarboxilación de la materia orgánica y la volatilización del nitrógeno (23).

En suelos de Nariño y Putumayo se encontró un alto contenido de nitrógeno total debido a la abundancia de materia orgánica (7, 16). El gran contenido de nitrógeno total en suelos tropicales con influencia de cenizas volcánicas, parece deberse a la pre

sencia de alófana, que impide en cierto grado la descomposición de los materiales orgánicos (27). Lo anterior se explica en base a la inhibición de la actividad enzimática de la proteasa, que impide la transformación del nitrógeno protéico, lo cual constituye en promedio, la tercera parte del total y en algunos casos llega a un 50% (29).

2.2.2 Nitrógeno Orgánico

El nitrógeno orgánico está conformado en un 20% a 50% por sustancias de naturaleza protéica (21). Son importantes, dentro de la fracción orgánica, los aminoazúcares (glucosamina y galactosamina) con un 5 - 10 por ciento del nitrógeno total (32).

A pesar de su importancia en el sustrato nitrógenoado, los ácidos nucleicos sólo representan el 1% del nitrógeno total (2). Además, existe otra fracción que se presenta como complejo ligno-amoniacoal y que equivale aproximadamente al uno por ciento del nitrógeno total (111).

Alexander (5) anota que 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 (7).

Angulo et al (7), señalan que de acuerdo a los distintos estudios realizados en suelos de Colombia, el nitrógeno orgánico representa entre el 78 y 95% del nitrógeno total (16, 20, 85, 117).

Los amino azúcares se encuentran en muchas sustancias sintetizadas por los microorganismos (polisacáridos, antibióti

cos, etc.) y se ha demostrado que la descomposición microbial de los residuos de las plantas es acompañada por síntesis de hexosaminas (37). A su vez, Singh y Bhandari citados por Bremner (32) presentan para suelos áridos de la India valores en donde los aminoazúcares equivalen a un 40%.

2.2.3 Nitrógeno Inorgánico

Rodríguez (98) demostró la existencia del N-inorgánico. Los porcentajes en que se encuentra en el suelo, varían de 5-15% del nitrógeno total, aunque en algunos casos puede llegar a un 20% de acuerdo a la metodología analítica empleada.

Las rocas ígneas (granitos, pegmatitas) puede ser fuente de esta fracción, lo mismo que los silicatos primarios (feldspatos y nicas) (3).

Las determinaciones efectuadas por Vlotzka, citado por Gamboa (49), en rocas magmáticas y sedimentarias dieron los siguientes resultados: para las primeras, contenidos de 5-50 g/ton de NH_3 y para las segundas 135 g/ton en las areniscas y 580 g/ton en las arcilláceas.

Nikami y Kanehiro (84) trabajando en suelos de Hawaii, llegaron a la conclusión de que los suelos volcánicos tienen menos nitrógeno inorgánico que los no volcánicos. En efecto, de acuerdo a Blasco (23) los porcentajes de nitrógeno inorgánico son más altos en regiones áridas o semiáridas y más bajos en los suelos volcánicos.

Esta forma nitrogenada por lo general, es retenida en suelos cuyas arcillas son del tipo 2:1, principalmente en la montmorillonita y vermiculita (24, 109). Taimini et al (118), en

suelos de Hawaii con altos porcentajes de materiales inorgánicos amorfos, encontraron que el nitrógeno era retenido por las taranaitas, complejo relativamente insoluble de amonio y sílice, hierro hidratado y fósforo.

En la Tabla II se presenta la concentración de Nitrógeno inorgánico detectada en algunos suelos de Colombia y Centro América. (117) La fracción intercambiable oscila entre el 1

2.2.4 Nitrógeno nativo fijo

El nitrógeno nativo fijo pertenece a la forma inorgánica y se encuentra situado entre las láminas de las arcillas (32).

El tipo de arcilla juega un papel importante en la fijación. Numerosas investigaciones han demostrado que la caolinita tiene una baja retención, pero que la montmorillonita, illita, vermiculita y micas hidratadas, pueden fijar mayores cantidades y las dos últimas aún bajo condiciones de humedad (6, 24, 98, 124).

Otros autores sostienen también que pueden existir una fijación inducida en los suelos (14, 24, 98). En este aspecto, humedecimientos y secamientos repetidos pueden influir notablemente en este tipo de fijación (13, 124).

Como lo indican Aomine (8), Walsh (124), la fijación de $N-NH_4^+$ aumenta con la profundidad del perfil. Asimismo la fijación disminuye al aumentar la concentración de H en los suelos (91).

Los distintos estudios realizados en Colombia (16, 20, 85, 117), indican que el nitrógeno nativo fijo, representa entre el 5 y 22% del nitrógeno total.

2.2.5 Nitrógeno Intercambiable

Se denomina nitrógeno intercambiable, a aquel que se encuentra retenido en las superficies de las arcillas (22). El nitrógeno intercambiable constituye la otra fracción del nitrógeno total, pudiendo aumentar significativamente en las regiones áridas y semiáridas (22). De acuerdo a estudios adelantados en Colombia (16, 20, 41, 85, 117) la fracción intercambiable oscila entre el 1 y el 4 por ciento (Tabla II).

Su determinación se efectúa a partir de extracciones con sales solubles como KCl 1 normal (13), o con el mismo extractante pero acidificado a pH 1 (98). Otros investigadores utilizan Cl_2Ca , al que le señalan mayor eficiencia de extracción (24). Esta determinación extrae más N-NH_4^+ intercambiable que las soluciones de sales de potasio (6, 24). Lo anterior se debe a que el potasio contrae las láminas cristalinas de las arcillas, mientras que el calcio las expande, siendo fácilmente liberado el N-NH_4^+ (6).

Molina y Blasco (85) y Rosero (100), han encontrado que no existe correlación alguna entre el nitrógeno total y la forma intercambiable. Los resultados parecen sugerir que el nitrógeno intercambiable es mayor en aquellos suelos donde el contenido de materia orgánica es menor.

Bastidas et al (16) trabajando en suelos del Valle de Sibundoy, encontraron una correlación altamente significativa entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, en condiciones de pantano. La asociación fue baja en suelos de pradera y cultivo.

En la Tabla II se presentan las concentraciones encontradas para algunos suelos de Colombia.

2.2.6. Nitrógeno amoniacal y nítrico

La fracción $N-NH_3$ proviene de la amonificación de los órganos nitrogenados como resultado de la actividad microbiana sobre la materia orgánica (5, 22).

El $N-NH_3$ permanece en el suelo al ser adsorbido por los sistemas coloidales, mediante procesos físico-químicos (66, 87).

Debido a la acción de los microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) se libera amoniaco a partir de los compuestos orgánicos y éste posteriormente pasa a formas nítricas bajo la acción de organismos especializados (21).

Lees y Quastel, citado por Blasco (21) demostraron que la nitrificación es totalmente realizada por los microorganismos y se lleva a efecto en las superficies de las partículas del suelo y humus en donde aparece adsorbido el amonio.

Con relación a los nitratos, las temperaturas bajas influyen disminuyendo su producción debido al pequeño número de microorganismos nitrificadores que se adaptan a esta condición (22, 37).

En cambio, el pH, otro factor que incide en la nitrificación, requiere una reacción próxima a la neutralidad, 5, 7 y 6, 3 siendo el punto óptimo de nitrificación de 6,5 (5, 24).

Weber y Gainey (125) sostienen que aunque la acumulación de nitratos baja considerablemente a pH menores de 6, 0, la nitrificación continúa incluso a pH 4, 0, o inferiores (21, 24, 58). Lo anterior quizás se deba a que en suelos fuertemente ácidos las bacterias obtienen su suplemento esencial de calcio y otras ba

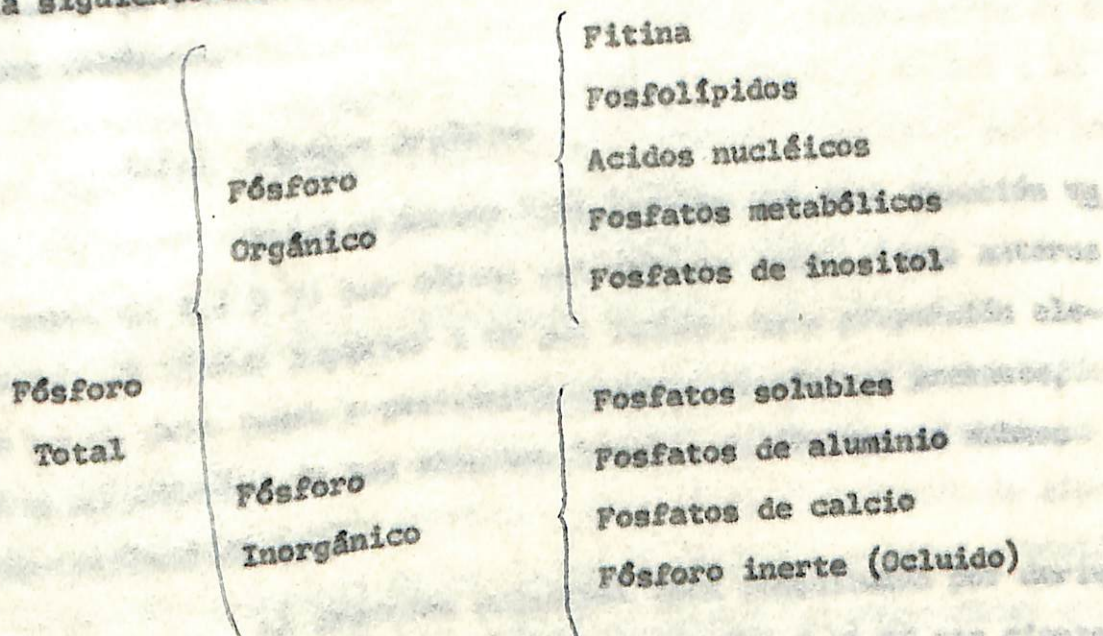
ses de la descomposición de sus tejidos (21). Por lo general en los suelos hay poco incremento en la nitrificación, cuando el pH sube más de 6,5 (21, 26).

La adición de cal tiene un efecto estimulante en la nitrificación, cuando se trata de suelos ácidos (21, 58), mientras que la nitrificación puede ser reducida cuando se adiciona suficiente azufre o compuestos de azufre para reducir el pH (87).

En la Tabla II se presentan fracciones de nitrógeno determinadas en algunos suelos de Colombia.

2.3 Fósforo en el suelo

Las fracciones de fósforo en el suelo se pueden agrupar de la siguiente forma (44) :



2.3.1 Fósforo total

Jackson (66) señala que el contenido total de fósforo en la mayoría de los suelos minerales varía entre 0,20 y 0,05%; teniendo los suelos del Trópico un promedio de 0,05%. La

presencia de este elemento en el suelo, está regulada por diversos factores, como el material parental, grado de desarrollo del suelo, textura y la profundidad (44).

Blasco y Bohorquez (25) encontraron en suelos del Valle del Cauca, que la cantidad de las distintas formas del fósforo expresadas como porcentaje del fósforo total del suelo disminuyen en el orden: P-inerte, P-orgánico, P-unido al hierro, P-unido al aluminio, P-unido al calcio no apatítico, P-unido al calcio apatítico y fácilmente reemplazable. Los subsuelos siguen la misma secuencia anterior, excepto que la fracción P-unido al calcio no apatítico es mayor que el P-unido al aluminio.

Según McConaghy, et al (79), el fósforo es más abundante en suelos originados de basalto que de granito o sesquioxidos micáceos.

2.3.2 Fósforo Orgánico

Black y Goring (18) indican que esta fracción varía entre el 2,6 y 75 por ciento del fósforo total. Otros autores aumentan el límite superior a 80 por ciento. Esta proporción elevada no se debe tanto a cantidades grandes de fósforo presente, sino a la pequeñez de las reservas totales de fósforo en muchos suelos tropicales (93).

La fracción principal está constituida por derivados de la fitina. Barrow (15) encontró que del 3 al 52 por ciento del fósforo orgánico pertenecía a este compuesto.

Según Angulo et al (7), la materia orgánica, a través de sus compuestos esterificados, como ácidos nucleicos, inositol, fosfatos y fosfolípidos, proporciona una de las fracciones

fosfatadas más importantes de los suelos. León (76) anota que el contenido de fósforo orgánico en suelos minerales, casi siempre es más alto en la superficie que en el subsuelo, debido a la acumulación de materia orgánica en la porción superior del perfil del suelo.

El fósforo orgánico del suelo, se encuentra en relación directa con su contenido de materia orgánica (36), encontrándose cantidades altas en zonas de alta precipitación y temperatura anual baja (7). A este respecto Barrow (15) admite, que no todo el fósforo orgánico está unido firmemente al resto de la materia orgánica, como lo confirma la extracción relativamente fácil de parte de éste y su disponibilidad biológica parcial.

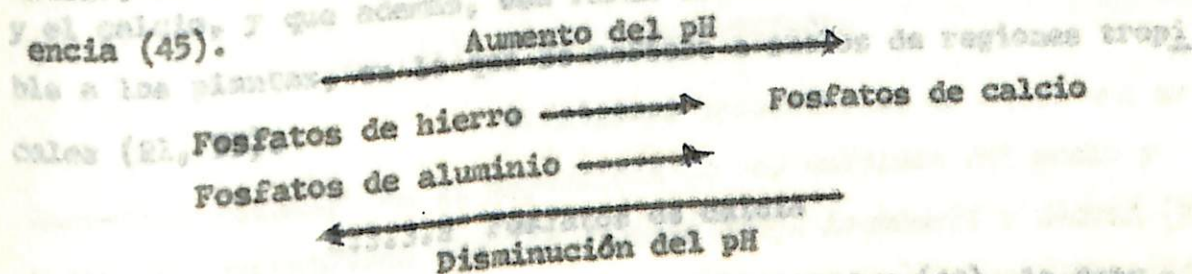
En lo que respecta a esta fracción (1, 26, 44 122), existe unanimidad de criterio entre los investigadores de suelos de regiones tropicales de que la forma orgánica, debido a la mayor facilidad que ofrece para pasar a formas asequibles para las plantas, pueda ser la reserva principal del fósforo.

2.3.3 Fósforo Inorgánico

Las formas aluminicas, férricas y cálcicas están representando esta forma inorgánica de fósforo, presentándose en algunos casos formas de magnesio y manganeso. El promedio de algunas de estas formas depende de los factores físicos, químicos y biológicos reinantes en el medio en que se desarrolla en determinado suelo (44, 45).

El contenido de fósforo inorgánico en los suelos es generalmente mayor que el orgánico. Una excepción es el fósforo contenido en suelos predominantemente orgánicos, como es el caso de muchos suelos de Colombia (77).

Uno de los factores que incide notablemente en la presencia y en el predominio de determinado fosfato es el pH del suelo. El siguiente esquema da una idea más precisa de esta influencia (45).



2.3.3.1 Fosfatos de aluminio y hierro

Los fosfatos de aluminio y hierro predominan principalmente en suelos de regiones tropicales, debido a la intensa meteorización que se presenta en estos suelos (39).

Por lo general, el fósforo es fijado más rápidamente por el aluminio que por el hierro (108). Pantoja (94) señala que en los suelos de clima subtropical de Nariño los fosfatos de hierro y aluminio duplican la concentración de los fosfatos cálcicos. En suelos ligeramente más fríos como los del Valle del Si bundoy se encontraron porcentajes mayores para los fosfatos de hierro y aluminio con respecto a los fosfatos cálcicos (16) (Tabla III).

De acuerdo a Hemwall (60), la fracción inorgánica se presenta como ortofosfato, combinándose en su mayoría parte para formar: oxi-fluoro, hidroxifosfatos de hierro y aluminio. Los principales compuestos de hierro y aluminio de tipo cristalino son: la variscita ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), la strengita ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y la vi vianita ($\text{FePO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), fosfato ferroso que se encuentra con frecuencia en suelos de mal drenaje (101). La distribución de los fosfatos de aluminio y de hierro en el perfil está regulada por el pH, drenaje, intensidad de intemperismo, edad y manejo del suelo (128).

Entre los investigadores, existe un acuerdo casi generalizado en que el aluminio fija más rápidamente el fósforo, comparado con las retenciones que presenta el hierro y el calcio, y que además, esa forma coloidal es fácilmente asequible a las plantas, en lo que se refiere a suelos de regiones tropicales (21, 55).

2.3.3.2 Fosfatos de calcio

De acuerdo a Fassbender (42), la fracción del fósforo unida al calcio (mono-di y tricálcica) se presenta en bajos porcentajes en suelos del trópico. Su distribución depende del grado de meteorización y desarrollo de los suelos, pudiéndose presentar la siguiente secuencia:

Suelos jóvenes Suelos medianamente desarrollados Suelos maduros.

Katznelson, et al (72) han demostrado que, ante una eventual deficiencia de calcio, ocurrencia frecuente en los suelos tropicales, el fosfato de calcio es susceptible de ser tomado por los microorganismos para su actividad y crecimiento celular.

En América Central, Fassbender y colaboradores (45), en un amplio estudio sobre 110 muestras de suelo, encontraron que en 80 de ellas predominaba el fosfato de calcio y en las 30 restantes los fosfatos de aluminio y de hierro.

Los fosfatos de calcio que se conocen son: monocálcico ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); dicálcico hidratado ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$); apatita octofosfato cálcico ($(\text{CaHPO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); y la apatita fluorada ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) (77) hidroxidada ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$).

Kaila (71) encontró que el fósforo unido

al calcio es menor en la superficie del suelo, asumiéndose que la mayor actividad microbial en la superficie del suelo sea la responsable de la escasa presencia en este.

2.3.3.3 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 (44). Arambarri y Madrid (9) afirman que el fósforo fácilmente aprovechable se encuentra ligado a la fracción arcillosa de los suelos. En efecto, existe una disminución mayor de esta forma aprovechable, en suelos arcillosos acidos que en los de textura franca o arenosa (90).

El fósforo es absorbido por las plantas en su mayoría como iones ortofosfatos primario y secundario (H_2PO_4^- y HPO_4^{2-}), los cuales están presentes en la solución del suelo (99).

La clase de ión fosfato que se encuentra en el suelo, varía con el pH de la solución. Cuando el suelo es alcalino, la forma más común es la HPO_4^{2-} . Cuando baja el pH, el suelo queda débilmente ácido y predominan tanto el ión HPO_4^{2-} como el H_2PO_4^- (76).

Se conocen varias técnicas de extracción, predominando las de carácter ácido, debido a que los ácidos diluidos disuelven fácilmente los fosfatos existentes en la parte superficial de los coloides (40).

La concentración de fósforo aprovechable es muy variable, aunque los investigadores coinciden en que esta fracción muestra una tendencia baja, especialmente en suelos de regiones tropicales (25, 44, 126).

la siguiente 2.3.3.4 Fósforo Inerte

El fósforo inerte se define como aquel que se encuentra en el interior de los minerales del suelo, ya sea como especies mineralógicas muy estables o como formas claramente definidas, pero de alta estabilidad, siendo una fracción que no participa en la dinámica del fósforo (25).

Chang y Jackson (38) lo presentan bajo dos formas : fosfatos solubles en reductantes y fosfatos ocluidos, que son extraídos a partir de agentes reductores como el hidrógeno nascente y agentes complejantes como citratos, tartratos y oxalatos.

Según Fassbender (42), en los suelos maduros las formas ocluidas de aluminio y de hierro pueden tener predominancia sobre las otras fracciones. En trabajos efectuados en Costa Rica, el mismo autor encontró que tenían más importancia los fosfatos solubles en reductante que los ocluidos (43).

En Naríño, Angulo, et al (7) determinaron que en la fracción inerte es probable que abunden más los fosfatos combinados con el hierro y el aluminio, con una disminución del primer al tercer horizonte.

El fósforo inerte presenta sus más altos porcentajes en suelos poco meteorizados, mientras que suelos de drástica meteorización, como ocurre en zonas tropicales, sus porcentajes disminuyen (21, 106).

Contenidos promedios de fósforo inerte en varios suelos de Colombia, se presentan en la Tabla III.

2.4 Potasio en el suelo

Las fracciones de potasio en el suelo, pueden agruparse en

la siguiente forma (127) :

Potasio	Potasio soluble
Total	Potasio intercambiable
	Potasio no intercambiable
	Potasio no intercambiable total
	Fracción más soluble del potasio
	no intercambiable total
	Potasio estructural

2.4.1 Potasio total

El potasio total en los suelos tiene como fuentes principales a las micas (moscovita, biotita) y a los feldespatos ortoclásicos (10). Russell y Russell (101) anota que el contenido de potasio total en el suelo depende también del tipo de arcilla resultante en el proceso de meteorización.

Algunas arcillas presentan en su estructura iones, potasio, tal es el caso de la illita, que contiene entre 4 y 5% de potasio (127).

El potasio total depende en su mayor parte de la cantidad de potasio estructural presente, que a su vez está en función de la mineralogía, el grado de meteorización lixiviación del suelo (114).

La cantidad es, en cierta forma, dependiente del contenido en la roca madre, de la cual se origina el suelo. En efecto, Russell y Russell (101) anota que los suelos provenientes de rocas ácidas tal como el granito, tienen una mayor capacidad de suministro de potasio que los suelos derivados de rocas ígneas básicas como el gabro.

Sin embargo, lo anterior no siempre ocurre en los Trópicos y como lo anota Lawton (75), muchos de los suelos lateríticos de las zonas húmedas tropicales, ricos en arcilla y muy pobres en potasio, se formaron sobre rocas de contenido relativamente alto en minerales potásicos (ortoclasa y micas).

En suelos del Trópico debido a los factores ya mencionados, el contenido de potasio total es muy variable, encontrándose porcentajes como 0,11 por ciento en suelos lateríticos y 1,9 por ciento en los andosólicos (88).

Por lo general, los suelos contienen entre 1 y 2% de potasio total, del cual un alto porcentaje se presenta en forma no intercambiable (12).

Durán (41) en suelos de la Guajira detectó altas cantidades de potasio total (32.000 ppm.). Las posibles causas de tan grande acumulación de potasio serían la influencia marina en la formación de esos suelos, los sedimentos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta (granítica) y la abundancia de rocas sedimentarias en la Serranía de Perijá, además del clima árido propio de esa sección del país.

Trabajando en suelos de Valledupar, Tafur y Blasco (116) consideran que la fracción arenosa, tiene mayor influencia en las arcillas en la acumulación de potasio, debido a la abundancia de feldespatos potásicos, leucita y biotita.

Contenidos promedios de potasio total de algunos suelos se presentan en la Tabla IV.

2.4.2 Potasio soluble en agua

La fracción de potasio soluble en agua se puede definir como aquella que se disuelve en el agua, bajo condiciones nor-

males de capacidad de campo (10). Al igual que el potasio intercambiable es la forma más asequible a las plantas (61).

Se estima que constituye el 10 por ciento del potasio fácilmente disponible para las plantas. Su cantidad está regulada por algunos factores como el tipo de mineral, arcilla presente, intensidad de meteorización, lixiviación, cantidad de potasio intercambiabile, humedad del suelo, clase y concentración de iones presentes (127).

Vageler (121) suministra datos de suelos tropicales en regiones costeras que muestran a esta forma de potasio constituyendo del 0,5 al 1% del potasio intercambiable. En los mismos datos igualmente, se encuentra que en algunos suelos áridos, del 10 al 20% y en algunos casos, hasta el 50 por ciento del potasio intercambiabile estaba constituido por el potasio en solución.

2.4.3 Potasio intercambiable

El potasio intercambiable es el que se encuentra sostenido electrostáticamente por el exceso de cargas negativas sobre la superficie de la fracción de arcilla o materia orgánica y puede ser intercambiado por otros cationes, sin alterarse la naturaleza del complejo de cambio (51).

Se estima que representa el 90 por ciento del potasio fácilmente disponible o aprovechable la planta, y siendo generalmente mayor que el 1% de la cantidad de potasio total en los suelos minerales (33, 127). Se considera que el paso del potasio intercambiable a la solución del suelo es tan rápido, que puede considerarse en equilibrio constante (73).

El contenido de potasio aprovechable en los suelos, se origina en la desintegración y descomposición de rocas que contie

nen minerales potásicos. Los minerales que generalmente se consideran como fuente de potasio son : los feldespatos (KAlSi_3O_8), la moscovita ($\text{H}_2\text{KAl}_3(\text{SiO}_4)_3$) y la biotita ($(\text{H,K})_2(\text{Mg, Fe})_2\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) (80).

Generalmente, se toma a esta fracción como patrón para conocer el estado del potasio en el suelo, en razón a la alta correlación que ha demostrado con el potasio extraído por la planta (51).

Blanchet y Perigaud (19) anotan que la solución de acetato de amonio, extrae más potasio en los suelos arenosos que en los arcillosos.

Jones y colaboradores (70) trabajando en suelos de Panamá, encontraron que el potasio intercambiable de suelos negros andosólicos fué de 0,80 a 0,087 me/100 gramos de suelo; en los suelos aluviales fué de 0,24 a 0,42 me/100 gramos de suelo y en los latosólicos y de sabana, fué de 0,40 a 0,17 me/100 de suelo.

En los suelos aluviales del trópico, Rojas (99) encontró valores que variaron de 0,27 a 1,5 me/100 g. de suelo. Schaufelberger (104) señala para suelos volcánicos de Colombia, rangos de 103 hasta 862 kgs. de potasio/ha. Ramirez (97) encontró valores tan bajos como 0,02 me/100 g. en suelos del Valle del Cauca.

Los valores de potasio intercambiable en los suelos del Trópico varían de un mismo grupo, en grupos diferentes y con la profundidad del suelo (114).

En Colombia, en un estudio sobre algunos suelos residuales y aluviales, se encontró que los niveles de potasio intercambiable fueron más altos en los suelos que en los subsuelos (107).

Esta misma relación fué encontrada en algunos suelos aluviales de Colombia (86).

El mismo autor (86) relaciona el nivel del potasio intercambiable en suelos no fertilizados con la textura y anota que en suelos arenosos, el nivel es generalmente inferior a 10 mg de potasio/100 g de suelo, en tanto que en los arcillosos puede alcanzar 50 mg/100 g de suelo, dependiendo esto, en gran parte de la mineralogía.

Wiklander (127), al referirse a los contenidos de potasio intercambiable en suelos arenosos, anota que estos muestran valores menores que los suelos pasados, debido a una meteorización menor.

Grisales (53), en un estudio en Colombia sobre dos series de suelos de origen volcánico, encontró que los derivados de rocas básicas y con mayor contenido de arcilla, presentaron valores de potasio intercambiables más altos que aquellos derivados de rocas ácidas.

Los valores de potasio intercambiable en el suelo varían de acuerdo al contenido de humedad; así Hanway y Scott (56), encontraron que el secamiento al aire libre de muestras de suelos y subsuelos, causó un aumento del potasio intercambiable en éstas, siendo este aumento mayor en las muestras del subsuelo.

La relación entre la humedad del suelo y el nivel del potasio intercambiable, tanto en el suelo como en el subsuelo, sugiere que en los suelos tropicales estos valores dependerán hasta cierto punto, de las condiciones de sequía como de la cantidad de lluvia durante el año (114).

De acuerdo con el ICA (62) se puede dar como nivel crítico de ésta forma a 0,3 m.e/100 gramos de suelo o sea 130 ppm o 260 kilogramos por hectárea.

Suarez de Castro (112), en un estudio hecho en suelos de Colombia, encontró que la quema, práctica agrícola muy común en América Latina, produjo aumentos en los valores de potasio intercambiable en la capa arable del suelo hasta de una magnitud de 312 Kg/ha de potasio.

2.4.4 Potasio no intercambiable total

Al potasio no intercambiable total se le denomina también como potasio fijo y es aquel que se encuentra retenido en el espacio interlamilar de las arcillas, no entrando en el complejo de cambio de los suelos.

Tiene gran importancia, ya que de acuerdo al equilibrio dinámico que existe en el suelo puede pasar a potasio intercambiable (12).

El fenómeno de retención se presenta debido a que el potasio tiene un radio iónico grande (1, 33 Å) y una baja capacidad de hidratación. Al expandirse la arcilla por efecto de la humedad, permite la entrada del potasio, pero al secarse se contrae, quedando atrapado dentro del espacio interlamilar (70).

Martini (82), subdivide esta fracción en : potasio no intercambiable fácilmente disponible a las plantas a corto plazo y potasio no intercambiable disponible a las plantas a largo plazo.

Maclean (78), a su vez, recomienda cuatro extracciones con HNO_3 1N y dice que la suma de las dos primeras extracciones, menos la suma de las dos últimas, representa la fracción más soluble

del potasio no intercambiable. Sobre este particular Haylock (59), opina que después de las cuatro extracciones sucesivas, se obtiene un valor constante al que denominó potasio de tasa constante.

Trabajos realizados por Martini (82) en suelos tropicales de Panamá ofrecen para suelos aluviales, valores de 600 a 1.050 Kg. de potasio/ha, para suelos volcánicos de 330 y 500 Kg. de potasio/ha, y para los suelos lateríticos de 50 y 270 kilogramos por hectárea.

Tinkell y López (120), en suelos de Venezuela de - terminaron que la fracción no intercambiable era mayor en suelos aluviales que en los lateríticos (latosoles). Cantidades bajas, tanto para suelos aluviales como para residuales, son atribuidas (74) a un estado avanzado de meteorización. Ordoñez y Blasco (92), en suelos derivados de cenizas volcánicas de Colombia, encontraron que el potasio no intercambiable total varió entre 8 y 12 por ciento del potasio total.

2.4.5 Potasio estructural

El potasio estructural se define como la forma compleja constituyente de la estructura o de las redes cristalinas de ciertos minerales (21). Esta forma es inasequible a las plantas y para poder pasar a formas aprovechables es necesario que se presente una ruptura de las redes cristalinas que permita liberar al potasio (21).

Piedrahita y Benavides (96) trabajando con suelos aluviales de Colombia, observaron en aquellos con valores de potasio intercambiables muy bajos, una capacidad de liberación de potasio no intercambiable muy alta.

Marín, McClung y Luenga (81) en un estudio sobre potasio en suelos de Colombia, anotan que no sólo es preciso el nivel crítico de potasio intercambiable en el suelo, sino también la capacidad de reposición de potasio intercambiable por el potasio no intercambiable.

Sutton y Seay (115) observaron que el secamiento al aire de muestras de suelo, promovió una liberación del potasio a formas intercambiables.

Además de la pérdida de humedad, Burns y Barber (34) observaron también que el aumento de la temperatura en muestras de suelo, favoreció una liberación de la fracción no intercambiable.

La desorción del potasio no intercambiable es en parte dependiente del grado de meteorización del mineral potásico del suelo. A este respecto Martini (82) anota que posiblemente el potasio extraído con ácido nítrico y denominado potasio escalonado (potasio no intercambiable total), sea una indicación del grado de meteorización del mineral potásico presente en el suelo.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Materiales

3.1.1 Muestreo

Para el desarrollo del presente trabajo se tomaron muestras del primer horizonte en las Series de Suelos: Campoalegre, El Plomo y Zumacal, localizadas en el Valle del Río Zulia (Norte de Santander) (63), y cuyas características se presentaron en el apéndice.

Los sitios escogidos fueron: Gorgona (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9); Los Reyes (1, 2, 3, 4); Zumacal (1, 2, 3).

Las muestras fueron tomadas con barreno holandés, sacando seis (6) submuestras por sitio para conformar una muestra representativa.

Colocadas en bolsas de polietileno se secaron al aire, se molieron y se pasaron a través de un tamiz de 2 mm.

3.2 Métodos Analíticos

Los análisis físico-químicos se efectuaron por duplicado en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Naríño.

3.2.1 Determinación de las características físico-químicas.

3.2.1.1 Humedad

Se determinó el porcentaje de agua absorbida o retenida por el suelo, expresando en base seca, llevando la muestra a la estufa a 105°C durante 24 horas (63).

SITIOS DE TOMA DE MUESTRAS

Gorgona	1	Los Reyes	10
"	2	"	11
"	3	"	12
"	4	Zumacal	
"	5		
"	6		
"	7		
"	8		
"	9		



Esc. aprox. - 1=250.000
 Tomado del Mapa de Suelos
 Dist. de Riegos del Zulia.
 Tomado de INCORA (63)

Fig.-2- Localización de los sitios de muestreo

3.2.1.2 Textura Intercambiables

Se calculó por el método del hidrómetro de Bouyoucos (28) basado en la velocidad de caída de las partículas en un medio acuoso y por lo tanto en la densidad de la suspensión. Utilizando la velocidad por Jackson (67).

3.2.1.3 Reacción del suelo

El PH se determinó mediante un potenciómetro tipo Beckman H-2 en una mezcla suelo: agua en relación 1:1 (67).

3.2.1.4 Color del suelo

Utilizando la tabla de Colores Munsell (89) se identificó el color de los suelos en húmedo y en seco.

3.2.1.5 Carbono Orgánico

Se procedió según el método de Walkley y Black (123).

3.2.1.6 Materia Orgánica

Se calculó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724 (67).

3.2.1.7 Relación Carbono-Nitrógeno

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

3.2.1.8 Capacidad Catiónica de Cambio

Se obtuvo de acuerdo al método del acetato de amonio normal y neutro, de Schollemberger y Simon descrito por Jackson (67).

3.2.1.9 Cationes intercambiables

El extracto anteriormente obtenido, sirvió para la determinación de los cationes calcio, magnesio, sodio y potasio, mediante el espectrofotómetro de llama Coleman modelo 21, siguiendo lo indicado por Jackson (67).

3.2.2 Fraccionamiento de Nitrógeno

3.2.2.1 Nitrógeno Total

Utilizando 5 gr. de suelo, se siguió el método de Kjeldahl modificado, por oxidación del material nitrogenado, seguido de digestión con ácido sulfúrico concentrado, destilación con hidróxido de sodio al 40% y posterior titulación con ácido sulfúrico 0,1N (30).

3.2.2.2 Nitrógeno Inorgánico

Se determinó mediante el método de Bremner (30), agitando 5 g de suelo con 100 ml de una mezcla extractora de HCL:HF 1N. Finalmente se tituló con ácido sulfúrico 0,01N.

3.2.2.3 Nitrógeno orgánico

Se calculó por diferencia entre el nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico (20).

3.2.2.4 Nitrógeno intercambiable

Se utilizó la metodología de Blasco y Cornfield (24): se pesaron 5 g de suelo, se trataron con 100 ml de cloruro de calcio normal, se conservó la mezcla en continua agitación durante 24 horas y se filtró para recibir el extracto en un vaso de precipitación. La destilación fue similar a la del nitrógeno inorgánico.

3.2.2.5 **Nitrógeno Nativo Fijo** Se centrifugó y se tomó una alícuota de 2 ml. Al final se hizo la lectura colorimétrica aplicando la técnica del cloruro de amonio clorocámbico genio intercambiable y el nitrógeno inorgánico (24).

3.2.2.6 **Nitrógeno amoniacal**

Se pesaron 10 g de suelo y se agitaron con 25 ml de ácido acético 0.2N. Se pesaron 10 g de suelo y se agitaron con 25 ml de cloruro de sodio normal durante 15 minutos y se filtró. Se tomó una alícuota de 10 ml y se llevó al microkjeldahl adicionando 2 ml de MgO al 12% y 10 ml de $NaOH$ al 40%. El destilado se recibió en 5 ml de ácido bórico al 2% y se tituló con ácido sulfúrico 0.01N (32).

3.2.2.7 **Nitrógeno Nitrico**

Se determinó mediante la misma técnica del Microkjeldahl, utilizada en la obtención del nitrógeno amoniacal, con la diferencia de que se adicionó 2 ml de sulfato titánico $(TiSO_4)$ al 15% (32).

3.2.3 **Fraccionamiento de Fósforo**

Se utilizó la técnica propuesta por Chang y Jackson con las modificaciones de Ghani descritas por Sen Gupta y Cornfield (106).

3.2.3.1 **Fósforo Total**

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

3.2.3.2 **Fósforo fácilmente reemplazable**

Medio gramo de suelo se agitó durante 30

minutos con 25 ml de cloruro de amonio normal, se centrifugó y se tomó una alícuota de 2 ml. Al final se hizo la lectura colorimétrica empleando la técnica del cloruro stannoso-cloromolibdica

3.2.3.3 Fósforo unido al calcio no apatítico

Se determinó agitando por una hora el suelo residual con 25 ml de ácido acético 0,5N.

3.2.3.4 Fósforo unido al aluminio

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

3.2.3.5 Fósforo unido al hierro

El suelo residual de la extracción anterior, se lavó con 25 ml de solución saturada de cloruro de sodio, se centrifugó desechando la solución de lavado. Se adicionaron 25 ml de NaOH 0,1N, se agitó durante 17 horas, se centrifugó y el líquido sobrenadante se trasvasó a un tubo de ensayo en el cual flocula la materia orgánica presente. Se centrifugó nuevamente y se filtró.

3.2.3.6 Fósforo unido al calcio apatítico

El suelo de la extracción anterior, se agitó con 25 ml de ácido sulfúrico 0,5N durante una hora, y se centrifugó para tomar una alícuota de 2 ml.

3.2.3.7 Fósforo orgánico

Se desarrolló el método de ignición de

Saunders y Williams (103) tratando el suelo residual con ácido sulfúrico 0,2 normal.

A. Total. Utilizando el mismo suelo de la determinación del anterior (3.2.3.1), se realizaron cuatro extracciones sucesivas con HNO_3 1N; de acuerdo a McLean (78) la suma

3.2.3.8 Fósforo Inerte
Se calculó por diferencia entre el fósforo total y la suma de las fracciones inorgánicas y orgánicas (21)

3.2.3.9 Fósforo Aprovechable del potasio no intercambiable total.
Se determinó utilizando el método de

Bray I, descrito por Saiz y Bornemisza (102) por extracciones sucesivas con la suma de las últimas, representa la fracción más soluble del potasio.

3.2.4 Fraccionamiento de Potasio

3.2.4.1 Potasio Total

3.2.4.2 Potasio estructural

Se procedió de acuerdo al método de Jackson y Sherman (68), tratando el suelo con H_2SO_4 18N, HClO_4 concentrado, HF al 40% y HCl 6N, usando cápsulas de platino.

Extracciones obtenidas con HNO_3 0,1N y HNO_3 1N respectivamente (116).

3.2.4.2 Potasio soluble en agua

Se siguió el método descrito por McLean (78) con una relación suelo agua 1:4.

3.2.4.3 Potasio intercambiable

La extracción se efectuó de acuerdo a la técnica de Haylock (59), con las modificaciones sugeridas por Maclean (78) usando como extractor HNO_3 0,1N.

3.2.4.4 Potasio intercambiable

Se hizo la extracción con acetato de amonio normal y neutro, de acuerdo a la técnica de Schollenberger y Simón (105).

3.2.4.5 Potasio no intercambiable

A. Total. Utilizando el mismo suelo de la determinación del anterior (HNO_3 0,1N), se realizaron cuatro extracciones sucesivas con HNO_3 1N; de acuerdo a McLean (78) la suma de las cuatro extracciones equivale al potasio no intercambiable total.

B. Fracción más soluble del potasio no intercambiable total.

La suma de las primeras extracciones menos la suma de las últimas, representa la fracción más soluble del potasio no intercambiable (78).

3.2.4.6 Potasio estructural

Se obtuvo por diferencia entre el potasio total y la suma de las fracciones intercambiables y no intercambiables obtenidas con HNO_3 0,1N y HNO_3 1N respectivamente (116).

El color predominante en seco, en los tres suelos es el pardo pálido. En húmedo, el color dominante es un pardo amarillento (Tabla V).

Los porcentajes de arcilla (Tabla I Apéndice) en los suelos Gorgona son altos, siendo mayores en Los Rayos y Buzacal.

Es de señalar que, para los primeros, se presentan limitaciones especialmente con el uso de equipo agrícola pesado.

Estas condiciones, puede causar algunos problemas de drenaje, que constantemente limitan el buen trabajo de las microorganismos. Por otra parte, no se debe descartar algunos

cambios de estructura. IV. RESULTADOS Y DISCUSION de uso equipo agrícola-
la pesado.

4.1 Generalidades

Las 16 muestras del suelo corresponden a 3 series de suelo equivalentes a las: Series, Zumacal, Serie El Plomo y Serie Campoalegre, presentadas por Astráraga (11), en estudios preliminares sobre esta zona.

En el presente trabajo, y de acuerdo a su textura se clasificaron en la siguiente forma: el tipo de suelo Zumacal (Serie Zumacal); tipo de suelo Gorgona (Serie Campoalegre) y tipo de suelo Los Reyes (Serie El Plomo), que pertenecen principalmente a la zona Norte del Proyecto No 1 del INCORA en Norte de Santander (63) mismo que Los Reyes 1. Las demás muestras pueden considerarse como moderadamente fértiles.

En el apéndice se describen las series estudiadas.

4.1.1 Características físicas
Vies: Campoalegre, El Plomo y Zumacal equivalentes a los tipos de

Las tres regiones estudiadas presentan un relieve plano, como pendiente entre 0 y 1%. El horizonte superficial se presenta arcilloso en los suelos Gorgona y franco arcilloso en el Los Reyes y Zumacal.

El color predominante en seco, en los tres suelos es el pardo pálido. En húmedo, el color dominante es un pardo amarillento (Tabla V).

Los porcentajes de arcilla (Tabla I Apéndice) en los suelos Gorgona son altos, siendo medianos en Los Reyes y Zumacal. Es de esperar que, para los primeros, se presenten limitaciones especialmente con el uso de equipo agrícola pesado.

Estas condiciones, puede acarrear algunos problemas de drenaje, que consecuentemente limitarán el buen trabajo de los microorganismos. Por otra parte, no se debe descartar algunos

cambios de estructura, especialmente cuando se use equipo agrícola pesado.

4.1.2 Características químicas

4.1.2.1 Reacción del suelo

El tipo de suelo Zumacal, presenta en promedio un pH mayor (5,90). Le siguen el tipo Gorgona (5,62) y los Reyes (5,61) que se clasifican como moderadamente ácidos (5,62) (47).

De los tres tipos y dado el número de muestras, el Gorgona 1, 6, 8 y 9 ofrecen una reacción ácida, lo mismo que Los Reyes 1. Las demás muestras pueden considerarse como moderadamente ácidas. De lo anterior, se deduce que puede existir respuesta al encalamiento en suelos correspondientes a las series: Campoalegre, El Plomo y Zumacal equivalentes a los tipos de suelo anteriormente descritos (11).

En términos generales, estos suelos los presentan condiciones de pH que pueden ofrecer garantías, para cultivos como caña de azúcar y arroz. En otras palabras, en la actualidad esta característica química, no ofrece mayores limitaciones, puesto que el arroz y la caña de azúcar requieren suelos con reacciones ligeramente ácidas (47).

Sin embargo, teniendo en cuenta que estos suelos están involucrados dentro del amplio programa de riegos del Valle del Zulia, puede existir la posibilidad de que un descuido en su manejo, especialmente en lo referente al riego (calidad del agua), traiga consigo problemas con valores de pH que superen la neutralidad, con las limitaciones de orden agronómico que esto conlleva.

Naturalmente, las entidades que están en cargadas del programa de riegos y de la asistencia técnica, deben tener en sus planes un control estricto de la calidad del agua, especialmente en lo referente al sodio. Es posible, que las aguas del Río Zulia aumenten en un momento dado la concentración de este elemento, con los resultados negativos que esto implica tanto en las propiedades químicas como físicas del suelo.

Es lógico, que para programar y establecer un proyecto de irrigación como el de El Zulia, las entidades responsables de su programación y ejecución estudiaron e investigaron todo lo concerniente a la calidad del agua que se está ofreciendo. No obstante, sin ánimo de crítica y únicamente con miras a evitar males mayores, se ofrece este concepto porque se cree que en todo sistema de riego, máxime en una región tan promisoriosa como el Valle de El Zulia, se debe tener cuidado en este importante aspecto.

Esta última recomendación (hablando de calvas salinas y ensalitramientos), queda corroborada en base a los estudios efectuados por el INCORA en el proyecto Norte de Santander No 1 (63) y referente al acápite Fuentes de Riego. En efecto, dicho trabajo expone, que las aguas analizadas no se clasifican como salinas en las zonas del posible aprovechamiento de riego.

No obstante, los análisis de laboratorio practicados sobre estas aguas, están basados en términos porcentuales y en muestras cuyo número es relativamente pequeño. Sería muy conveniente que se efectuaran análisis teniendo en cuenta la conductividad eléctrica, especialmente en lo referente al sodio; medida que es la más indicada para estos casos.

Sobre este particular, Astrálagas (11), informa que un descuido en los drenajes y teniendo en cuenta la poca o ninguna experiencia que tiene el agricultor en el uso de a gua de riego, se pueden presentar en pocos años ensalitramientos y calvas salinas.

De acuerdo a la Tabla VI se observa que en promedio, el PH de los suelos del Valle del Zulia (5,67) supera a los de la llanura del Pacífico, Zona del Putumayo, Valle del Patía, Zona de Jamundí; es inferior a la reacción que ofrece el Valle del Cesar, Río Atacuari (Amazonas) y Valles del Alto y bajo Magdalena (4, 7, 16, 23, 36, 62, 77, 117).

En relación a los suelos aluviales del Río Táchira y del Río Pamplonita, situados en el mismo Departamento, se observa que el segundo presenta un pH menor (4,8) siendo el del primero bastante alto con 7,9 (alcalino) (64, 65).

Estas diferencias en el PH pueden estar relacionadas con los materiales arrastrados y depositados, que a través de la meteorización han dado origen a estos suelos.

4.1.2.2 Carbono y materia orgánica

El porcentaje promedio (Tabla II Apéndice) más alto de Carbono lo ofrece el tipo de suelo Zumacal (3,89%) siguiéndole en su orden Gorgona (1,32%) y los Reyes (1,09%).

Los anteriores resultados demuestran que en la serie Zumacal existe menor actividad microbiana. En efecto, como aparece en la Tabla II Apéndice, este suelo ofrece un porcentaje de compuestos orgánicos, que para dicha región se considera como alto (6,70% de materia orgánica).

De acuerdo al ICA en regiones cálidas, suelos que contengan porcentajes mayores de 3 se catalogan como altos en materia orgánica. (63).

Este resultado puede estar relacionado con la explotación agropecuaria existente en esta serie. En efecto, las muestras fueron tomadas en localidades en donde predominan los pastos artificiales y como es natural, el aporte del sistema radical de éstos, pudo haber incrementado los materiales orgánicos. Los suelos Los Reyes (1,88%) y Gorgona (2,29%) muestran bajos contenidos de materia orgánica. Conociendo la importancia que tienen los residuos orgánicos como fuentes de nitrógeno, fósforo y azufre asimilables, se debe programar para estos suelos, planes de manejo que sostengan su nivel, sino en condiciones, por lo menos adecuadas.

Esta recomendación se debe tener en cuenta, especialmente para las regiones correspondientes a Gorgona 4, 5, 8, y Los Reyes 4 cuyos porcentajes de materia orgánica son definitivamente bajos.

Al establecer una comparación con las distintas zonas de origen aluvial, presentes en la Tabla I se observa que en la mayoría de los casos estos suelos superan los estudiados exceptuando los aluviones del Río Putumayo, Amazonas y Atacuari, lo mismo que del Río Táchira y Pamplonita.

Este menor porcentaje de materia orgánica en los suelos estudiados puede estar relacionado con el manejo que se le ha dado a estos suelos. Debe considerarse, que han sido explotados durante muchos años, especialmente Los Reyes y Gorgona. En las condiciones climáticas en que se encuentran estos suelos, la materia orgánica tiende a desaparecer rápidamente.

4.1.2.3 Relación Carbono/Nitrógeno

La relación carbono/nitrógeno permite conceptuar sobre el estado de humificación, y la dinámica de la mineralización que está presentando determinado suelo.

Por lo general, se acepta que una relación C/N que oscile entre 8:1 a 11:1 se le considera normal. En otras palabras, que los microorganismos están actuando bien, en los procesos de mineralización del nitrógeno.

Los resultados promedios obtenidos en el presente trabajo, indican que el suelo tipo Gorgona se encuentra dentro del rango antes anotado (8,91:1). El promedio del suelo Los Reyes lo sobrepasa ligeramente (13,96:1), siendo la relación en Zu macal bastante amplia (33,97:1).

Este último resultado, podría indicar una mineralización deficiente en la serie Zumacal, como regla general, Van Schreven citado por Blasco (22) señala que relaciones de C/N que pasen de 27:1 determinan que la mineralización es muy pobre o nula.

Quando se discuta la fracción orgánica y aprovechable del nitrógeno, se tratará de establecer los factores que puedan estar incidiendo en este resultado.

2.1.2.4 Capacidad de intercambio catiónico

El promedio de la capacidad de intercambio catiónico de los suelos estudiados, está bastante alejado de las capacidades de intercambio de otros suelos aluviales de Colombia, cuyos datos se presentan en la Tabla I. El promedio de 12,94 me/100 g es bastante similar al encontrado en suelos de los Llanos

Orientales (11,20 me/100 g) (35). Es natural que este bajo intercambio demerite, en cierto modo, la fertilidad de estos suelos.

En la región Gorgona 8, las cuatro regiones muestradas de Los Reyes y en Zumacal 1 y 2 existen problemas de importancia con la capacidad de intercambio catiónico.

La cantidad de cationes (3,14; 7,55; 4,14; 4,04 y 6,18 me/100 g correspondientes a Gorgona 8 y Los Reyes 1, 2, 3 y 4, ofrecen valores muy bajos, que lógicamente van a incidir en los resultados benéficos que se esperan, cuando se aplican fertilizantes. Si se tiene en cuenta, que esta característica es fundamental para facilitar una adecuada absorción de nutrimentos por la planta, existe la posibilidad de que al aplicar fertilizantes los cationes adicionados (NH_4 , K, Mg, Ca) se pierdan fácilmente por lixiviación.

En estos suelos sería conveniente, por lo menos, aumentar los niveles de materia orgánica en busca de elevar la capacidad de intercambio catiónico. Se sabe que el humus es un coloide orgánico cuya capacidad de intercambio supera los 150 me/100 g de suelo.

Una práctica recomendable, si es económicamente rentable, podría ser la incorporación de abonos verdes.

4.1.2.5 Bases Cambiables

a. Calcio de Cambio

El calcio de cambio, ofrece una concentración que se puede considerar como mediana en los tipos de suelo Gorgona y Zumacal; no ocurriendo así para el tipo Los Reyes en donde es baja (Tabla II Apéndice).

La concentración promedio para los suelos estudiados ofrece similitud con la detectada en el Río Atacuari (23), superando la del Río Pamplonita (65) la cual se considera baja. Sin embargo, solamente es la mitad de algunas otras regiones si milares, de acuerdo a su origen, presentes en la Tabla I.

Se anota que en el Río Amazonas y el Valle del Patía (Tabla I) la concentración supera los ocho (8) me/100 gramos que se considera como alto (47).

b. Magnesio de Cambio

Para el magnesio, el tipo Gorgona ofrece una concentración adecuada ya que supera los 2,5 me/100 g de suelo que presenta Frye (47) como un nivel normal. Lo mismo puede aducirse para Zumacal, aunque los Reyes ofrece una concentración relativamente baja.

El promedio general del magnesio de cambio para las tres zonas estudiadas (2,16 me/100g) (Tabla VI Apéndice) es bastante similar al que presentan los suelos del Río Táchira (2,70 me/100 g), superando al del Río Pamplonita pero inferior al de otros suelos que se presentan en la Tabla I. Los resultados indican que este elemento, no presentará limitaciones de índole agronómica.

c. Potasio de Cambio

El potasio se presenta en estos suelos en concentración alta en el tipo Zumacal, siendo mediana para Gorgona y Los Reyes.

El promedio general de este elemento es similar al detectado en algunos suelos del Río Pamplonita, pero notoriamente inferior a los del Río Táchira, y de otros suelos aluvia

les de Colombia, siendo superior a la detectada en Jamundí, Valle del Cauca y Río Putumayo (Tabla I).

d. Sodio de Cambio

Para el sodio, los tres tipos de suelo contienen concentraciones por debajo de 1 me/100 g que se considera normal. No obstante, es más diciente el porcentaje de saturación de este elemento, aspecto que se discutirá más adelante.

Comparando el promedio general con los detectados en otras regiones de Colombia, se observa que la concentración es similar a la del Río Pamplonita, pero superior a la de los demás suelos presentes en la Tabla I.

4.1.2.6 Relación Calcio/Magnesio

La relación calcio/magnesio (Tabla XIV) se presenta para los tres tipos como normal. Merece atención, la región correspondiente a Gorgona (8) ocho, en donde es bastante amplia 11,9:1. Evidentemente, el magnesio de cambio está bastante bajo, situación que se podía controlar con adiciones de dolomita.

Solamente se encontró una relación inversa, en la muestra Los Reyes 4 (0,4:1); en los demás casos fué estrecha.

Si bien, agronómicamente parece ser que estas relaciones no tienen importancia (21), podría mejorar la relación con adiciones de cal.

4.1.2.7 Porcentaje de Saturación de Bases

El porcentaje de saturación de bases (40) por ciento aproximadamente se considera bajo, y está bien refleja

do en el PH del suelo. En consecuencia, se observa que la saturación de H^+ representa un 60% posiblemente debido a las condiciones de mal drenaje que presentan estos suelos.

El porcentaje de saturación del Calcio se considera bajo en el suelo Gorgona (20,18%) y es medio en el de Los Reyes y Zumacal.

Para el magnesio, en los tres tipos de suelo estudiados, el porcentaje de saturación se considera mediano (17,16%), (18,82) (25,02).

El porcentaje de saturación del potasio, también se considera mediano en los tres casos; y está dentro del rango normal de las bases en el suelo (47).

Tanto la concentración como el porcentaje de este elemento, a la luz de los resultados obtenidos, indican que dada la futura explotación de tipo agrícola de esta región, se necesitan adiciones de potasio. Naturalmente, cuando se discutan las distintas fracciones de potasio, se podrá dar un diagnóstico más preciso sobre este macroelemento.

En cuanto al sodio, el tipo Gorgona y Los Reyes, no tienen problemas, puesto que el porcentaje de saturación es menor del 5%. No obstante, para el tipo Zumacal se debe tener cuidado ya que en este caso, su porcentaje de saturación del 8,14% supera el límite crítico.

Naturalmente, este porcentaje es el promedio de únicamente tres muestras, por lo cual es importante hacer un estudio más detenido de esta serie, dado que la textura como el nivel freático y su futuro manejo pueden acarrear daños de consideración por efectos de alcalinidad.

4.2 Estado del Nitrógeno

4.2.1 Nitrógeno total

El nitrógeno total en los tres tipos de suelo pre presenta la siguiente secuencia: Gorgona > Zumacal > Los Reyes.

Aunque era de esperar que el nitrógeno total, en promedio, se presentara en mayor porcentaje en el tipo de suelo Zu macal, a causa de contener mayores porcentajes de materia orgánica en el presente caso el tipo de suelo Gorgona superó al anterior. Este resultado, posiblemente se podría explicar en base al mayor a porte de nitrógeno inorgánico en el suelo Gorgona. Por otra parte, se hace notar que tres de las regiones de la serie Campoalegre, presentan porcentajes de materias orgánicas altos, tal es el caso del suelo Gorgona 1 (5,88%) y Gorgona 2, 3 y 7 (Tabla VI).

La concentración promedio general detectada en los suelos estudiados (1.267,87 ppm), es menor que la encontrada en otros suelos de Colombia, solamente para los suelos de Jamundí (1.594,13) y de Valledupar (1.320) ofrecen cierta similitud (Tabla II).

El nitrógeno total se puede catalogar como bajo, especialmente en el tipo de suelo Los Reyes (Tabla VII). Sin embargo, aunque esta fracción no es un índice confiable para conocer el estado del nitrógeno aprovechable que posee el suelo, si da una visión aproximada del nitrógeno orgánico.

Las regiones correspondientes a Gorgona 9, Los Reyes 1, 3 y 4 ofrecen porcentajes de nitrógeno total muy bajos.

Esta baja cantidad de nitrógeno total, naturalmente va a incidir en que existan limitadas concentraciones de formas aprovechables. Desde ya se puede prever que estos suelos presentarán deficiencias de este elemento.

4.2.2 Nitrógeno Orgánico

La secuencia seguida por los tres tipos de suelo

fue: Zumacal Gorgona Los Reyes.

La primacía de el tipo Zumacal tiene relación con la materia orgánica existente. Se sabe que los compuestos orgánicos, poseen buenas cantidades de materiales nitrogenados (ácidos nucleicos, aminoácidos, hexosaminas, etc.), que van a incidir en alto grado en su concentración (32).

Llama la atención el hecho, de que su promedio general sólo representa el 52,45 por ciento del nitrógeno total, cuando por lo regular, esta fracción oscila entre 90 y 98 por ciento (21, 117). El anterior resultado se podría explicar, en base a las bajas concentraciones de materia orgánica presentes en los suelos tipo Gorgona y Los Reyes.

Las altas temperaturas y las adecuadas lluvias, pudieron haber propiciado una rápida descomposición de estos materiales. En el caso de presentarse el proceso de mineralización, el nitrógeno complejo pasa a formas simples que pueden perderse por lixiviación, volatilización o ser tomados por las plantas.

En definitiva, el porcentaje de esta fracción con respecto al nitrógeno total, es más bajo que el encontrado en algunos suelos aluviales y volcánicos, cuyos datos se presentan en la Tabla II.

Siendo la fracción orgánica, una de las fuentes más eficientes del nitrógeno aprovechable y conociendo ya sus bajos porcentajes, se prevé, como se anotó anteriormente, que van a existir limitaciones agronómicas debido a este elemento.

La afirmación de una adecuada mineralización existe

tente en los suelos tipo Gorgona y Los Reyes, está asociada con la relación C/N encontrada y discutida anteriormente. No ocurre así en el tipo Zumacal, en donde la relación fué considerada como amplia, y cuyo nitrógeno orgánico con respecto al nitrógeno total, representó el 68,97%. Al existir limitaciones para la mineralización, los compuestos orgánicos, lógicamente, permanecerán inalterables.

4.2.3 Nitrógeno inorgánico total

El mayor aporte del nitrógeno inorgánico total lo ofrece el tipo Los Reyes con 58,84% y Zumacal con 31,02%, siguiendo en su orden el Gorgona con 52,84%.

La concentración general (635,05 ppm), es mayor a las encontradas en otros suelos de Colombia, cuyos datos se presentan en la Tabla II.

Este resultado, supera ligeramente al encontrado por Tafur (117) en suelos de Valledupar, y puede estar relacionado con el concepto de Blasco (22) en el sentido de que en donde impera una alta temperatura y una mediana precipitación (regiones áridas y semiáridas) se detectan altos porcentajes de nitrógeno inorgánico total.

Se puede apreciar que el mayor aporte de la fracción inorgánica total, está representada por el nitrógeno nativo fijo (49,25%) mientras que el nitrógeno intercambiable sólo representa un 0,82% (Tabla VII).

Lo anterior podría explicarse por los coloides inorgánicos presentes en estos suelos. La fracción de nitrógeno nativo fijo, de acuerdo a Bremner y Shav (32), se encuentra entre la lámina de las arcillas de tipo 2:1. Al ser fijado el NH_4^+ dentro de

su red cristalina, puede ser retenido con mayor intensidad cuando el suelo se seca. De allí que ciclos de humedecimientos y secamientos sistemáticos, pueden inducir esta fijación (13, 24, 124).

De acuerdo a Blasco (21), en suelos de relieve plano, prevalecen arcillas de tipo 2:1 como la montmorillonita y vermiculita, coleoides que fácilmente pueden fijar el NH_4^+ nativo fijo. No se deben descartar las micas hidratadas que bajo condiciones adecuadas de humedad pueden también fijar este ión (6, 24, 98).

Aunque la concentración del nitrógeno nativo fijo se considera como aceptable, en términos de reserva no ofrece las mismas condiciones que el nitrógeno orgánico, ya que su paso a forma aprovechable presenta mayores limitaciones.

4.2.4 Nitrógeno intercambiable

El promedio del nitrógeno intercambiable (10,50 ppm), es más bajo que cualquiera de los encontrados en otros suelos aluviales (Tabla II).

Por lo general, se considera que un nivel de 75 ppm de nitrógeno intercambiable, es crítico en el concepto agronómico. Lo anterior significa, que en el presente caso se tiene un notorio déficit de esta forma, equivalente aproximadamente a 65 ppm (21).

Si se tiene en cuenta que estos suelos van a ser cultivados con caña de azúcar, en donde de acuerdo a Barnes citado por Pérez (95) un cultivo de 100 ton/ha retira 80,5 Kg de nitrógeno, tendríamos un déficit de 60 Kg/ha, aproximadamente.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que este elemento es muy susceptible a la pérdida por lixiviación y volatiliza

ción. De allí que en regiones donde tradicionalmente se siembra caña, se apliquen altos niveles de fertilizantes nitrogenados. Por ejemplo, de acuerdo a Pérez (95) en algunos países las aplicaciones son:

Hawaii	200-300 kg/ha
Perú	180 kg/ha
Puerto Rico	150 kg/ha
Formosa	140-160 kg/ha
Barbados	80-100 kg/ha
Java	70-100 kg/ha
Jamaica	40-90 kg/ha

En definitiva, dadas las bajas concentraciones obtenidas, se recomienda efectuar ensayos biológicos de fertilización para conocer con más exactitud, las dosis adecuadas que se deben aplicar en estos suelos.

Por otra parte, teniendo en cuenta que en la región se cultiva el arroz, es necesario tener presente que de acuerdo a González (52) del suelo unos 90 kg/ha. Lo anterior indica que en el presente caso se tiene un déficit de aproximadamente 70 kg. de nitrógeno por hectárea.

4.2.5 Nitrógeno mineral

El nitrógeno mineral está conformado por el $N-NH_3$ y el $N-NO_3$ que por mineralización ha dado lugar a su formación.

En el presente caso, para toda la zona estudiada, el promedio de $N-NH_3$ supera al de $N-NO_3$ (17,7 ppm versus 9,26ppm) resultado que puede ser explicado en base al proceso redox y a los microorganismos que actúan en la mineralización.

Algunos investigadores, entre ellos Theron (119) y Soulides y Clark (110) plantean el hecho de que las raíces de las gramíneas, en este caso pastos, excretan sustancias que producen efectos bacteriostáticos, siendo más mortales sobre los microorganismos nitrificantes.

Además, no se debe desconocer la incidencia que tiene en sí las raíces. En los pastos, éstas presentan un mayor volumen por unidad de área, requiriendo como es lógico, más oxígeno; esto naturalmente incidirá en una menor oxidación, con detrimento en la formación de nitratos.

Los procesos de amonificación y nitrificación muestran limitaciones en los suelos de Zumacal. En las Tablas VIII y III Apéndice, se observan porcentajes bajos, resultados que corroboran más la aseveración anteriormente expuesta, en el sentido de que el mayor porcentaje existente de materia orgánica (suelo Zumacal) se debe a que los procesos de mineralización no se están presentando normalmente.

En la práctica, se puede conseguir una rápida descomposición de los residuos orgánicos, adicionando fertilizantes nitrogenados para establecer una relación C/N que se acerque a la normal (21, 22).

El nitrógeno amoniacal detectado es bastante inferior al que muestra la llanura del Pacífico (Departamento de Nariño) (7) y algunos suelos aluviales de Costa Rica, lo mismo que Valledupar (Tabla II).

4.3 Estado del Fósforo

4.3.1 Fósforo aprovechable y fácilmente reemplazable

La concentración promedio del fósforo aprovechable

ble, indica que el suelo tipo Gorgona, ofrece la mayor cantidad se-
guida por Los Reyes y Zumacal (Tabla XI), secuencia que se repite
con el fósforo fácilmente reemplazable (Tabla IX).

Tanto las concentraciones promedias para los tres
tipos de suelo, como la concentración promedia general (4,78 ppm)
se catalogan como bajas, teniendo en cuenta que un estimativo con-
ceptual promedio, para este elemento, de acuerdo al ICA (62), es
el siguiente:

Fósforo aprovechable	Bajo	Medio	Alto
(clima caliente)	15	15-30	30 ppm

Se anota que ninguna de las muestras analizadas
superó el nivel más bajo. Lo anterior significa que el fósforo, es
uno de los macroelementos que limitarán drásticamente el desarro-
llo y producción de los cultivos.

Esta baja concentración de fósforo, se encontró
también en los suelos del Río Pamplonita (3,5 ppm), siendo un poco
mayor en los del Río Táchira (15 ppm) (64,65).

Teniendo en cuenta que estos suelos, van a ser
cultivados con caña de azúcar y arroz, y que en el primer cultivo
una cosecha de 144 ton/ha retira 86 kilogramos de P_2O_5 (95), no es
difícil entender la deficiencia que se puede presentar en estos
cultivos.

En busca de una recomendación del nivel mínimo
que se debe aplicar para el caso de la caña, es preciso considerar
el método de restitución a partir de las tablas de Mischlerlich
que presenta Pérez (95), en donde aparece para el fósforo, la cons-
tante 0,33 que quiere decir, que sólo un tercio de la cantidad pre-
sente en el suelo lo puede ser efectiva para la planta.

La concentración promedio detectada del fósforo a provechable fue de 4,78 ppm y del fácilmente reemplazable 7,18ppm. Quiere decir que, en términos de efectividad hay sólo 1,59 ppm y 2,39 ppm, respectivamente. De esta forma, y teniendo en cuenta la mayor concentración efectiva, se tendría que restituir 84,50 kg/ha.

En consecuencia, se deben considerar ensayos de fertilización fosfatada a partir de niveles cuyo mínimo podría ser de 100 kilogramos por hectárea de P_2O_5 .

Teniendo en cuenta el actual precio de los fertilizantes, es conveniente efectuar investigaciones que permitan conocer la capacidad de retención y fijación de fósforo de estos suelos para determinar con mayor precisión el nivel más adecuado.

4.3.2 Fósforo Total

El promedio general del fósforo total detectado (536,12 ppm) es menor que en la mayoría de las regiones que se presentan en la Tabla III, superando al Amazonas (340 ppm), Jamundí (387 ppm), Bajo Putumayo (367 ppm), Valledupar (414 ppm), Llanos orientales (436 ppm) y Clima Medio de Nariño (534 ppm).

La concentración promedio en sí, se acerca a la media general que contienen los suelos (21,25). Sin embargo, dada la dinámica que presenta este elemento, su alta o mediana concentración no tiene mayor importancia. Todo depende de la forma en que se encuentren distribuidas sus fracciones. De todas formas, el hecho de que la concentración promedio esté por debajo de la encontrada en la mayoría de los suelos presentes en la Tabla III, debe tener su explicación.

Una de ellas podría estar basada en el bajo porcentaje de materia orgánica encontrada en estos suelos, y la otra, en

el aspecto pedológico de éstos. Como lo afirma Fassbender y colaboradores (44, 45), el contenido de fósforo total parece estar ligado con los materiales orgánicos y la evolución que presentan los suelos.

En la Tabla VIII Apéndice se presenta la relación C/P orgánica. Dada la incidencia que tiene la fracción orgánica del fósforo, al ser menor ésta, naturalmente el fósforo total tiende a disminuir.

En estudios efectuados en América Central, el promedio de fósforo total aumentó cuando predominaban los fosfatos orgánicos y el suelo ofrecía una avanzada meteorización (26, 42). En otras palabras, a mayor edad de los suelos y más conservación de la materia orgánica se puede esperar un mayor porcentaje de fósforo total (26).

4.3.3 Fósforo orgánico

La fracción de fósforo orgánico presenta una concentración promedio de 77,99 ppm, que representa un 14,24 por ciento del fósforo total.

Este contenido supera al que ofrece el suelo del Valle del Patía, Jamundí y Bajo Putumayo, pero está alejado de los del Valle del Sinú, Valle del Cauca y otros suelos presentes en la Tabla III.

Nuevamente, como en el caso del nitrógeno, se observa que el tipo de suelo Zumacal tiende a ofrecer la mayor concentración de fósforo orgánico. Esto está demostrando que en esta región, no se están mineralizando los compuestos orgánicos fosforados. Nótese que el fósforo tiende a ser más bajo comparado con los otros dos tipos de suelos estudiados (Tabla IV Apéndice).

Sería conveniente efectuar investigaciones, que permitan conocer qué factores están limitando este proceso microbiológico.

En la Tabla VIII Apéndice se presenta la relación C/P orgánico. Se sabe que para suelos de áreas tropicales, esta relación se considera normal cuando oscila entre 200 a 300/1 (21, 44).

A la luz de los resultados obtenidos, ninguno de los promedios (Tabla IV Apéndice) se encuentran comprendidos dentro de estos límites.

Lo anterior puede indicar, en cierto modo, que no se esté presentando la mineralización en los suelos Los Reyes y Zumacal, pudiéndose efectuar en su lugar, una inmovilización.

4.3.4 Fósforo inorgánico

4.3.4.1 Fosfatos de Calcio no apatíticos

Al comparar la concentración detectada del calcio no apatítico con algunos suelos aluviales cuyos datos se presentan en la Tabla III, se observa que en un 50 por ciento supera esos datos.

El hecho de que esta fracción pueda ser aprovechada por las plantas, por ser un fosfato monocálcico, merece importancia, dada la baja concentración que ofrece las fracciones intercambiables o asimilables.

Los resultados para esta fracción indican que el tipo Los Reyes y Gorgona pueden proveer en mayor proporción este elemento que el de Zumacal.

El promedio de aporte, en relación al fósforo total (4,86%) está dentro del rango que tienen la mayoría de los suelos (1 - 7%).

4.3.4.2 Calcio apatítico

El calcio apatítico por estar integrado por fosfatos tricálcicos tiene menor importancia en cuanto a nutrición, puesto que estos fosfatos son bastante insolubles.

4.3.4.4 Fósforo unido al aluminio

En el presente estudio, se encontró un promedio general de 80,54 ppm, que supera a las concentraciones detectadas en otros suelos aluviales de Colombia (Tabla III).

El suelo tipo Zumacal ofrece la mayor concentración, triplicando a los otros dos suelos estudiados. Este resultado puede tener relación con la mayor cantidad de calcio de cambio que se encontró en este suelo.

En definitiva, dada la baja cantidad que presenta la forma no apatítica, es ostensible el predominio de los fosfatos tricálcicos y dicálcicos, característica, que en cierto modo no favorece la fertilidad de estos suelos.

4.3.4.3 Fósforo unido al aluminio

El promedio general de los fosfatos de aluminio (9,21 ppm) ofrece un menor aporte (1,98%) con respecto al fósforo total. De los tres tipos de suelo estudiados, el de Zumacal predomina sobre Los Reyes y Gorgona (Tabla IV Apéndice).

Llama la atención la baja concentración de esta fracción, con respecto a la encontrada en otros suelos aluviales de Colombia (Tabla III). Solamente con los suelos de Jamundí ofrece cierta similitud (8 ppm).

El promedio de aporte, en relación al fósforo total (4,86%) está dentro del rango que tienen la mayoría de los suelos (1 - 7%).

4.3.4.2 Calcio apatítico

El calcio apatítico por estar integrado por fosfatos tricálcicos tiene menor importancia en cuanto a nutrición, puesto que estos fosfatos son bastante insolubles.

En el presente estudio, se encontró un promedio general de 80,54 ppm, que supera a las concentraciones detectadas en otros suelos aluviales de Colombia (Tabla III).

El suelo tipo Zumacal ofrece la mayor concentración, triplicando a los otros dos suelos estudiados. Este resultado puede tener relación con la mayor cantidad de calcio de cambio que se encontró en este suelo.

En definitiva, dada la baja cantidad que presenta la forma no apatítica, es ostensible el predominio de los fosfatos tricálcicos y dicálcicos, característica, que en cierto modo no favorece la fertilidad de estos suelos.

4.3.4.3 Fósforo unido al aluminio

El promedio general de los fosfatos de aluminio (9,21 ppm) ofrece un menor aporte (1,98%) con respecto al fósforo total. De los tres tipos de suelo estudiados, el de Zumacal predomina sobre Los Reyes y Gorgona (Tabla IV Apéndice).

Llama la atención la baja concentración de esta fracción, con respecto a la encontrada en otros suelos aluviales de Colombia (Tabla III). Solamente con los suelos de Jamundí ofrece cierta similitud (8 ppm).

Parece ser que, en regiones donde predominan los aluviones, estos fosfatos no aparecen en buena proporción a causa del desarrollo pedológico. Comúnmente, estos suelos son relativamente jóvenes por efecto de los continuos sedimentos que deposita el río. De otra parte, es conocido que el aluminio se encuentra en altos porcentajes, especialmente en suelos relativamente bien desarrollados (42, 44).

4.3.4.4 Fósforo unido al hierro

Los fosfatos de hierro detectados para toda la zona, presentan un promedio de 137,18 ppm, siendo mayor en el tipo Gorgona, seguido de Zunacal y Los Reyes.

Su promedio supera la concentración encontrada en los suelos de la llanura del Pacífico, Jamundí, Valledupar, Río Cali, Valle del Cauca, siendo menor a los del Valle del Patía y Valle del Sinú (Tabla III).

El mayor porcentaje de fosfatos de hierro con relación a los del aluminio, puede estar relacionado con algunos compuestos férricos, que por lo general arrastran y depositan los ríos.

De acuerdo al color que ofrecen estos suelos (castaño o pardo amarillento), podría pensarse que esté influyendo la presencia de hematita y limonita, que al meteorizarse pueden proporcionar hierro que reacciona con el fósforo.

Al sumar las fracciones de fósforo unido al hierro y al aluminio, da un porcentaje que supera ligeramente a los fosfatos cálcicos. Lo anterior indica que su participación porcentual con respecto al fósforo total, está representada en un 50%.

Este balanceamiento, podría permitir catalogar a estos suelos como medianamente desarrollados (42). En suelos recientes, predominan los fosfatos cálcicos, y en suelos más duros los de hierro, aluminio y manganeso (42, 45).

4.3.5 Fósforo inerte

La fracción de fósforo inerte, formada especialmente por fosfatos ocluidos de hierro, aluminio y manganeso tienen poca importancia, dado el hecho de que son altamente insolubles. No obstante, esta fracción puede aumentar a causa de la textura arcillosa que limita el drenaje aumentando la acidez y por ende la solubilidad del hierro.

En el presente caso, su promedio general (203,07 ppm) representa un 35,51% del fósforo total. Es un resultado que se acerca a los encontrados en la Llanura del Pacífico, Bajo Putumayo, Valledupar, Valle del Cauca, superando al encontrado en otros suelos aluviales de Colombia (Tabla III).

4.4 Estado del potasio

4.4.1 Potasio total

La mayor concentración de potasio total, se encontró en el suelo tipo Gorgona, siguiéndole en su orden Zumacal y Los Reyes (Tabla V Apéndice).

El promedio general para toda la zona estudiada (7.387,67 ppm) es inferior al encontrado por Tafur (116) en el Valle del Río Cesar (13.349,6 ppm), pero superior a la detectada en el Bajo Putumayo, Llanura del Pacífico, Jamundí, Valle del Cauca y suelos aluviales de Costa Rica (Tabla IV).

Si se considera que algunas regiones como la Guaji

ra se han encontrado hasta 32.500 ppm (41) y que por lo general los suelos contienen entre 1,2 y 1,4% de potasio total, se observa que la concentración detectada en promedio, equivale sólo a un 0,3%. Esto demuestra que su potencial potásico es bajo, ya que suelos similares como los del Valle del Río Cesar están doblando esta concentración (116).

Por lo general, se espera que los suelos aluviales contengan altas concentraciones de potasio total. Sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos, parece ser que los minerales que contienen este elemento (feldespatos ortoclásicos, moscovita y biotita) no se encuentran en una buena proporción en estos suelos.

Otra posible explicación, se podría basar en la textura que ofrecen estos suelos. Algunos investigadores (82,116) han encontrado una alta correlación entre el porcentaje de arena y el potasio total. En otras palabras, a mayor cantidad de arenas hay un aumento en esta fracción.

Por ejemplo, en los suelos adyacentes a la Sierra Nevada de Santa Marta, se encontraron hasta 17.940 ppm de potasio total, en donde la fracción arenas, representaba un 72,39 por ciento; mientras que en otra región en la misma zona, donde la textura arenosa sólo representaba un 28,16 por ciento y las arcillas un 48,77 por ciento, el potasio total se reducía a 11.077 ppm (41, 116).

En el presente caso y de acuerdo a los porcentajes texturales que aparecen en la Tabla V, se observa que la fracción arcillosa supera a la arenosa. De allí que en la mayoría de los casos, la fracción de potasio total fue relativamente baja; dato que confirma la alta asociación existente entre las arenas y el potasio total.

Los suelos volcánicos del Sur de Colombia, presentan altos contenidos de potasio total (Tabla IV). Este resultado tiene relación especialmente con la abundancia de granito que de acuerdo a Jackson y Sherman (68) contienen cantidades sustanciales de feldespatos potásicos (116). Si se considera que las regiones que atraviesa el Río Zulia y sus afluentes, no están bajo la influencia volcánica, se entiende el porqué del bajo potencial potásico encontrado, ya que seguramente los detritos arrastrados y sedimentados contienen bajos porcentajes de este elemento.

4.4.2 Potasio estructural

El potasio estructural promedio de los suelos estudiados, representa el 89,48% del potasio total (Tabla XIII).

De los tres tipos de suelo, ésta fracción se encuentra en mayor concentración en Gorgona superando a Los Reyes y Zumacal, que son bastante similares.

Si se considera que ésta es una fracción de potasio compleja, que se encuentra constituyendo las redes cristalinas de ciertos minerales y que el porcentaje, con respecto a la forma total se acerca al 90%, es de esperar que se necesitan procesos drásticos de meteorización, para que haya un traspaso de esta forma a fracciones relativamente simples.

Al comparar la concentración detectada y el promedio que representa, con referencia al potasio total, se observa que se encuentra dentro de los límites normales puesto que representa el 90% aproximadamente (82, 114).

Por ejemplo, en el caso de los suelos del Valle del Río Cesar (116) su porcentaje equivale a 93,65%, y los suelos

aluviales de Costa Rica al 90% (49, 114).

de meteorización y cuáles son los minerales predominantes en esta

4.4.3 Potasio no intercambiable total

región.

El potasio no intercambiable total, ofrece un promedio general de 613, 16 ppm presentándose la mayor concentración

en el tipo Gorgona, siguiéndole Zumacal y Los Reyes (Tabla V Apéndice).

Este aporte con respecto al potasio total supera al que ofrecen algunos suelos aluviales de Colombia, pero es menor al detectado en el mismo tipo de suelos de Costa Rica (Tabla IV).

Teniendo en cuenta que desde esta fracción comienza, a corto tiempo, la dinámica para proporcionar niveles adecuados de potasio aprovechable, la concentración detectada por ser baja, no ofrece perspectivas positivas, puesto que bajo condiciones de una buena meteorización, rápidamente puede disminuir.

El futuro de este elemento dependería entonces, de la rapidez con que el potasio estructural pueda proporcionarlo para llenar el vacío que quedó en la forma no intercambiable total, lo cual probablemente ocurrirá a muy largo plazo, dependiendo de las condiciones de meteorización y del tipo de mineral dominante.

Si se compara el porcentaje de potasio estructural con el del no intercambiable, se observa que el paso, se está presentando muy lentamente. Este aspecto se debe investigar, puesto que las condiciones de temperatura y humedad, favorecen la meteorización de las rocas primarias que contienen dentro de su red cristalina este elemento.

Sin embargo, los resultados demuestran que esto no está sucediendo, como normalmente debía esperarse. Es necesario

conocer qué factores están limitando los procesos físico-químicos de meteorización y cuáles son los minerales predominantes en esta región.

4.4.4 Fracción más soluble del potasio no intercambiable.

La fracción más soluble dentro del potasio no intercambiable, presenta una concentración promedio de 336,82 ppm que equivale al 5,11% (Tablas XII y XIII).

El suelo tipo Gorgona supera al de Zumacal y Los Reyes. De acuerdo a McLean (104), para que exista un buen suplemento potásico, ésta fracción debe superar ampliamente a la forma no intercambiable.

Los resultados indican, que la fracción no intercambiable, representa aproximadamente 10 veces más que el potasio intercambiable extraído con ácido nítrico normal. Quiere decir que en la actualidad, la relación entre estas dos formas es adecuada.

En la Tabla IV, se presentan los datos para otras regiones de Colombia, donde se observa que la relación es muy estrecha y a veces invertida, tal es el caso de la Llanura del Pacífico, suelos de Jamundí, Bajo Putumayo y suelos del Río Cesar (7, 42, 109, 152).

4.4.5 Potasio intercambiable

El promedio del potasio intercambiable determinado con ácido nítrico, equivalente a 0,14 miliequivalentes, que se considera como bajo.

En esta condición, la deficiencia es más acentuada en el tipo de suelo Los Reyes y Zumacal, en donde sólo aparece -

cen 0,055 miliequivalentes para el primero y 0,059 para el segundo.

Sin embargo, al efectuar la determinación con acetato de amonio, la concentración aumentó a 108,32 ppm que equivale a 0,27 miliequivalentes por 100 gramos de suelo, que se considera como un nivel medio para la zona estudiada.

Bajo la acción de este segundo extractante, los tres tipos de suelo ofrecen la siguiente secuencia:

Zumacal > Gorgona > Los Reyes

La concentración de potasio intercambiable, en la que actúa como extractante el acetato de amonio, se muestra siempre consistente en suelos de origen aluvial (Tabla IV). En efecto Martini (82), al estudiar 60 suelos de Panamá, encontró resultados similares.

Parece ser, que el amonio tiene un poder de desplazamiento mayor que el del ácido nítrico 0,1 normal. Por otra parte se considera que estos suelos tienen cierto porcentaje de arcilla de tipo 2:1, el amonio bien pudo reemplazar al potasio situado en los sitios interlaminares. De todas formas, en los diversos estudios efectuados a partir de estos dos extractantes, se encuentran datos bastante consistentes (Tabla IV y XII).

El hecho de que exista en estos suelos, una concentración catalogada como mediana, crea cierta incertidumbre, especialmente con respecto a la caña de azúcar, toda vez que es una planta que consume altas cantidades de potasio.

Barnes, citado por Pérez (95) calcula que 100 toneladas de caña por hectárea retiran aproximadamente 156 kg de K_2O/Ha . Por lo general, se sabe que la planta sólo aprovecha el 50 por ciento del potasio (21,95). Con base en lo anterior, en el presente caso

so, se cuenta con 216,64 Kg de potasio, de los cuales solamente se aprovechará la mitad, es decir, 108,32 Kg.

Lo anterior, indica que faltarían 50 Kg de K_2O /Ha pero previendo las pérdidas por lixiviación, se recomienda efectuar ensayos de fertilización potásica en donde el nivel mínimo sea de 100 Kg por hectárea.

Para el caso del cultivo del arroz, una cosecha de 4 toneladas extrae 219 Kg/Ha, superando al nitrógeno, fósforo y el calcio (52), lo que obliga a efectuar fertilizaciones potásicas de mayor concentración.

En definitiva, hay que tener cuidado con este elemento puesto que, si bien existe un paso constante del potasio no intercambiable al intercambiable, la reserva se considera como mediana a baja, ya que solamente es cinco y medio veces mayor en el caso del potasio no intercambiable total y solamente tres veces en el caso del potasio más soluble (Tabla XII).

La fracción del potasio soluble en agua supera levemente a la encontrada en el suelo del Valle del Cesar, aunque es un poco más baja que la encontrada en Jamundí, Llanura del Pacífico y Bajo Putumayo (Tabla IV).

Sin embargo, se considera que por lo menos, la concentración de esta fracción puede sostener a la planta durante su germinación y primeros estados de desarrollo.

Por otra parte, se sabe que esta fracción se encuentra en permanente cambio con el potasio intercambiable, de tal forma que a medida que la primera disminuye, la segunda le sirve como fuente de aprovechamiento.

VALORES PROMEDIOS DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE DIFERENTES
SUELOS DE COLOMBIA

LOCALIDAD	H ₂ O ₂	H ₂ O	C.I.C. me/100g.	BASES CAMBIABLES ppm			Na	Ref.
				Ca	Mg.	K.		
VALLE DEL CESAR	5.043, 7,1	4.841, 7,8	16,50	123,39	11,41	35,13	-	(117)
LLANURA DEL PACÍFICO	1.184, 5,0	3.271, 3,8	14,54	142,11	120,14	268	40	(7)
RIO PUTUMAYO	1.343, 5,0	5,11, 5,8	19,30	110,61	97,390	62	73	(23)
RIO AMAZONAS	6.234, 5,8	6.335, 14	19,70	148,48	73,56	-	-	(23)
RIO ATACUARI	9.257, 5,9	1,63	21,20	174,52	59,50	-	-	(23)
VALLE DEL PATIA	4.006, 5,1	1,57	29,00	123,51	70,86	15,64	27	(4)
JAMUNDÍ	4.702, 5,2	3,60	35,00	89,32	512	307	37	(36)
VALLE DEL CAUCA	3.321, 6,5	4,21	23,00	53,36	1.440	82	370	(35)
VALLE DEL ALTO MAGDALENA	2.571, 6,3	3,11	200,00	112,69	183,72	156	-	(35)
VALLE DEL BAJO MAGDALENA	1.949, 6,4	2,61	-	123,40	77,00	159	-	(35)
RIO TACHIRA	3.530, 7,9	1,67	13,10	21,72	64,324	273	46	(64)
RIO PANPLONITA	2.154, 4,8	0,16	27,90	32,36	23,04	78	92	(65)
TOTAL	1.320, 00	1.031, 00	306, 00	287, 00	53, 048	3, 00	-	(117)

FRACCIONES DE NITRÓGENO EN SUELOS DE DISTINTAS REGIONES
Promedios en suelos expresados en ppm

LOCALIDAD	N-total	N-orgánico	N-NH ₄ ⁺ INORGANICO		N-NH ₃	H-NO ₃	Ref.
			Total	Nat. fijo	Interc.		
JANUARI	1594,13	1.468,35	125,78	91,76	34,02		(36)
ALTIPLANO IPIALES	4.071,63	3.447,95	623,74	476,76	146,76	30,49	(17)
LLANURA PACIFICO	5.043,38	4.841,79	201,79	129,39	71,41	35,93	(7)
SABANA DE TUQUERES	3.182,90	2.927,28	255,62	142,11	120,14	75,5	(46)
CLIMA SIBURDOY			57	11	74	14	534
ALTIPLANO a. Pradera	5.349,40	5.171,79	177,60	110,60	67,51	208	(15)
b. Cultivo	6.758,58	6.536,14	222,64	148,68	73,96	309	777
c. Pantano	9.257,82	8.973,95	193,87	124,87	59,00	265	577
ALTIPLANO PASTO			76	21	99	11	367
a. Pradera	4.043,60	3.849,23	194,30	123,51	70,86	16,64	1 (85)
b. Cultivo	4.000,80	3.843,39	116,39	102,88	63,51	10,12	44
c. Bosque	4.709,70	4.545,46	164,24	89,52	74,72	9,11	4 1.176
INTEND. VAL. PUTUNAYO			27	6	114	87	36
a. Pradera	3.523,61	3.392,28	131,33	65,90	65,41	189	21 (83)
b. Bosque	3.157,21	2.916,26	240,94	112,69	168,25	384	40 947
GUAJIRA	1.949,00	1.749,00	200,00	123,00	77,00	241	21 1 (41)
COSTA RICA			64	9	19	2	52 1.158
a. Pradera	3.690,55	3.602,36	88,38	23,70	64,68	16	5 (113)
b. Cultivo	3.154,62	3.156,31	87,41	32,36	55,04	30	9 436
c. Bosque	3.243,72	3.156,31	87,41	32,36	55,04	336	37 585
COSTA RICA							
a. Cultivo	4.466,00	4.107,6	358,40	301,60	57,10	24,60	(49)
VALLEDUPAR	1.320,00	1.031,00	306,00	227,00	79,00	8,00	(117)

(*) Fuente: de Quintero (53)

CONCENTRACIONES PROMEDIAS DE LAS FRACCIONES DEL FOSFORO EN SUELOS DE 18 REGIONES NATUALES DE COLOMBIA
Resultados en ppm (+)

REGION	Fac. %		Ca %		Ca %		Un. %		Un. %		Org. %		Iner %		Total	
	Rema	Pt	no	Pt	Ap	Pt	Al.	Pt	Fe	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt
	Apat.															
ALTIPLANO DE PASTO	10	1	106	7	27	2	214	14	207	14	136	9	755	52	1467	
CLIMA MEDIO MARINO	6	1	26	3	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 TUQUERRES	17	2	17	2	39	5	188	24	64	8	53	7	389	50	777	
LLANURA PACIFICO	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 DEL SIBUNDOY	7	0,5	27	2	56	4	246	19	152	12	379	29	418	32	1.291	
JAMUNDI	5	1	4	1	11	3	8	2	56	14	51	13	250	64	387	
VALLE DEL SINU	8	0,7	32	3	79	7	69	6	218	18	705	60	50	4	1.178	
VALLEDUPAR	5	1	39	9	28	7	27	6	48	12	114	27	150	36	414	
HOYA RIO NIMA	16	2	20	2	27	3	50	6	67	8	486	55	189	21	897	
HOYA RIO AMAINE	8	1	26	3	16	2	82	9	113	12	257	27	384	40	947	
ROLD-JUNION-TOTO	1	0,1	5	0,5	6	0,5	112	10	554	46	227	20	241	21	1.149	
VALLE DEL PATIA	4	0,4	15	1	7	0,7	84	8	332	30	19	2	646	58	1.108	
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	

(+): Tomada de Guerrero (55)

FRACCIONES DE POTASIO EN SUELOS DE DIFERENTES REGIONES

Resultados en ppm

(Continúa)

REGION	N	Cobertura u origen	K Total	K Estruct.	K-no Intercambiable Total más soluble	K-int NH ₄ 0,1 N	K-soluble en agua	Ref.
ALTIPLANO DE PASTO	10	Cultivo	8.506	6.780	990	735	96	(92)
			% 100	79	11	8	1	
		Bosque	8.484	7.198	818	468	79	
			% 100	84	9	5	0,9	(96)
		Pradera	7.689	6.688	714	286	48	
			% 100	86	9	3	0,6	
		Pradera	6.596	6.082	177	443	13	(47)
			% 100	92	2	6	0,2	
ALTIPLANO DE TUQUERES	10	Pradera	6.845	5.303	1.213	329	154	(92)
VALLE DEL SIBUNDY	7	Cultivo	6.100	77	17	4	2	
			% 100	13	17	220	112	(16)
		Pradera	6.656	5.674	762	376	1	
			% 100	85	11	3	1	
		Pradera	5.861	4.391	1.200	270	65	
			% 100	74	20	4	1	
		Pantano	5.961	4.813	435	98	91	
			% 100	80	7	1	1	
BAJO PUTUMAYO	8	Pradera	3.850	3.589	192	68	59	(83)
			% 100	93	5	1	1	
		Bosque	3.294	2.360	579	354	34	
			% 100	71	17	10	1	(7)
LLANURA DEL PACIFICO	15	Pradera						

N: Número de observaciones

FRACCIONES DE POTASIO EN SUELOS DE DIFERENTES REGIONES
Resultados en ppm
(Continuación)

REGION	N	Cobertura u origen	K Total	K Estruct.	K-no intercambiable Total más soluble	K-int. NH ₄ 0,1 N	K-soluble en agua	Ref.
CLIMA MEDIO DE MARINO	10	Cultivo	5.816	4.263	1.214	708	65	
			% 100	73	20	12	1	
		Bosque	5.702	4.189	1.140	605	54	(50)
			% 100	73	20	10	0,9	
MUNICIPIO DE JANUARI		Pradera	5.395	3.812	1.235	659	65	
			% 100	70	22	12	1	
	6	Pradera	4.375	2.521	1.230	626	47	(36)
			% 100	57	26	13	1	
VALLE DEL TOLIMA	7		16.446	15.309	907	230	230	(48)
			% 100	93	5	1	1	
	3	Aluviales	3.292	2.991	680	536	536	
			% 100	90	20	16	16	
COSTA RICA	7	Andosoles	7.051	6.713	666	507	507	
			% 100	95	9	7	7	
	13	Latosoles	742	639	184	138	138	(114)
			% 100	86	24	18	18	
VALLEDUPAR			13.349	12.501	598	263	13	(116)

N: Número de observaciones

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

Nombre de la muestra	Prof. en cms.	Humedad %	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
GORGONA	1 0 - 20	5,10	IOYR-7/3	IOYR-6/3	15,22	69,97	14,80	Ar
GORGONA	2 0 - 40	4,54	IOYR-7/4	IOYR-6/3	10,92	69,39	19,68	Ar
GORGONA	3 0 - 30	4,88	IOYR-7/4	IOYR-6/3	23,80	60,20	16,00	Ar
GORGONA	4 0 - 40	2,51	IOYR-7/4	IOYR-5/4	15,08	69,73	15,18	Ar
GORGONA	5 0 - 25	4,96	IOYR-7/4	IOYR-5/4	15,64	65,48	21,19	Ar
GORGONA	6 0 - 40	2,02	IOYR-7/4	IOYR-5/4	7,63	75,31	17,06	Ar
GORGONA	7 0 - 20	5,42	IOYR-7/4	IOYR-5/4	11,72	70,24	18,04	Ar
GORGONA	8 0 - 40	4,94	IOYR-7/4	IOYR-5/4	19,58	63,12	17,30	Ar
GORGONA	9 0 - 40	4,94	IOYR-7/4	IOYR-5/4	10,73	71,16	18,10	Ar
LOS REYES	1 0 - 30	2,05	IOYR-7/4	IOYR-5/4	30,28	30,56	39,15	F-Ar
LOS REYES	2 0 - 20	1,01	IOYR-7/4	IOYR-4/4	59,32	19,05	21,62	F-A
LOS REYES	3 0 - 25	1,14	IOYR-7/4	IOYR-4/4	58,44	20,17	21,39	F-Ar-A
LOS REYES	4 0 - 20	1,12	IOYR-7/3	IOYR-4/4	18,51	57,39	24,09	Ar
ZIMACAL	1 0 - 20	2,10	IOYR-7/3	IOYR-5/4	28,34	38,95	32,71	F-Ar
ZIMACAL	2 0 - 25	1,75	IOYR-7/3	IOYR-5/4	32,64	36,80	30,56	F-Ar
ZIMACAL	3 0 - 30	3,05	IOYR-7/3	IOYR-5/4	30,34	37,95	31,71	F-Ar

F: Franco; A: Arenoso; Ar: Arcilloso; L: Limoso.

TABLA VI
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Nombre de la muestra	PH	C	N	H ₂ O	C/N	C.C.C. meq. 100grs.	BASES CAMBIABLES EN PPM			
							K	Ca	Mg	Na
1	5,30	1,41	0,18	5,88	18,49	19,44	236,47	1.272,14	322,05	71,46
GORGONA										
2	5,70	1,33	0,11	2,29	11,60	17,30	41,81	796,09	554,24	43,90
GORGONA										
3	5,80	1,31	0,18	2,26	7,26	18,14	97,01	836,51	604,50	172,00
GORGONA										
4	5,85	0,97	0,12	1,68	7,51	19,47	271,65	542,33	398,88	63,55
GORGONA										
5	5,55	0,89	0,17	1,53	5,06	18,42	218,31	921,28	543,70	45,13
GORGONA										
6	5,40	1,03	0,15	1,77	6,82	15,71	27,54	134,93	34,73	21,42
GORGONA										
7	6,00	1,20	0,14	2,07	8,05	20,02	110,54	680,25	397,39	55,87
GORGONA										
8	5,50	0,71	0,18	1,23	3,89	3,14	162,65	121,97	10,20	39,87
GORGONA										
9	5,50	1,10	0,09	1,90	11,55	17,31	14,69	715,01	209,27	8,39
GORGONA										
1	5,25	1,56	0,09	2,69	15,93	7,55	81,64	404,92	228,32	79,59
LOS REYES										
2	5,55	1,09	0,11	1,88	9,71	4,14	58,58	251,00	142,47	27,27
LOS REYES										
3	5,85	1,10	0,05	1,90	19,43	4,04	57,64	267,54	93,46	28,31
LOS REYES										
4	5,80	0,61	0,05	1,05	10,77	6,18	40,44	84,11	34,42	25,28
LOS REYES										
1	5,75	3,91	0,14	6,74	31,65	9,12	150,26	806,53	492,58	183,56
ZUMACAL										
2	5,95	3,86	0,08	6,66	32,02	7,49	136,90	684,76	206,32	178,04
ZUMACAL										
3	6,00	3,90	0,11	6,72	38,24	14,68	127,14	648,97	241,51	227,63
ZUMACAL										
MAXIMO	6,00	3,91	0,18	6,74	38,24	20,02	271,65	1.272,14	604,50	227,63
PROMEDIO	5,67	1,74	0,12	3,01	14,87	12,63	108,32	573,02	282,12	79,45
MINIMO	5,25	0,61	0,05	1,05	3,89	3,14	10,54	84,11	10,20	8,39

FRACCIONES DE NITRÓGENO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en ppm

Nombre de la muestra	N-total	N-orgánico	N-NH ₄			N-NO ₃
			Total	Inorgánico	Interc.	
				Nat. fijo		
GORGONA 1	1.844,00	1.184,81	659,18	649,77	9,41	25,74
GORGONA 2	1.146,00	209,32	936,67	923,79	12,87	18,39
GORGONA 3	1.803,00	851,52	951,47	942,07	9,39	14,63
GORGONA 4	1.291,00	395,47	895,52	886,34	9,18	1,9,17
GORGONA 5	1.758,00	829,77	928,68	916,93	11,75	0,7,17
GORGONA 6	1.509,00	1.074,80	434,19	427,34	6,85	0,6,61
GORGONA 7	1.490,00	557,24	932,75	915,04	17,71	0,3,18
GORGONA 8	1.825,00	1.284,34	540,65	524,19	16,45	0,12,91
GORGONA 9	952,00	35,24	916,75	903,82	12,92	0,3,67
LOS REYES 1	979,00	624,68	354,31	345,63	8,68	0,8,06
LOS REYES 2	1.122,00	341,39	780,60	771,11	9,49	0,16,07
LOS REYES 3	1.566,00	107,22	458,77	451,97	6,79	1,4,94
LOS REYES 4	566,00	260,21	305,78	300,12	5,66	0,7,78
ZUMACAL 1	1.271,00	958,71	312,29	302,86	9,43	1,14,15
ZUMACAL 2	1.069,00	722,01	345,99	337,67	8,32	2,6,26
ZUMACAL 3	1.097,00	689,74	407,26	394,08	13,18	0,6,78
PROMEDIO	1.267,87	632,90	635,05	624,54	10,50	15,43
						0,8,44
						0,77
						17,77
						9,26

CANTIDADES PORCENTUALES DE LAS DIFERENTES FORMAS DE NITROGENO CON RESPECTO

AL NITROGENO TOTAL

Nombre de la muestra	N-total %	N-orgánico %	N-NH ₄		Interc. %	N-NH ₃ %	N-NO ₃ %
			Orgánico	Inorgánico			
			Total %	Nat.fijo %			
GORGONA 1	100,00	64,25	35,74	35,23	0,51	1,39	0,99
GORGONA 2	100,00	18,26	81,73	80,60	1,12	2,87	1,27
GORGONA 3	100,00	47,22	52,77	52,25	0,52	1,01	0,50
GORGONA 4	100,00	30,63	69,36	68,65	0,71	1,94	0,55
GORGONA 5	100,00	47,19	52,82	52,15	0,66	0,83	0,37
GORGONA 6	100,00	71,22	28,77	28,31	0,45	0,59	0,21
GORGONA 7	100,00	37,39	62,60	61,41	1,18	1,36	0,86
GORGONA 8	100,00	70,37	29,62	28,72	0,90	0,74	0,20
GORGONA 9	100,00	3,70	96,29	94,93	1,35	2,02	0,84
LOS REYES 1	100,00	63,80	36,19	35,30	0,88	2,91	1,64
LOS REYES 2	100,00	30,42	69,57	68,72	0,84	0,78	0,44
LOS REYES 3	100,00	18,94	81,05	79,85	1,19	2,18	1,37
LOS REYES 4	100,00	45,97	54,02	53,02	1,00	3,38	2,50
ZUMACAL 1	100,00	29,32	70,67	28,52	0,80	1,64	0,96
ZUMACAL 2	100,00	25,12	74,86	24,11	1,01	0,89	0,52
ZUMACAL 3	100,00	38,63	61,36	37,76	0,87	0,73	0,42
PROMEDIO		40,15	59,83	51,84	0,87	1,57	0,85

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en ppm

Nombres de la muestra	Fácil reemp.	Ca no Apat.	Ca Apat.	Unido Alum.	Unido Hierro	Orgánico	Inerte	Total
1	1,52	4,85	10,81	0,71	33,67	10,70	15,50	140,30
GORGONA	7,88	6,23,62	11,52,55	0,93,46	33,173,41	15,52,02	29,173,09	1486,08
GORGONA	9,14	4,30,05	11,56,19	1,24,30	29,156,81	12,674,48	30,139,43	10470,43
GORGONA	9,17	1,26,22	7,62,14	0,97,20	43,169,11	14,471,58	30,218,28	10563,73
GORGONA	7,68	3,12,81	9,53,81	1,17,04	23,320,85	16,110,45	44,243,33	10756,01
GORGONA	9,70	3,24,18	7,65,26	2,38,04	15,164,55	15,113,61	55,315,25	10760,60
GORGONA	3,82	2,21,67	15,53,56	1,16,83	24,108,39	14,108,65	30,396,09	10709,03
GORGONA	8,14	2,19,76	130,98	1,14,49	22,212,15	17,114,11	49,290,98	10790,65
GORGONA	7,24	2,11,95	6,51,22	0,99,18	29,122,12	9,103,62	60,298,06	10603,40
GORGONA	6,99	7,20,73	23,52,05	1,16,98	23,163,15	17,181,59	60,513,27	10844,76
LOS REYES	5,10	20,22,45	29,70,66	4,54,20	21,788,27	9,752,55	30,62,89	10306,15
LOS REYES	5,55	14,22,72	29,44,19	4,69,71	20,746,71	6,820,95	29,64,77	10214,64
LOS REYES	6,32	4,30,34	20,40,98	1,09,72	12,342,98	12,314,15	34,60,81	10207,33
LOS REYES	10,11	3,18,20	31,43,73	2,12,50	24,850,56	13,450,05	17,219,30	10404,48
ZUMACAL	5,54	2,19,81	11,57,36	2,99,97	23,123,44	16,796,74	20,84,66	10497,52
ZUMACAL	5,41	3,14,48	29,168,57	1,15,12	25,118,23	15,385,12	11,101,89	10508,82
ZUMACAL	7,11	15,57	183,50	8,66	134,26	98,16	67,10	514,36
PROMEDIO	7,18	20,91	80,54	9,21	137,18	77,98	203,07	536,12

CANTIDADES PORCENTUALES DE LAS DIFERENTES FORMAS DE FOSFORO CON RESPECTO AL FOSFORO

- 75 -

TABLA XI

Nombre de la muestra	Fácil reemp.	TOTAL					Inerte	Total
		Ca no Apatic.	Ca Apatic.	Unido Alumin.	Unido Hierro	Orgánico		
GORGONA	1	1,62	4,86	10,81	0,71	35,67	10,70	35,60
GORGONA	2	1,94	6,38	11,94	0,91	33,33	15,83	29,63
GORGONA	3	1,62	4,65	11,02	1,27	29,99	12,69	38,72
GORGONA	4	1,01	1,69	7,11	0,93	42,43	14,60	32,18
GORGONA	5	1,38	3,45	9,31	1,14	23,48	16,21	44,99
GORGONA	6	0,53	3,05	7,55	2,37	15,28	15,32	55,86
GORGONA	7	1,02	2,49	16,56	1,83	26,83	14,43	36,80
GORGONA	8	1,19	1,98	8,48	1,52	20,23	17,17	49,39
GORGONA	9	0,82	2,45	6,16	0,82	19,31	9,65	60,75
LOS REYES	1	1,66	7,33	23,08	1,37	28,83	17,16	20,54
LOS REYES	2	2,58	10,58	20,58	4,52	21,76	9,76	30,17
LOS REYES	3	3,04	14,63	20,73	4,68	20,73	6,82	29,33
LOS REYES	4	2,49	4,49	10,81	3,09	12,50	12,37	54,21
ZUMACAL	1	1,11	3,98	31,62	2,00	24,81	19,44	17,01
ZUMACAL	2	1,06	2,84	33,12	2,97	23,23	16,72	20,02
ZUMACAL	3	1,38	3,02	35,67	1,68	26,10	19,08	13,04
PROMEDIO	1,52	4,86	16,53	1,98	25,28	14,24	35,51	100,00

TABLA XI
FOSFORO APROVECHABLE (BRAY I)

Resultados en ppm

Nombre de la muestra		Prof. en cms.	
GORGONA	1	0 - 20	14,97
	2	0 - 40	2,77
	3	0 - 20	9,18
	4	0 - 40	1,02
	5	0 - 20	9,94
	6	0 - 40	1,95
	7	0 - 20	7,37
	8	0 - 40	1,90
GORGONA	9	0 - 40	2,45
	1	0 - 20	6,33
	2	0 - 20	4,53
	3	0 - 20	3,01
LOS REYES	4	0 - 20	1,94
	1	0 - 20	3,02
	2	0 - 25	2,99
	3	0 - 30	3,11
ZUMACAL	1		
	2		
	3		
MAXIMO			14,97
PROMEDIO			4,78
MINIMO			1,02
TIPO GORGONA			5,72 ^(a)
TIPO LOS REYES			3,95
TIPO ZUMACAL			3,04

(a) Promedio en ppm

FRACCIONES DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS.
Resultados en ppm

- 77 -

Nombre de la muestra	K Total	K Estructural	K-no intercambiable		K- intercambiable		K-soluble en agua
			Total	mas soluble	NO ₃ H	NH ₄ OAC	
					0,1 N	H	
GORGONA	1 3.363,20	2494,54	789,82	387,29	78,82	236,46	11,82
GORGONA	2 9.879,03	8.994,09	722,89	437,49	162,03	41,80	9,40
GORGONA	3 3.841,75	2.892,58	860,01	566,35	89,14	97,00	15,73
GORGONA	4 7.980,40	6.923,01	962,05	652,47	95,33	271,64	12,81
GORGONA	5 12.044,16	11.235,44	791,92	525,32	16,79	218,30	15,74
GORGONA	6 10.329,52	9.477,65	744,74	402,97	107,12	27,54	11,47
GORGONA	7 10.294,26	9.293,82	866,02	451,72	134,41	10,54	11,85
GORGONA	8 11.947,41	11.291,01	621,72	338,43	34,63	162,64	7,87
GORGONA	9 11.123,64	10.272,89	819,31	476,16	31,42	14,68	18,36
LOS REYES	1 3.724,82	3.027,31	663,83	202,56	33,67	81,64	19,38
LOS REYES	2 9.090,90	8.839,89	230,80	124,74	20,20	58,58	5,05
LOS REYES	3 4.627,15	4.409,19	202,78	105,69	15,17	57,64	11,37
LOS REYES	4 3.690,88	3.523,15	150,66	92,01	17,05	40,44	1,26
ZUMACAL	1 5.037,02	4.552,62	458,35	216,43	19,99	170,42	46,40
ZUMACAL	2 5.526,15	5.041,75	447,26	199,40	8,90	110,28	36,23
ZUMACAL	3 5.702,53	5.218,13	478,50	210,24	40,14	133,60	40,13
PROMEDIO	7.387,67	6.717,94	613,16	336,82	56,55	108,32	17,17

TABLA XIII

CANTIDADES PORCENTUALES DE POTASIO

Nombre de la muestra	K Total	K Estructural	K no intercambiable		K intercambiable		K soluble en agua
			Total	más soluble	NO H 0,1 N	NH ₄ OAC M	
GORGONA	1 100,00	74,17	23,48	11,52	2,34	7,04	0,35
GORGONA	2 100,00	91,04	7,32	4,43	1,64	0,42	0,10
GORGONA	3 100,00	75,29	22,39	14,74	2,32	2,52	0,41
GORGONA	4 100,00	86,75	12,06	8,18	1,19	3,40	0,16
GORGONA	5 100,00	93,29	6,58	4,36	0,14	1,82	0,13
GORGONA	6 100,00	91,75	7,21	3,90	1,04	0,26	0,11
GORGONA	7 100,00	90,28	8,41	4,39	1,31	0,10	0,12
GORGONA	8 100,00	94,51	5,20	2,83	0,29	1,36	0,07
GORGONA	9 100,00	92,35	7,37	4,28	0,28	0,14	0,17
LOS REYES	1 100,00	81,27	17,82	5,44	0,90	2,20	0,52
LOS REYES	2 100,00	97,24	2,54	1,37	0,22	0,64	0,06
LOS REYES	3 100,00	95,29	4,38	2,28	0,33	1,24	0,25
LOS REYES	4 100,00	95,46	4,08	2,49	0,46	1,10	0,03
ZIMACAL	1 100,00	90,38	9,09	4,29	0,39	3,38	0,92
ZIMACAL	2 100,00	91,23	8,09	3,60	0,16	1,98	0,65
ZIMACAL	3 100,00	91,50	8,39	3,68	0,70	2,34	0,70
PROMEDIO	100,00	89,48	9,65	5,11	0,85	1,87	0,29

V. TABLA XIV

CONTENIDO DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

Resultados en m.e./100 g.

1. Aunque en la actualidad, la reacción del suelo no limita el buen desarrollo de cultivos como la caña de azúcar y el a -

Nombre de la Muestra		Calcio	Magnesio	Ca/Mg
		NH ₄ OAC N	NH ₄ OAC N	
GORGONA	1	6,3	2,6	2,4
GORGONA	2	3,9	4,6	0,8
GORGONA	3	4,1	5,0	0,8
GORGONA	4	2,7	3,3	0,8
GORGONA	5	4,6	4,5	1,0
GORGONA	6	0,6	0,2	3,0
GORGONA	7	3,4	3,3	1,0
GORGONA	8	0,7	0,08	8,0
GORGONA	9	3,5	3,4	1,0
GORGONA	1	2,0	1,9	1,0
LOS REYES	2	1,2	1,1	1,0
LOS REYES	3	1,3	0,7	1,8
LOS REYES	4	0,4	1,7	0,2
LOS REYES	1	3,5	2,6	1,3
ZUMACAL	2	3,7	2,0	1,8
ZUMACAL	3	3,6	2,9	1,2
		0,7	0,08	8,0
MAXIMO y el arroz.		2,7	2,5	1,0
PROMEDIO		0,4	1,7	0,2
MINIMO				
SERIE GORGONA		3,3 +	3,0	1,1
SERIE LOS REYES		1,2	1,4	0,8
SERIE ZUMACAL		3,7	2,6	1,4

7. El potencial potásico es bajo. Tanto en reacción estructural, como en forma de intercambiabilidad total, ofrecen niveles limi -

ados, siendo la forma aprovechable de tipo medio.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que:

1. Aunque en la actualidad, la reacción del suelo no limita el buen desarrollo de cultivos como la caña de azúcar y el arroz se debe tener un máximo cuidado con respecto al sodio.
2. La capacidad de intercambio catiónico es baja, situación que limita el efecto benéfico que puedan ofrecer los fertilizantes.
3. El calcio, el potasio y el sodio se encuentran en concentraciones medias.
4. En la actualidad, el magnesio no ofrece limitaciones agronómicas.
5. El nitrógeno intercambiable es bajo, tornándose la situación más crítica, habida cuenta de las bajas reservas de nitrógeno orgánico. Este déficit, en parte, puede ser compensado por la concentración de nitrógeno aunque no suficiente para los requerimientos normales de la caña de azúcar y el arroz.
6. El fósforo es el elemento más crítico. Su concentración promedio total es muy baja. Su forma orgánica es del mismo nivel. La limitada reserva de este elemento está en las formas inorgánicas, especialmente en el fósforo no apatítico.
7. El potencial potásico es bajo. Tanto su reserva estructural, como la forma no intercambiable total, ofrecen niveles limitados, siendo la forma aprovechable de tipo medio.

8. De las tres zonas estudiadas, la de Zumacal es la que presenta más limitaciones de orden nutricional.

9. La fertilidad de los suelos estudiados se considera relativamente mediana.

10. Realizar investigaciones que permitan conocer la capacidad de retención y fijación del fósforo, para determinar los mejores resultados al nivel adecuado de fertilización fosfatada.

11. Experimentar en fertilización para conocer la respuesta que ofrecen los principales cultivos a distintos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio.

12. Desarrollar estudios que proporcionen una información sobre el estado del suelo y de los elementos menores.

13. Estudiar permanentemente múltiples de las bases del agua del río.

14. Aumentar la capacidad de intercambio catiónico a partir de la adición de materia orgánica o de abonos verdes.

15. Tener cuidado con el manejo de los fertilizantes nitrogenados, para evitar pérdidas por lixiviación.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer aplicaciones de fertilizantes cuyo nivel mínimo sea de 80 Kg. de nitrógeno/ha, 100 Kg de P_2O_5 /ha, y 100 Kg de K_2O /ha, en atención a que los tres elementos esenciales mostraron niveles inferiores a los requeridos para una cosecha.
2. Realizar investigaciones que permitan conocer la capacidad de retención y fijación del fósforo, para determinar con mayor precisión el nivel adecuado de fertilización fosfatada.
3. Experimentar en fertilización para conocer la respuesta que ofrecen los principales cultivos a distintos niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio.
4. Desarrollar estudios que proporcionen una información sobre el estado del azufre y de los elementos menores.
5. Efectuar permanentes análisis de las bases del agua del río.
6. Aumentar la capacidad de intercambio catiónico a partir de a adiciones de materia orgánica o de abonos verdes.
7. Tener cuidado con el manejo de los fertilizantes nitrogenados, para evitar pérdidas por lixiviación.

Al igual que las reservas del nitrógeno orgánico, la concentración promedio total de fósforo se detectó muy baja y similar a la de la forma orgánica. La reserva limitada está representada en el fósforo unido al calcio en

VII. RESUMEN

Para llevar a efecto el presente estudio se seleccionaron dieciseis suelos ubicados en el Valle del Río Zulia, en el Departamento Norte de Santander.

El trabajo se orientó a conocer las distintas fracciones de nitrógeno, fósforo y potasio que permitieran mostrar más detalladamente el estado de fertilidad de estos suelos.

De los resultados obtenidos se puede destacar lo siguiente:

La concentración de sodio en estos suelos debe estudiarse más detenidamente con miras a evitar limitaciones para el establecimiento de futuros cultivos como la caña de azúcar. Se consideró bajo el porcentaje de materia orgánica para toda la región estudiada.

Se destacó una baja capacidad de intercambio catiónico que condiciona el efecto de los fertilizantes. Esta situación puede mejorarse con adiciones de materia orgánica o de abonos verdes.

El calcio, el potasio y el sodio presentaron con concentraciones medias, aspecto que demanda aplicaciones de cal y sales potásicas. El magnesio no ofrece limitaciones agronómicas.

El nitrógeno intercambiable presentó concentraciones bajas al igual que las reservas del nitrógeno orgánico.

La concentración promedio total de fósforo se detectó muy baja y similar a la de la forma orgánica. Su reserva limitada está representada en el fósforo unido al calcio no apatítico.

La reserva estructural de potasio y su forma no intercambiable total mostraron niveles bajos. La forma aprovechable es de tipo medio.

El estado del azufre y los micronutrientes es importante conocerlo tanto en su forma total como en la aprovechable.

Se recomienda efectuar investigaciones con el fin de determinar la capacidad de retención y fijación del fósforo. Paralelamente, realizar ensayos biológicos de fertilización que permita hacer recomendaciones más exactas y ajustadas a las necesidades de los cultivos.

La fertilidad de los suelos estudiados se consideró de un nivel medio a bajo, situación que permite sugerir estudios analíticos más detallados.

Ca, E and Na showed medium concentrations, being necessary lime and potassium salts applications. Mg do not show significant limitations.

Exchangeable H showed low concentrations as well as organic H reserves.

Total P concentration was very low and similar that of crystalline form. Its limited reserve is represented by phosphorus joined to non apatitic Ca.

Structural & non exchangeable form reserves show low levels. Available form is medium.

S and micronutrients stage are important of knowing as total form as available form.

Research for determining nitrogen and fixation capacities
are recommended, as well as to realize fertilization biological

Sixteen soils of Zulia River Valley, Departament of Norte de Santander, were chosen for the present study.

This study was carried out for knowing different fractions of N, P, and K in order to determine the fertility. This allows to suggest more detailed analytical studies.

Following results may emphasize:

Na concentraci3n must be thoroughly studied for avoiding restrictions for future crops as sugar cane. Organic matter percentage was considered low for the region.

Low C.E.C. conditioning fertilizers effects, was detected. This situation may improve with organic matter or green manure additions.

Ca, K and Na showed medium concentrations, being necessary lime and potassic salts applications. Mg do not show agronomic limitations.

Exchangeable N showed low concentrations as well as organic-N reserves.

Total P concentration was very low and similar that of organic form. Its limited reserve is represented by phosphorus joined to non apatitic Ca.

Structural K non exchangeable form reserves show low levels. Available form is medium.

S and micronutrients stage are important of knowing as total form as available form.

Researches for determining P retention and fixation capacities are recommended, as well as, to realize fertilization biological assays, allowing more exact and adjusted recommendations for the cultures.

Grass. Plant and soil 19(2): 65-80. 1963.

Studied soils fertility was considered from low to medium, this allows to suggest more detailed analytical studies.

of nucleic acid components in soil. Soil Science Society of America Proceedings 18: 40-46. 1954

3. ADAMS, R. Y. STEVENSON, F. J. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. Soil Science Society of America Proceedings. 28: 345-351. 1964.

4. AGUILO, H. V. Fraccionamiento del Moloso del Valle del Pacifico, Cauca, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Maricao, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 36 p.

5. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Wiley New York. 472 p. 1961.

6. ALLISON, F. E., DONERICH, J. R. y BOLLER, S. M. Ammonium fixation and availability in horapeter clay loam. Soil Science 75: 173-180. 1951.

7. AGUILO, F., GAVIN, L. E. y VILLARIL, L. A. Fraccionamiento del nitrógeno, moloso y potasio en el piso tropical del Departamento de Maricao, Llanura del Pacifico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Maricao, 1970. 116 p.

8. ADAMS, R. The fixation of ammonia in soils. I. Ammonia

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ACQUAYE, D. K. Some significance of soil organic phosphorus: mineralization in the phosphorus nutrition of cacao in Ghana. *Plant and soil* 19(1): 65-80. 1963.
2. ADAMS, A. P., BARTHOLOMEV, V. W. y CLARK, F. E. Measurement of nucleic acid components in soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 18: 40-46. 1954.
3. ADAMS, R. y STEVENSON, F. J. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. *Soil Science Society of America Proceedings*. 28: 345-351. 1964.
4. AGREDO, H. V. Fraccionamiento del fósforo del Valle del Pasto, Cauca, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1972. 56 p.
5. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. Wiley New York. 472 p. 1961.
6. ALLISON, F. E., DOESTSCH, J. H. y ROLLER, E. M. Ammonium fixation and availability in herpeter clay loam. *Soil Science* 75: 173-200. 1951.
7. ANGULO, F., NAVAS, L. E. y VILLAMIL, L. A. Fraccionamiento del nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, 1970. 116 p.
8. AOMINE, S. The fixation of ammonium in soils. I Ammonium

15. 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: 1569. 1952).
16. MASTIDAS, G., SALCEDO, A. y BONO, F. Estudio de los elementos nitrogenados, fósforo y potasio en los suelos del Valle de Cauca. Colombia. 1952.
9. ARAMBARRI, P. y MADRID, L. Relación entre el fósforo total fácilmente cambiante de cuatro suelos característicos andaluces. Anales de Edafología y Agrobiología. 24: 683-692. 1965.
17. ESPINOSA, H. Fraccionamiento de nitrógeno en suelos del Altiplano de Ipiques. Departamento de Marino, Colombia. 1965.
10. ARNOLD, P. W. Nature and mode of weathering of soil potassium reserves. Journal of the Science of Food and Agriculture 11: 286-292. 1962.
18. BLANCH, G. A. y GORTON, G. A. Organic phosphorus in soils. 1964.
11. ASTRALAGA, R. Caña de azúcar. Estudio agronómico en el Valle del Zulia, Norte de Santander. INCORA, Bogotá. 1964. 54 p.
19. BLANCH, G. A. y GORTON, G. A. Notes analytiques sur l'apport de potassium échangeable en acid soluble potassium as regards availability and reciprocal relationships. Soil Science Society of America Proceedings 10: 81-86. 1946.
20. BLANCH, G. A. Studies on some aspects of nitrogen in the soils.
13. AXLEY, J. H. y LEGG, J. O. Ammonium fixation in soils and the influence of potassium on nitrogen availability from nitrate and ammonium sources. Soil Science 90 (3): 151-156. 1960.
21. Fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. 1967. 191 p.
14. BARSHAD, I. Cation exchange in micaceous minerals. I Replaceability of the interlayer cations of vermiculite with ammonium and potassium ions. Soil Science 77 (6): 463-472. 1954.

15. BARROW, N. J. Phosphorus in soil organic matter. *Soils and Fertilizers* 24 (3): 169-173. 1961. 47-55. 1968.
16. BASTIDAS, O., CAICEDO, A. y ROMO, F. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo, Colombia. *Turrialba*. 20: 434-438. 1970.
17. BENAVIDES, H. Fraccionamiento de nitrógeno en suelos del Altiplano de Ipiales, Departamento de Nariño, Colombia. Tesis de grado. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia 1971. 63 p.
18. BLACK, C.A. y GORING, C. A. Organic phosphorus in soils. In Pierre, W. H. y Norman, A. G., eds. *Soil and fertilizers phosphorus*. New York, Academic Press 1953. pp. 123-152.
19. BLANCHET, R. y PERIGAUD, S. Notes analytiques sur l'appréciation du Niveau des réserves potassiques des sols; possibilité d'utilisation d'est les Morgan Barbier amélioré. *Annales Agronomiques (France)* 11 (3): 347-355. 1960.
20. BLASCO, M. Studies on some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Ph. D thesis. London, University of London, 1966. 311 p.
21. ———. Fertilidad de suelos. Facultad de Agronomía, Palmira, Universidad Nacional. 1967. 191 p.
22. ———. Microbiología del suelo. Turrialba, ICA, 1970. 247. p.

23. BLASCO, M. Informe preliminar del Amazonas Colombiano. Anales de Edafología y Agrobiología. 27: 47-55. 1968.
24. _____ y CONNFIELD, A. H. Fixation of added ammonium and nitrification of fixed ammonium in soils clay. Journal of the Science of Food and Agriculture 17: 481-484. 1966.
25. _____ Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. Agrochimica 12: 173-178. 1968.
26. _____ El fósforo orgánico en suelos tropicales. Turrialba 16 (1): 33-38. 1966.
27. _____ y PINEDA, R. Minerales amorfos y mineralización de nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas. Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina, Turrialba, Julio 6-13. 1969. Turrialba, IICA, 1969. pp. B-7.
28. BOUYOUCCOS, G. H. A comparison between the pippete method and the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Soil Science 38: 335-343. 1934.
29. BRENNER, J. M. The amino-acid composition of the protein material in soil. Biochemical Journal 46 (5): 568-542. 1950.
30. _____ Determination of nitrogen in soil by the kjeldahl method. Journal of Agricultural Science 55 (1): 11-13. 1960.
31. _____ Nitrogenous compounds. In McLaren, A. D. y Peterson, G. H. Soil Biochemistry. Dekker, New York. pp. 19-66. 1967.

32. BRENNER, J. N., y SHAW, K. Studies on the estimation and des-
composition of amino-sugars in the soil. Journal of Agri-
cultural Science 44(1): 152-159. 1954.
33. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. The nature and properties of
soils. New York, Macmillan, 1960. 567 p.
34. BURNS, F. A. y BARBER, S. A. The effect of temperature and
moisture of exchangeable potassium. Soil Science Society
of America Proceedings 25: 349-352. 1961.
35. CERVANTES, O. Relaciones entre PH, aluminio y materia orgá-
nica en algunos suelos de Colombia. Revista ICA 5 (1):
43-54. 1970.
36. CHAMORRO, L. et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fós-
foro 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.
37. CHANDRA, P. Note on the effect of shifting temperatures on
nitrifications in a loam soil. Canadian Journal of Soil
Science 42: 314-315. 1962.
38. CHANG, S. C. y JACKSON, H. L. Fractionation of soil phos-
phorus. Soil Science 84 (2): 134-144. 1957.
39. _____, Soil phosphorus fractions in
some representative soils. Journal of Soil Science 9 (1):
109-119. 1958.

40. DEAN, L. A. An attempted fractionation of the soil. *Journal of Agricultural Science* 28 (2): 234-246. 1938.
41. DURAN, N. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera del sur de la Guajira. Tesis Ing. Agr. Palmira, Universidad Nacional, 1968. 120 p.
42. FASSBENDER, H. W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meceta Central y de las llanuras atlánticas de Costa Rica. *Fitotecnica Latinoamericana* 3 (1-2): 187-202. 1966.
43. . Phosphate retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rica soils. *Agrochimica* 12 (6): 512-521. 1968.
44. . Química de suelos. Turrialba, IICA, 1968. 394 p.
45. , MULLER, L. y BALERDI, F. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba 18 (4): 333-347. 1968.
46. FEUILLET, B. C. y FEUILLET, S. A. Fraccionamiento de Nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Túquerres, bajo condiciones de pradera. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1971. 109 p.
47. 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 fertilizantes*. 1972.

- tilización de cultivos. Universidad del Tolima, Dpto. de Química y Suelos. 1-29 pp. 1972. *Fósforo en zonas tropicales*
48. PRYE, C. A. Fertilidad y fertilización en algunos suelos arroceros del Tolima. *Agric. Trop.* 7 (7): 393-408. 1969.
49. GAMBOA J., J. J. Dinámica del NPK en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1971. 71 pp.
50. GARCIA, B. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, 1969. 129 p.
51. GARMAN W. L. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. *Soil Science Society of América Proceedings.* 21: 52-58. 1957.
52. GONZALEZ F. J. Anotaciones sobre fertilización nitrogenada de arroz en Tolima, Colombia. *In* Ciclo de conferencias sobre fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Universidad del Tolima, Departamento de Química y Suelos. 96-102. 1972.
53. GRISALES, G. A. Las rocas ígneas en la formación de dos series de suelos de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé (Colombia)* 15 (1): 18-25. 1964.
54. GUERRERO, R. y ORTEGA, J. Comportamiento de las formas de fósforo y sus relaciones con la absorción de P por la arena, bajo tres fuentes de fertilización fosfatada en un latosol de Nariño, Colombia. *Turrialba.* 22(4): 420-430. 1972.

55. GUERRERO, R. y ORTEGA, J. 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.
56. HANWAY, J. J. y SCOTT, A. D. Soil pottasium moisture relations: II Profiles distribución of exchangeable K in Iowa soils and influenced by drying and reweting. Soil Science Society of America Proceedings 21: 501-504. 1957.
57. HARDY, F. Suelos Tropicales. Pedología tropical con énfasis en América. México, Herrero Hermanos, 1970. 334 p.
58. HARSMSSEN, G. W. y SCHREVEN, D. A. van. Mineralization of organic nitrogen in soil. Advances in Agronomy 7: 299-398. 1955.
59. HAYLOCK, O. F. A method for stemating the availability of non-exchangeable pottasium. Report VI th. International Congress Soil science. Paris, 403-408. 1956.
60. HEMMWALL, J. B. The fixation of the phosphorus by soils. Advances in Agronomy 9: 95-112. 1957.
61. HOGG, D. E. The assessment of available pottasium in soils. New Zealand Journal of Science and Technology 38 (7): 1015-1024. 1957.
62. I. C. A. Generalizades sobre fertilidad de los suelos colombianos. Ministerio de Agricultura. Boletín Técnico No 11. 1971. 24 p.

63. INCORA. Distrito de Riegos No 1 El Zulia, Norte de Santan -
der. Ministerio de Agricultura. 1968. 489 p.
64. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de sue
los para fines agrícolas de los municipios de Salazar, Ar-
boledas y Cucutilla (Departamento Norte de Santander).
1969. 266 p.
65. _____. Estudio general de sue
los para fines agrícolas, de los Municipios de Villa de
Rosario, Chinácota, Ragonvalia, Herrán y Pamplonita (Depar
tamento Norte de Santander). 1969. 152 p.
66. JACKSON, M. L. Chemical composition of soils. In Bear, F.E.
ed. Chemistry of the soil. 2 nd. ed. New York, Reinhold,
1964. pp. 71-144.
67. _____. Análisis químico de suelos. Trad. J. B. Mar-
tínez. Omega. Barcelona. 660 p. 1964.
68. _____, y SHERMAN, G. D. Chemical weathering of mine-
rals in soils. Advances in Agronomy 5: 296-297. 1953.
69. JENECKS, E. H., RAUSE, J. T. y REESE, C. B. Organic phospho-
rus content of some west Virginia soils. West Virginia A-
gricultural Experiment Station. Buletin No 489. 1964. 16p.
70. JONES, J. B. et al. Effect of drying some soils upon soil
test for pottasium. Soil Science Society America Procee -
dings 25: 123-125. 1961.
71. KAILA, A. Total content of phosphorus in sence Finnish soils.

70. Journal Science Agricultural Society of Finlandia. 35: 19-25. 1963. y recomendación de fertilizantes. ICA. Programa de suelos. sp.
72. KATZNELSON, H. A., PETERSON, A. y ROWALT, J. W. Phosphate dissolving microorganisms seed and the root zone plants. Canad. Jour. Botany. 40: 1181-1189. 1966. Palmira (Colombia); Centro Nacional de investigaciones Agropecuarias.
73. KAUFFMAN, M. D. y BOULDING, D. R. Relationships of non exchangeable potassium in soils adjacent to cation exchange resins and plants. Soil Science 104 (2): 145-150. 1967. A. Fito-technis latinoamericanas, Turrialba, Costa Rica. 2(1-2):
74. KEE, S. Ng. The potassium status of some malayan soils. The Malasyan Agricultural Journal 45 (2): 143-161. 1965.
75. LAWTON, J. Composición química de los suelos. In F. E. Bear. Química de suelos. Traducción de la 3ª ed. inglesa por J. de la Rubia Pacheco. Madrid, Ediciones Intercia, 1963. pp. 63-100.
76. LEON, A. Fósforo. In Interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes. ICA. Programa de suelos. sp.
77. ———. Estudio químico y mineralógico de diez suelos colombianos. Agricultura Tropical (Colombia) 20: 442-451. 1964.
78. MAC LEAN, A. J. Potassium supplying power of some canadian soils. Canadian Journal of soil Science 41 (1): 196-206. 1961.
79. MC CONAGHY, S. et al. Residual value of phosphates in relation to soil conditions. Tech. Bull. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food 20: 80-88. 1971. Ministry of Agriculture, Northern Ireland (original no consultado, resumido en soils and Fertilizers 35 (2): 1483. 1972).

80. MARIN, Potasio en los suelos. In Interpretación de análisis de suelos y recomendación de fertilizantes. ICA. Programa de suelos. sp.
81. MARIN, H. G., MAC CLUNG, A. LUENGA, V. A. La capacidad de va rios suelos colombianos para suministrar potasio. Palmira (Colombia), Centro Nacional de investigaciones Agropecuarias, 1964. 20 p.
82. MARTINI, J. A. Estado del potasio en suelos de Panamá. Fito- tecnia Latinoamericana, Turrialba, Costa Rica. 3(1-2): 163-186. 1966.
83. MATTA, A. G. 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, Instituto Tecnológico Agrícola. 1970. 168 p.
84. MIKAMI, D. T. y KANEHIRO, Y. Native fixed ammonium in Hawaiian soil. Soil Science Society of America Proceedings 32: 481-485. 1968.
85. MOLINA, G. y BLASCO, M. El nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Colombia. Turri- alba 20 (1): 23-26. 1970.
86. MORENO G., R. Algunos aspectos de la fertilización en cacao (Theobroma cacao L.) con observaciones preliminares sobre una respuesta a la aplicación de tres elementos mayores del suelo. Acta Agronómica (Colombia) 15 (1-4): 59-107. 1965.
87. MORTLAND, M. M. and WOLCOTT, A. R. Sorption of inorganic ni-

86. nitrogen compounds by soil materials soil nitrogen. *Advances in Agronomy*. 325-340 p. 1965.
88. MOSS, P. y COULTER, J. K. The potassium status of west Indian volcanic soil. *Journal of Soil Science* (15) (2): 284-299. 1964.
89. MUNSELL. Soil color charts. Baltimore. Mund. Col. Inc. sp. 1954.
90. MUÑOZ, T. y FABREGAS, R. Fósforo y potasio en suelos de cultivo de Gallegos. *An. Edafol. Agrobiol.* 21: 415-423. 1962.
91. NOMNIK, H. Fixation and defixation of ammonium in soils. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 7: 395-346. 1957.
92. ORDÓÑEZ, H. y BLASCO, M. Estudio del potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas*, (Colombia) 1 (1): 2-5. 1971.
93. PALMA B, G. Uso de resinas de intercambio iónico para evaluar la disponibilidad de fósforo en suelos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970.
94. PANTOJA, C. Fraccionamiento de fósforo en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, 1969. 111 p.
95. PEREZ, R. P. Uso de fertilizantes en la caña de azúcar. In *Ciclo de conferencias sobre fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Universidad del Tolima, Dpto. de Química y Suelos. 130-144. 1971.

96. PIEDRAHITA P., y BENAVIDES, G. de. Distribución y formas de potasio en algunos suelos de Colombia. *Agricultura Tropical (Colombia)* 222 (4): 183-189. 1966.
97. RAMIREZ, R. G. Bases de cambio extraídas por ácido clorhídrico N/10 y acetato de amonio en suelos del Valle. *Acta Agronómica (Colombia)* 1 (11): 51-56. 1950.
98. RODRIGUEZ, G. Fixed ammonium in tropical soils. *Journal of soils Science* 5 (2): 264-274. 1954.
99. ROJAS, L. A. Nivel de fertilidad de los suelos irrigados por el Río Saldaña. Bogotá, Colombia, Laboratorio Química Nacional. Boletín No 2. 1955. pp. 9-20.
100. ROSERO, L. G. Fraccionamiento de nitrógeno en algunos suelos de clima medio en el Dpto. de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 1970. 90 p.
101. RUSSEL, E. J. y RUSSEL, E. W. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Traducción de Gaspar González G. Madrid, Aguilar, 1968. 80 p.
102. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnosis de fertilidad. IICA. Turrialba, Costa Rica. 107 p. 1961.
103. SAUNDERS, H. M. y WILLIAMS, E. G. Determination of total organic phosphorus in soils. *Journal of soil science* 6 (2): 254-260. 1965.

104. SCHAUFELBERGER, P. Apuntes geológicos y pedológicos de la zona cafetera de Colombia: genética y clasificación de los suelos tropicales. Chinchiná, Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Cenicafé. 1962. Vol. 1. 238 p.
105. SCHOLLEMBERGER, C. J. y SIMON, M. Determination of exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Science 59 (1): 14-15. 1945.
106. SEN GUPTA, M. B. y CORNFIELD, A. H. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphate fractions and their relation to the amount of calcium carbonate present. Journal of the Science of Food and Agriculture 13: 652-663. 1962.
107. SILVA, M. J. Estudio químico y biológico de los suelos de Santander. Colombia, Ministerio de Minas y Petróleos, Boletín No 13. 1957. 106 p.
108. SMITH, N. The supply of soluble phosphorus to the wheat plant from inorganic soil phosphorus. Plant and soil. (22): 314-316. 1965.
109. SOHN, J. B. and PEECH, M. Retention and fixation of ammonia by soil. Soil Sci. 85: 1-9. 1958.
110. SOULIDES, D. A. y CLARK, F. E. Nitrification in grassland soils. Soil Science Society of America Proceedings 22: 308-311. 1958.
111. STEVENSON, F. J. Distribution of the forms of nitrogen in

- sonas profiles. Soil Science Society of America Proceedings. 21: 283-287, 1957.
112. SUAREZ DE CASTRO, F. Las quemas como práctica agrícola y sus efectos. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia Chinchiná, Colombia. Boletín Técnico. Vol. 2, No 18. 1957. 34. p.
113. SUAREZ M, J. G. Estudio de las fracciones volatilización del nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1972.
114. SUAREZ, H. A. Caracterización del estado del potasio en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, IICA, 1968. 303 p.
115. SUTTON, P. y SEAY, W. A. Relationships between the potassium removed by millet and red clover and the potassium extracted by 4 chemical methods from kentucky soils. Soil Science Society America Proceedings 22: 110-115. 1958.
116. TAFUR, H. y BLASCO, M. Potasio en los suelos de Valledupar. Revista ICA 5 (3): 327-336. Sepbre. 1970.
117. WILSON, R. D. y GAYNE, J. E. El nitrógeno en los suelos del Valle del Cesar. Acta Agronómica (Colombia) 18: 7-16. 1968.
118. TAININI, Y. N., KANEHIRO, Y. y SHERMAN, G. H. Ammonium fixation in amorphous Hawaiian soils. Soil Science. 95: 426-430. 1963.
119. THERON, J. J. The influence of plant on the mineralization

127. of nitrogen and the maintenance of organic matter in the soil. *Journal of Agricultural Science* 41: 289-292. 1951.
120. TINCKNELL, R. C. y LOPEZ, R. J. La fijación del potasio en algunos suelos venezolanos. *Revista de la Potasa (Suiza)* 4 (29): 1-9. 1962.
121. VAGELER, P. Algunas observaciones acerca del régimen potásico de los suelos tropicales áridos. *Revista de la Potasa (Suiza)*. 4(14): 1-6. 1954.
122. VIEIRA, L. S. y BORNEMISZA, E. Categorías de fósforo en los principales grandes grupos de suelos en la amazonia del Brasil. *Turrialba* 18 (3): 242-248. 1968.
123. WALKEY, A. and BLACK, I. A. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38. 1934.
124. WALSH, M. L. Native fixed ammonium and fixation of applied ammonium in several Wisconsin soils. *Soil Science* 20 (2) 84-87. 1959.
125. WEBER, F. D y GAYNEY, P. L. Relative sensitivity of nitrifying organisms to hydrogen ions in soils and in solutions. *Soil Science* 94: 138-145. 1962.
126. WESTIN, F. C. y BRITO, J. G. DE, Phosphorus fractions of some Venezuela soils as related to their stage of weathering. *Soil Science* 107 (3): 194-202. 1970.

127. WIKLANDER, L. From of potassium in the soil. In potassium symposium. Zurich, International Potash Institute, 1954. pp. 109-112.
128. WILLIAMS, C. H. Nitrogen, sulfur and phosphorus their interactions and availability. In Jacks, G. V., ed. Soil chemistry and fertility. Aberdeen, University Press, 1967. pp. 93-111.

A P E N D I C E

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

PROMEDIO EN LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Tipo	Superficie	Área	Arillos	Alto
QUEJUNA	4,16 %	14,48 %	68,20 %	17,42 %
LOS MUEB	1,23 %	41,63 %	31,79 %	26,36 %
EDUCAL	2,30 %	30,44 %	37,90 %	31,66 %
PROMEDIO GENERAL	2,99 %	28,85 %	45,99 %	25,21 %

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

TABLA I

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS
 PROMEDIO EN LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Tipo	C	Humedad	M.O.	Arenas	C.C.	Arcillas	Limos
GORGONA	1.62	4.36 %	14.48 %	68.28 %	17.48 %		
LOS REYES	1.32	1.33 %	41.63 %	31.79 %	26.56 %		
ZUMACAL	1.09	2.30 %	30.44 %	37.90 %	31.66 %		
PROMEDIO GENERAL		2.99 %	28.85 %	45.99 %	25.23 %		

TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS

PROMEDIOS EN LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Tipo	PH	C %	N %	M.O. %	C/N	C.C.C. me/100 g	BASES CAMBIABLES PPM			
							K	Ca	Hg	Na
GORGONA	5,62	1,32	0,14	2,29	8,91	16,55	120,07	668,94	341,66	57,95
LOS REYES	5,61	1,09	0,07	1,88	13,96	5,47	59,57	351,89	124,66	40,11
ZUMACAL	5,90	3,89	0,11	6,70	33,97	10,43	138,10	713,42	313,47	196,41
GENERAL		1,103,00	770,44	353,12	344,07	10,31	12,17		7,16	

1
2
1

TABLA III

FRACCIONES DE NITROGENO

CONTENIDO PROMEDIO DE LOS TIPOS DE SUELO ESTUDIADOS

Resultados en ppm

Serie	N-total compl.	N-orgánico Apetit.	Total Apetit.	N-NH ₃ INORGANICO		NH ₃ Orgánico	NH ₃ Intercom.	Total NH ₃
				Nat.fijo	Aluminio			
GORGONA	1.513,11	713,61	799,54	787,69	11,83	9419,87	287,53	9,3158,29
LOS REYES	808,25	339,37	474,86	467,20	7,65	3417,23	101,4	10,733,15
ZUMACAL	1.145,00	789,81	355,18	344,87	10,31	9512,17	84,55	7,166,90

TABLA IV

CONCENTRACIONES PROMEDIAS DE FOSFORO EN LOS TIPOS DE

SUELOS ESTUDIADOS

Tipo	Fácil reempl.	Ca no Apatit.	Ca Apatit.	Unido Aluminio	Unido Hierro	Orgánico	Inerte	Total
BARBANA	6,97	6,97	777,61	470,91	81,25	130,07		12,76
GORGONA	7,65	21,22	64,19	8,61	176,72	92,23	287,53	658,29
LOS REYES	6,77	23,42	50,39	9,03	57,13	34,42	101,42	283,15
ZUMACAL	6,02	16,62	169,81	11,25	125,31	93,34	84,55	506,90

TABLA V

CONCENTRACIONES PROMEDIAS DE POTASIO EN LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en ppm

Resultados en mg/100 g de suelo

Tipo	K Total	K Estructural	Total	más soluble	NO ₃ H O ₃ LN	NH ₄ OACN	K soluble en agua
GONGONA	8.978,15	8.097,22	797,61	470,91	83,29	120,07	12,78
LOS REYES	5.283,43	4.949,88	312,01	131,25	21,52	59,57	9,26
ZUMACAL	5.421,90	4.937,50	461,37	208,69	23,01	138,10	40,92

TABLA VI

BASES CAMBIABLES DEL SUELO

CONTENIDO PROMEDIO DE LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en m.e./100 g de suelo

Tipo	K	Ca	Mg	Na
GORGONA	0,30	3,34	2,84	0,25
LOS REYES	0,15	1,25	1,03	0,17
ZUMACAL	0,35	3,56	2,61	0,85
PROMEDIO	0,26	2,71	2,16	0,42

TABLA VIII

RELACION C/P. ORGANICO
Resultados en ppm

TABLA VII

PORCENTAJE DE SATURACION DE BASES

CONTENIDO PROMEDIO DE LOS TIPOS DE SUELOS ESTUDIADOS

Resultados en porcentaje

Nombre de la muestra

BASES CAMBIABLES

TIPO

K

Ca

Mg

Na

GORGONA

LOS REYES

ZUMACAL

PROMEDIO

1,51

3,10

8,14

4,25

17,16

18,82

25,02

20,18

22,85

34,13

1,81

2,74

3,35

2,63

20,33

25,72

434,5:1
174,5:1
184,1:1
84,2:1
74,3:1
94,8:1
104,8:1
64,8:1
134,3:1
244,3:1
334,1:1
774,0:1
124,2:1
414,0:1
424,0:1
414,3:1

174,0:1
224,06:1
34,0:1

134,5:1 (*)
424,8:1
414,5:1

C/P Organico

TABLA VIII

RELACION C/P. ORGANICO
Resultados en ppm

Nombre de la muestra		C/P Orgánico
		656,6:1
GORGONA	1	178,5:1
GORGONA	2	183,1:1
GORGONA	3	88,2:1
GORGONA	4	78,5:1
GORGONA	5	94,8:1
GORGONA	6	105,3:1
GORGONA	7	68,8:1
GORGONA	8	135,3:1
GORGONA	9	297,1:1
LOS REYES	1	520,1:1
LOS REYES	2	779,0:1
LOS REYES	3	123,2:1
LOS REYES	4	417,0:1
ZUMACAL	1	422,0:1
ZUMACAL	2	413,5:1
ZUMACAL	3	
		779,0:1
		285,06:1
		68,8:1
MAXIMO		
PROMEDIO		
MINIMO		
TIPO GORGONA		176,5:1 (")
TIPO LOS REYES		429,8:1
TIPO ZUMACAL		417,5:1

(") Promedio en ppm

TABLA IX

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS TRES SERIES
CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS ESTUDIADOS +

Serie	Textura	PH	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Saturación de Calcio
CAMPOALEGRE	Ar	5,5	Bajo	Muy bajo	Medio	Regular
EL PLOMO	F - Ar	5,8	Bajo	Bajo	Bajo	Regular
ZIHUAL	F - A	6,0	Bajo	Muy bajo	Bajo	Buena

+ Tomado de Astráraga (11).

AN	15745
T	Fuentes, T., Felipe E.
631.4	Fraccionamiento de nitró-
F954	geno; fósforo y potasio en algunos sue-
Ej. 1	los del valle del zulía, Norte de Santan.
NOMBRE	Yanith Ortega
No. del Carnet	203
NOMBRE	Fredy Guerrero

AN
T
631.4
F954
Ej. 1

15745