

40
T
E. 636.85
5643
Ej. 7

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO EN SUELOS VOLCANICOS DEL ALTIPLANO
DE IPIALES, NARIÑO

Por

11
MARIA GIOHIA GONZALEZ GUACAN

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

Tesis de grado presentada como requisito
Artículo 11 del Decreto 1000 de 1968, artículo 11, org
nado del Decreto INGENIERO AGRONOMO de la Universidad
de Pasto.

Presidente de tesis

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

Copresidente

JOAQUIN CAMBOA JAIMES I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1.971

AN
T
E-631.85
E643
Ej. 7

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

Artículo 1º del Acuerdo No. 324 de 1966, Octubre 11, con-
nado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad
de Maricao.

La autora expresa sus agradecimientos a:

RICHARD QUINTERO RIASCOS I.A., M.Sc.

JOAQUIN GARCIA JAIMES I.A., M.Sc.

FRANCISCO GONZALEZ DE LA ESPERILLA

A MIS HERMANOS QUERIDOS

FRANCISCO GIBRELY FABILLA I.A., M.Sc.

HERNAN GARCIA QUINTERO I.A.

HERNANDEZ RUBEN GARCIA

Personal de Laboratorio de Suelos de

la **D E D I C O** Estación Agrícola de
la Universidad de Manila.

MARIA GLORIA GONZALEZ GUACAN

Las personas que en una u otra forma
hicieron posible la terminación del
presente trabajo.

I.	La autora expresa sus agradecimientos a :	
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	RICARDO GUERRERO RIASCOS I.A., M.Sc.
2.1.1	Introducción	JOAQUÍN GAMBOA JAINES I.A., M.Sc.
2.1.2	Objeto	FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
2.1.3	Objeto	
2.1.4	Objeto	FRANCISCO CITELLY PADILLA I.A., M.Sc.
2.1.5	Objeto	EFREN CORAL QUINTERO I.A.
2.1.6	Objeto	ESPERANZA RUBIO CAYCEDO
2.2	CONTRIBUCIONES DE	Personal de Laboratorio de Suelos de
2.3	PERSONAS DE	la Facultad de Ciencias Agrícolas de
2.3.1	PERSONAS DE	la Universidad de Maricao.
2.3.2	PERSONAS DE	Las personas que en una u otra forma
2.3.3	PERSONAS DE	hicieron posible la terminación del
		presente trabajo.
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	MATERIALES	
3.2	MÉTODOS	
3.2.1	Método	
3.2.2	Método	
3.2.3	Método	
3.2.4	Método	
3.2.5	Método	
3.2.6	Método	
3.2.7	Método	
3.2.8	Método	
3.2.9	Método	

CONTENIDO		Pág.
		Pág.
I.	INTRODUCCION	1
II.	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	3
2.1.1	<u>Ubicación y extensión.</u>	3
2.1.2	<u>Clima.</u>	5
2.1.3	<u>Suelos</u>	5
2.1.4	<u>Ecología</u>	5
2.1.5	<u>Uso actual de la tierra</u>	7
2.1.6	<u>Geología.</u>	7
2.2	GENERALIDADES SOBRE EL FOSFORO	8
2.3	FRACCIONES DE FOSFORO	10
2.3.1	<u>Fósforo total</u>	11
2.3.2	<u>Fósforo orgánico</u>	12
2.3.3	<u>Fósforo inorgánico.</u>	14
III.	MATERIALES Y METODOS	18
3.1	SUELOS	18
3.2	ANALISIS FISICO-QUIMICO GENERAL	18
3.2.1	<u>Humedad.</u>	20
3.2.2	<u>Color del suelo.</u>	20
3.2.3	<u>Textura.</u>	20
3.2.4	<u>El.</u>	20
3.2.5	<u>Carbono orgánico</u>	20
3.2.6	<u>Materia orgánica</u>	20
3.2.7	<u>Nitrógeno total.</u>	20
3.2.8	<u>Relación carbono-nitrógeno</u>	21
3.2.9	<u>Capacidad catiónica de cambio.</u>	21

TABLAS

		Pág.
	3.2.10 <u>Cationes cambiabiles.</u>	21
Tabla	3.2.11 <u>Hidrógeno de cambio.</u>	21
	Principios del análisis de Sulfuro (Sulfuro)	
	3.3 <u>FRACCIONAMIENTO DEL FOSFORO</u>	21
	3.3.1 <u>Fósforo fácilmente reemplazable</u>	21
Tabla	3.3.2 <u>Fósforo unido al calcio no amfítico.</u>	22
Tabla	3.3.3 <u>Fósforo unido al aluminio.</u>	22
Tabla	3.3.4 <u>Fósforo unido al hierro.</u>	22
	3.3.5 <u>Fósforo unido al calcio amfítico.</u>	22
Tabla	3.3.6 <u>Fósforo orgánico.</u>	23
Tabla	3.3.7 <u>Fósforo total.</u>	23
Tabla	3.3.8 <u>Fósforo inerte</u>	23
	3.3.9 <u>Fósforo aprovechable</u>	23
Tabla	3.4 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	24
	Los fracciones de fósforo. Resultados en %.	
IV.	<u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	25
Tabla	4.1 <u>GENERALIDADES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS</u>	25
	4.2 <u>FOSFORO</u>	26
Tabla	4.3 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	31
	Los de hierro y aluminio expresados en porcentajes	
V.	<u>CONCLUSIONES</u>	50
	Los del análisis total y del fósforo aprovechable.	
VI.	<u>RECOMENDACIONES</u>	51
Tabla	4.4 <u>RESUMEN</u>	52
Tabla	4.5 <u>SUMMARY</u>	53
	Los de calcio y aluminio y relación de %.	
VIII.	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	54
	Los de calcio y aluminio y relación de %.	
	<u>APENDICE</u>	62
Tabla	4.6 <u>ANÁLISIS ESTADÍSTICO</u>	62
	Los de calcio y aluminio y relación de %.	

TABLAS

		Pág.
	APENDICES	
Tabla I.	Posición geográfica de las cabeceras de los municipios del Altiplano de Ipiales (Zambrano, <u>et al.</u> , 58).	4
Tabla II.	Algunas características físicas. Suelo	32
Tabla III.	Algunas características físicas. Subsuelo. . .	33
Tabla IV.	Algunas características químicas. Suelo . . .	34
Tabla V.	Algunas características químicas. Subsuelo . .	35
Tabla VI.	Fracciones de fósforo. Suelo. Resultados en ppm.	36
Tabla VII.	Fracciones de fósforo. Subsuelo. Resultados en ppm.	37
Tabla VIII.	Concentraciones; máximas, promedias y mínimas de las fracciones de fósforo. Resultados en ppm. .	38
Tabla IX.	Fósforo aprovechable (Bray I). Resultados en ppm.	39
Tabla X.	Comparación de los fosfatos cálcicos y los fosfatos de hierro y aluminio expresados en porcentajes del fósforo total y del fósforo inorgánico..	40
Tabla XI.	Relación N/P orgánico.	41
Tabla XII.	Relación C/P orgánico	42
Tabla XIII.	Contenido de calcio y magnesio y relación Ca/Mg. correspondiente a los suelos. Resultados en ppm.	43
Tabla XIV.	Contenido del calcio y magnesio y relación Ca/Mg correspondiente a los subsuelos. Resultados en ppm.	44

FRANQUICHARDADO EN FOSFORO EN SUELOS HERMANOS DEL ALTIPLANO
ILUSTRACIONES

DE IPIALES, MARZO (+)

Pág.

Figura 1. Altiplano de Ipiales con las zonas donde se to-
maron las muestras de suelos. 19

Figura 2. Contenido promedio de las fracciones de fósforo
en los suelos. 45

I. INTRODUCCION

Figura 3. Contenido promedio de las fracciones de fósforo
en los subsuelos. 46

Figura 4. Comparación del contenido promedio de fósforo
orgánico en los suelos y subsuelos. 47

Figura 5. Relación entre el P-fácilmente reemplazable y
el P-provechable en el suelo. 48

Figura 6. Relación entre el P-calcio no apatítico y el
P-provechable en el suelo. 49

El factor más importante en la disponibilidad de fósforo es el pH
del suelo. En el caso de suelos ácidos, la disponibilidad de fósforo
depende en gran medida de la capacidad de intercambio catiónico
del suelo.

El fósforo es uno de los nutrientes esenciales para el cultivo
de las plantas. En el suelo, el fósforo se encuentra en las diferentes
formas de la roca madre y la disponibilidad de fósforo en el suelo
depende de muchos factores.

- 2 -

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO EN SUELOS VOLCANICOS DEL ALTIPLANO
DE IPIALES, NARIÑO (+)

Por
MARIA GLORIA GONZALEZ GUACAN

I. INTRODUCCION

El Altiplano de Ipiales ha sido considerado dentro del departamento de Nariño como una región esencialmente agrícola y ganadera, cuyo futuro más promisorio se encuentra en la explotación adecuada de estos dos renglones; además, hace muchos años la región adquirió gran importancia por ser escala obligada del comercio nacional con la República del Ecuador.

Un factor muy importante en la producción agropecuaria es el suelo, y en éste el conocimiento de la disponibilidad de nutrientes, la forma en que ellos se encuentran y la gran utilidad práctica que tienen en la fertilidad de los suelos es obvia.

El fósforo es uno de los elementos esenciales obtenidos del suelo por la planta, de aquí el papel que desempeña en los diferentes estadios de la vida de los vegetales y la importancia que tiene en la consti

(+) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero R. I.A., M.Sc. y la copresidencia de Joaquín Gamboa Jaimes, I.A., M.Sc.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ZONA

2.1.1 Ubicación y extensión.

Dentro del marco geográfico del Departamento, se advierten cinco zonas topográficas bien diferenciadas: Llanura del Pacífico, Llanura Amazónica, Vertiente Occidental, Vertiente Oriental y Zona Andina (altiplanicies y crestas) (Zambrano et al., 58).

La región estudiada se encuentra incluida en la Zona Andina. Dicha zona ocupa todo el núcleo montañoso que atraviesa el territorio del Departamento, de sur a norte, como una continuación morfológica de la Cuenca Interandina ^{Qu}cuatoriana. La cuenca Interandina Marifeg se está enclavada entre las dos crestas de las cordilleras Centro-Oriental y Occidental y en el sur, por el arco montañoso formado por el Cumbal y sus estribaciones, el Chiles, el Cerro de las Peñas y el Cerro de Troya (58).

Geográficamente, el Altiplano ocupa la parte meridional de la Cuenca Interandina, que configura el centro de la región; la parte sur de la vertiente oriental, parte del Altiplano Túquerres-Ipiiales y el Sur-oeste de la Vertiente Occidental de la cordillera del mismo nombre (22).

Cosprende los municipios de Aldana, Carlosama, Contadero, Gualmatán, Ipiiales, Pupiales y parte de Cumbal y Potosí. Las coordenadas geográficas, altitud y temperatura media se encuentran en la Tabla I.

TABLA I

POSICION GEOGRAFICA DE LAS CARRETERAS DE LOS MUNICIPIOS DEL ALTIPLANO DE IPIALES (Zambrano et al, 58)

MUNICIPIOS	LATITUD NORTE	LONGITUD AL N DE BOGOTA	LONGITUD AL W. DE GREENWICH	ALTITUD MIS.	TEMPERATURA °C.
ALDANA	0° 53' 16"	3° 37' 32"	77° 42' 24"	2.980	12
CONTADERO	0° 54' 28"	3° 27' 53"	77° 32' 45"	2.530	16
CUBAL	0° 53' 51"	3° 42' 20"	87° 47' 12"	3.032	11
GUALMANTAN	0° 55' 20"	3° 29' 09"	77° 34' 01"	2.830	13
IPIALES	0° 49' 30"	3° 33' 22"	77° 37' 14"	2.890	13
POTOSI	0° 48' 45"	3° 29' 48"	77° 34' 40"	2.779	13
FUPIALES	0° 53' 31"	3° 33' 49"	77° 38' 41"	3.050	12
CARLOSANA*					

* No existen datos del municipio de Carlosana.

2.1.2 Clima.

La zona estudiada tiene una temperatura que oscila entre 6 y 24°C; la precipitación varía entre 500 y 1000 mm/año, y una altitud que va aproximadamente de los 2000 a los 4000 m.s.n.m.

2.1.3 Suelos.

Los suelos en estudio, son posiblemente andosoles, característicos de áreas volcánicas. Presentan perfiles del tipo A-C; el C es ceniza volcánica (blanca), se nota una serie de listas negras y oscuras, de materia orgánica; presencia de cutanes (superficies de erosión). Son suelos en los que no ha influido el clima como factor de formación y podrían clasificarse como calcisórficos (clasificación francesa) o "inceptisoles" con propiedades de andepta (7ª. aproximación) (9).

2.1.4 Ecología.

De acuerdo al sistema propuesto por Holdridge (32), Espinal y Montenegro (26), Zambrano, et al., (58) encuentran las siguientes formaciones vegetales: bosque húmedo Montano (bh-M) y bosque seco Montano Bajo (bs-MB), en una extensión que abarca casi el 90% de la región, el resto (10%), corresponde al bosque seco Sub-tropical (bs-ST) (parte del municipio de Contadero).

2.1.4.1 Bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

Es una formación que tiene como límites climáticos: una temperatura entre los 12 y 18°C., un promedio anual de lluvias entre 500 y 1000 mm. y una altitud entre 2000 y 3000 mts. No obstante recibir poca lluvia, el clima es relativamente sub-húmedo debido a las bajas tem

peraturas. Estas son un poco cálidas durante el día y más frías durante la noche. A veces, esta brusca oscilación de temperatura provoca la presencia de heladas y escarchas, constituyendo éste un factor limitante para algunos cultivos de hábito tropical.

Esta formación se encuentra en los municipios de Carlosalvarado, Contadero, Gualmatán, Ixiales y Pupiales.

2.1.4.2 Bosque húmedo Montano (bh-M).

Tiene como límites climáticos: una temperatura media anual entre 6 y 12°C y un promedio anual de lluvia entre 500 y 1000 mm. Se inicia, aproximadamente, a los 3000 m.s.n.m., extendiéndose hasta unos 1000 metros más de altura. Por presentarse a mayor altitud que el bosque seco Montano Bajo, la temperatura es menor, lo cual hace que, aún, con poca lluvia, su clima sea húmedo, debido a la baja eficiencia térmica que se refleja en una menor evapotranspiración. En varios meses del año las temperaturas durante el día son frescas, pero por las noches bajan fuertemente con frecuentes formaciones de heladas y escarchas.

2.1.4.3 Bosque seco Sub Tropical (bs-ST).

Esta formación solamente se encuentra en una pequeña área del municipio del Contadero. Los factores que determinan la poca precipitación de esta zona, son efectos orográficos que producen condiciones locales de corrientes de aire. Los límites climáticos generales del bosque seco Sub Tropical son: temperatura inferior a 24°C y promedio anual global de lluvias que varía entre 500 y 1000 mm. Ocupa una faja altitudinal aproximada entre 800 y 2100 metros de altitud.

2.1.5 Uso actual de la tierra.

La región registra un volumen apreciable de producción y en ella se destacan los cultivos que son característicos del pié se térmico frío: cebada (Hordeum vulgare L.), maíz (Zea mays L.), papa (Solanum tuberosum L.) y trigo (Triticum vulgare L.).

La industria sinera se encuentra en el municipio de Cusbal, en donde se explota el azufre en forma rudimentaria y en pequeña escala. La ganadería es extensiva, con alguna selección (22).

2.1.6 Geología.

En estudios sobre el desarrollo urbano de Pasto, se encuentra que dentro del territorio del Altiplano de Ipiales afloran rocas cuya edad varía entre el Paleozoico, la edad Post-jurásica y el Cuaternario (34).

2.1.6.1 Paleozoico.

Se han asignado, provisionalmente, a la era paleozoica las rocas más antiguas encontradas en Mariño (46).

Las rocas ígneas y metamórficas no diferenciadas de la cordillera Centro-Oriental, constituyen un compuesto de neis, anfibolitas y esquistos que se encuentran en intrusiones de granitos y diques pragmatitas y afloran en el sector meridional de la cordillera Centro-Oriental. Estas rocas se encuentran principalmente en el flanco occidental de la cordillera; las rocas metamórficas antiguas aparecen en las hogueras de los ríos Curiazo y Télles, afluentes del Guátara, en forma de anfibolitas, esquistos y de neis cruzados por diques de pragmatita (21).

2.1.6.2 Mesozoica.

Las rocas ígneas post-jurásicas, de carácter básico afloran en las regiones de El Tambo y San Bernardo, y las de carácter ácido, a las cuales pertenece el grupo diorítico que Grosse (31) llamó macizo de Piedrancha y que se extiende desde el Ecuador hasta la región de Sotomayor.

2.1.6.3 Cenozoica.

Las rocas volcánicas neocenozoicas, provenientes de la actividad volcánica de fines del Terciario y del Cuaternario, ocupan una inmensa porción del Terciario de Mariño y son especialmente comunes en las cordilleras Occidental y Centro-Oriental, y en la zona interandina (hoyas del río Guáitara, río Pasto y río Mayo). Los depósitos neovolcánicos consisten principalmente en brechas, bombas, tobas andesíticas y cenizas en diversos grados de compactación (31).

2.1.6.4 Cuaternario.

Las rocas del cuaternario consisten en sedimentos aluviales formados por detritos derivados de la erosión de las partes altas de las cordilleras y que fueron transportados y depositados por las corrientes de agua. Se las encuentra en el Altiplano de Túquerres-Ipiales y en la Hoya del Guáitara (21).

2.2 GENERALIDADES SOBRE EL FOSFORO

De los trece elementos esenciales obtenidos del suelo por las plantas, seis son usados relativamente en grandes cantidades (N, P, Ca, K, Mg y S).

Es difícil establecer en detalle las funciones del fósforo en la economía de las plantas, ya que son muchas y muy complejas, pero entre ellas se tiene que contribuyen favorablemente en la división celular y crecimiento, así como en la formación de albúminas (20).

2.3 FUNCIONES DE NUTRIMENTO

También es un componente del núcleo celular y de los ácidos nucleicos, constituyentes esenciales en la vida de las células; almacena y supe energía en reacciones específicas como la respiración y la fermentación; entra en muchas reacciones bioquímicas concernientes con el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas. Interviene en la germinación, en el crecimiento y en los procesos de maduración de las semillas y los frutos; mantiene las condiciones de acidez y alcalinidad de las células de las plantas (2, 33, 56, 57).

Buckman y Brady (20), dicen que con la posible excepción del nitrógeno, ningún otro elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas en el campo como el fósforo. Una carencia de este elemento es debilmente seria, puesto que evita que las plantas aprovechen otros nutrientes. También, anotan que si el pH del suelo está adecuadamente ajustado para el fósforo, el resto de los nutrientes vegetales, si están presentes en cantidades adecuadas, serán satisfactoriamente asimilables en la mayoría de los casos.

Fassbender, citado por Angulo et al. (3), anota que el rasgo principal del fósforo, es su carácter de elemento limitante para la producción en la mayoría de los suelos tropicales, derivados o no de cenizas volcánicas, debido a los problemas de fijación, bien sea por los sesquióxidos de hierro y aluminio, o por la alúfana.

Esta limitación se hace más clara en las partes más frías del

país (42), y en aquellas regiones destinadas a la ganadería y al cultivo intensivo de cereales en donde, además, el fósforo se encuentra en cantidades más bajas (4).

2.3 FRACCIONES DE FOSFORO

La importancia del fósforo en la nutrición de plantas y también su bajo contenido en suelos tropicales señalan la necesidad de investigar las distintas formas que presenta el fósforo en los suelos (40).

Con la publicación del método analítico de Chang y Jackson (23), para la determinación de los diversos compuestos del fósforo en el suelo, se han adelantado muchas investigaciones al respecto, tales como las de Ahmad y Jones, Al-abbas y Barber, Blasco y Bohórques, Panteja y otros autores citados por Ortega (44).

Tafur, citado por Ortega (44), anota que el fraccionamiento se basa en la solubilidad diferencial de los fosfatos inorgánicos a varios extractantes. Por este procedimiento se conoce cuál es la forma dominante de los suelos, cuál la que ocasionaría los mayores porcentajes de fijación al adicionar fertilizantes fosfatados, y cuál la que dinámicamente puede incrementar las fracciones asequibles a las plantas.

En suelos de la Llanura del Pacífico, Angulo et al. (3) encontraron, en promedio, que la cantidad de las diferentes formas de fósforo expresadas como porcentaje del fósforo total del suelo, disminuyeron en el orden P-inerte, P-unido al aluminio, P-orgánico, P-unido al calcio apatítico, P-unido al hierro, P-unido al calcio no apatítico, P-fácilmente reemplazable.

Hatta y Palacios (39), en suelos tropicales del Putumayo, en

contraron en los tres primeros horizontes que el P-inerte predominaba sobre las demás fracciones siguiendo en su orden el P-unido al aluminio, P-orgánico, P-unido al hierro, P-unido al calcio apatítico, P-fácilmente reemplazable y P-unido al calcio no apatítico.

2.3.1 Fósforo total. Pantoja (45), atribuye que el bajo contenido de fósforo total en los suelos de la zona de estudio, se debe a la erosión bastante notable del área estudiada. Además, menciona que autores como la ng. Guel y Agarwall y otros autores, citados por Pantoja (45), enuncian entre los factores que regulan el contenido del fósforo total en el suelo, principalmente la textura, el grado de desarrollo del suelo, el material parental y la profundidad.

Blasco y Bohórquez (13) y Tafur (54), encontraron en suelos tropicales que el fósforo total disminuye a medida que aumenta la profundidad del perfil, por efecto de la rápida disminución de la fracción orgánica.

En suelos tropicales de la Llanura del Pacífico, Angulo et al. (3), encontraron que el fósforo total se aproxima a los niveles promedio sugeridos por Fassbender y supera a las cantidades obtenidas en los suelos del trópico húmedo amazónico. Estos promedios son: 577,68 ppm. para la primera capa, 276,15 y 129,30 ppm. para la segunda y tercera capas, respectivamente. En los distintos perfiles estudiados, los contenidos totales disminuyeron al aumentar la profundidad. Esta reducción es una consecuencia de la disminución en las fracciones inertes, orgánica y de los fosfatos de hierro y aluminio.

Matta y Palacios (39), en suelos tropicales del Putumayo, concluyeron que el contenido de fósforo es bajo como cabe esperar en una zona tropical meteorizada. Las cantidades de fósforo total son ig

feriores a las concentraciones promedias que da Fassbender: 381,96, 332,14 y 132,06 ppm. para la primera, segunda y tercera capa, en su orden.

Pantoja (45), atribuye que el bajo contenido de fósforo total de los suelos de clima medio de Bariloche, se debe a la erosión bastante notable del área estudiada. Además, anota que parece que la meteorización física tiene tanta importancia como la meteorización química en el contenido de fósforo de los suelos.

2.3.2 Fósforo orgánico.

La mayor parte del fósforo absorbido por las plantas es transformado en compuestos orgánicos, regresando al suelo como residuos de cosechas (10).

Buckman y Brady (20), anotan que los tres grupos principales de compuestos fosforados orgánicos: 1. fitina y derivados de la fitina; 2. ácidos nucleicos y 3. fosfolípidos, presentes en las plantas, también existen en los suelos. Además, Sánchez (48), incluye el fósforo inorgánico que ha sido convertido a la forma orgánica por los microorganismos del suelo.

Blasco y Bohórquez (13), afirman que el fósforo orgánico es una fracción muy importante en suelos tropicales.

John et al., citados por Blasco y Bohórquez (13), anotan que los resultados obtenidos en suelos de la Columbia Británica señalan que los compuestos de materia orgánica en suelos salinos o neutros tienen una mayor contenido de fósforo que los de suelos ácidos, y que el

fósforo orgánico es más soluble a alto que a bajo pH. Según Passbender et al. (28), el fósforo orgánico puede representar, aproximadamente un 3 a un 90% del fósforo total.

Nestin y Buntley, citados por Pantoja (45), indican que la cantidad más alta de fósforo orgánico se presenta en suelos de mayor precipitación y temperatura anual baja.

Pantoja (45), en suelos de clima medio de Mariño, indica que el porcentaje del fósforo orgánico en relación al fósforo total es bajo, oscilando entre 14,90% en suelos de pradera y 9,55% en suelos de cultivos; porcentajes que son inferiores a los encontrados en otros suelos de origen volcánico.

En suelos tropicales del Putumayo, el contenido de fósforo orgánico es bajo al igual que ocurre en los suelos de la Llanura del Pacífico. De esto se deduce que las relaciones N/P orgánico y C/P orgánico, sean extremadamente amplias, las mayores registradas hasta la fecha en Colombia. En estos suelos, la fracción inorgánica es mucho más importante que la fracción orgánica (Matta y Palacios, 39; Angulo et al., 3).

Pantoja (45) anota, que la relación N/P orgánico alta, muy posiblemente está indicando una mayor presencia de fitina que de ácidos nucleicos, lo cual es índice de que la mineralización de fósforo de estos suelos puede ser débil.

Black y Goring, citados por Matta y Palacios (39), indican que existe una correlación significativa entre las cantidades de fósforo orgánico y las cantidades de carbono orgánico y nitrógeno. Estos auto

res dicen que la materia orgánica de los suelos minerales, contienen C:N:P en relación 110:9:1, siendo más amplia para suelos orgánicos. La relación entre el fósforo orgánico y la materia orgánica es mayor en suelos ácidos que en suelos alcalinos, lo que quiere decir que el fósforo orgánico es resistente a la descomposición en suelos ácidos.

2.3.3 Fósforo inorgánico.

Buckman y Brady (20), indican que la mayor parte de los compuestos inorgánicos de fósforo en los suelos pertenecen a uno de estos dos grupos: 1. los que contienen calcio y 2. los que contienen hierro y aluminio. El compuesto de calcio más insoluble es el fluor-apatito, $3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\text{F}_2\text{Ca}$. Se lo encuentra, por lo general en forma de mineral originario. Aún, en los suelos más meteorizados sobre todo en sus horizontes inferiores. Este hecho es una indicación de su gran insolubilidad y consiguiente falta de aprovechamiento del fósforo que contiene.

Los compuestos más sencillos de calcio, tales como los fosfatos mono- y dicálcicos, $(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$, PO_4HCa , son fácilmente asimilables para el desarrollo vegetal. Excepto en suelos recientemente fertilizados, estos compuestos están presentes en cantidades extremadamente pequeñas, ya que con facilidad se transforman en materiales más insolubles.

Chang y Jackson, citados por Buckman y Brady (20), indican que la constitución de los fosfatos de hierro y aluminio contenidos en el suelo, es mucho menos conocida que la de los compuestos de calcio.

Los compuestos citados son, probablemente fosfatos hidroxidados tales como la dufrenita, $\text{FePO}_4 \cdot \text{Fe}(\text{OH})_3$; la uavelita, $\text{Al}_6(\text{POH})_6$.

$9H_2O$; estrengita, $Fe(OH)_2H_2PO_4$; la variscita, $Al(OH)_2H_2PO_4$; apatita, $3Ca_3(PO_4)_2CaF_2$; la vivianita, $Fe_3(PO_4)_2 \cdot H_2O$, etc. Estos compuestos son más estables en suelos ácidos y son extremadamente insolubles.

Hsu y Jackson y otros autores citados por Pantoja (45), anotan que la cantidad relativa de fósforo inorgánico refleja diferencias genéticas entre los suelos.

2.3.3.1 Fósforo inerte.

Letero y Tafur, citados por Matta y Palacios (39), indican que la fracción inerte corresponde a formaciones mineralógicas muy estables, no participando en la reacción de un suelo, sino a medida que se produce la meteorización.

Angulo et al. (3), Matta y Palacios (39) y Pantoja (45), señalan la mayor existencia del fósforo inerte en relación a las restantes fracciones. Para los primeros autores representó el 45,57, 41,22 y 45,71% para la primera, segunda y tercera capas en suelos de la Llanura del Pacífico; para Matta y Palacios (39), en suelos del Putumayo, 46,69, 49,27 y 53,99% para el primero, segundo y tercer horizontes, respectivamente.

En suelos de clima medio de Barifio, Pantoja (45) encontró, que el fósforo inerte osciló entre 45,58% en sub-suelos de bosque y 59,67% en sub-suelos de pradera.

2.3.3.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio.

En suelos tropicales, el fósforo unido al hierro y al aluminio es mayor que el fósforo unido al calcio; lo cual se espera en

estos suelos, puesto que la fuerte meteorización causa una gran lixiviación del catión calcio (13).

Hsu y Jackson, citados por Blasco y Bohórquez (13), encontraron que el fósforo unido al hierro aumenta con la meteorización química de los suelos.

2.3.3.4 Fósforo unido al hierro y al aluminio.

En suelos del Putumayo, las cantidades de fósforo unido al hierro y al aluminio, expresadas en porcentaje del fósforo total y del fósforo inorgánico, fueron altas: 32,92 y 39,36%, respectivamente, ya que estos son suelos laterizados altos en hierro y aluminio. Los fosfatos de hierro en el sub-suelo descienden casi a cero, 0,26 ppm. en el tercer horizonte, cantidad que probablemente esté relacionada con la presencia de un hidromorfismo permanente de profundidad (glei), ocasionado por el mal drenaje que se presenta en la región (3).

2.3.3.3 Fósforo unido al calcio.

La fracción de fósforo unido al calcio (mono-, di-, tri-cálcico) presenta una concentración baja en los suelos tropicales (3). Probablemente, el bajo contenido de fósforo unido al calcio juega un importante papel en los microorganismos del suelo. En el caso de que haya una falta de calcio en los suelos tropicales, los microorganismos pueden utilizar los fosfatos insolubles de calcio para su propio crecimiento celular (13).

Kalla, citado por Pantoja (45), encontró que el fósforo unido al calcio es menor en la superficie del suelo. Esto puede deberse a la mayor actividad microbiana en este horizonte, los cuales son capaces de disolver la apatita para ser utilizada por las plantas.

En el tercer horizonte de los suelos del Pacifico, la suma de los fosfatos cálcicos supera a la de los fosfatos de hierro y aluminio. Esto demuestra, que en estos suelos la meteorización no está muy avanzada, lo cual presupone que los suelos tienen bastante influencia de materiales cuaternarios (3).

2.3.3.4 Fósforo aprovechable.

Duchaufour, citado por Matta y Palacios (39), anota que el fósforo aprovechable es aquél que se encuentra retenido en la superficie de los coloides del suelo.

Aranbarri y Madrid (5), señalan que el fósforo más fácilmente cambiabile se encuentra ligado a la fracción arcillosa de los suelos. La cantidad de fósforo aprovechable en los suelos es extremadamente variable, aunque siempre dentro de un límite general bajo.

Blasco (12), en suelos del Amazonas, ácidos, ricos en hierro y aluminio, encontró que el contenido de fósforo asimilable era muy pobre, debido al fenómeno de absorción del fósforo en las formas hidratadas de hierro y aluminio quedando insolubilizado mediante precipitación o fijación.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 SUELOS

Para el presente estudio se escogieron 19 sitios pertenecientes al Altiplano de Ipiales que comprende los municipios de Aldana, Carlosana, Contadero, Guamatán, Ipiales, Pupiales y parte de Cumbal y Potosí. La posición geográfica de las cabeceras de los municipios se encuentran en la Tabla I.

Las muestras se tomaron en los siguientes sitios:

Aldana	1 muestra.
San Luis	1 "
Carlosana	2 "
Ipiales	8 "
Pupiales	7 "

Los sitios de muestreo aparecen señalados en la Figura 1.

En cada sitio se tomaron muestras del suelo y subsuelo, utilizando barreno y pala; las profundidades se anotaron por medio de cinta métrica.

Las muestras se llevaron a laboratorio en bolsas de polietileno, se secaron al aire y se pasaron a través de un tamiz de 2 mm., guardándose después en frascos de vidrio.

3.2 ANALISIS FISICO-QUIMICO GENERAL

Los análisis físico-químicos y el fraccionamiento de fósforo se realizaron en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agrí

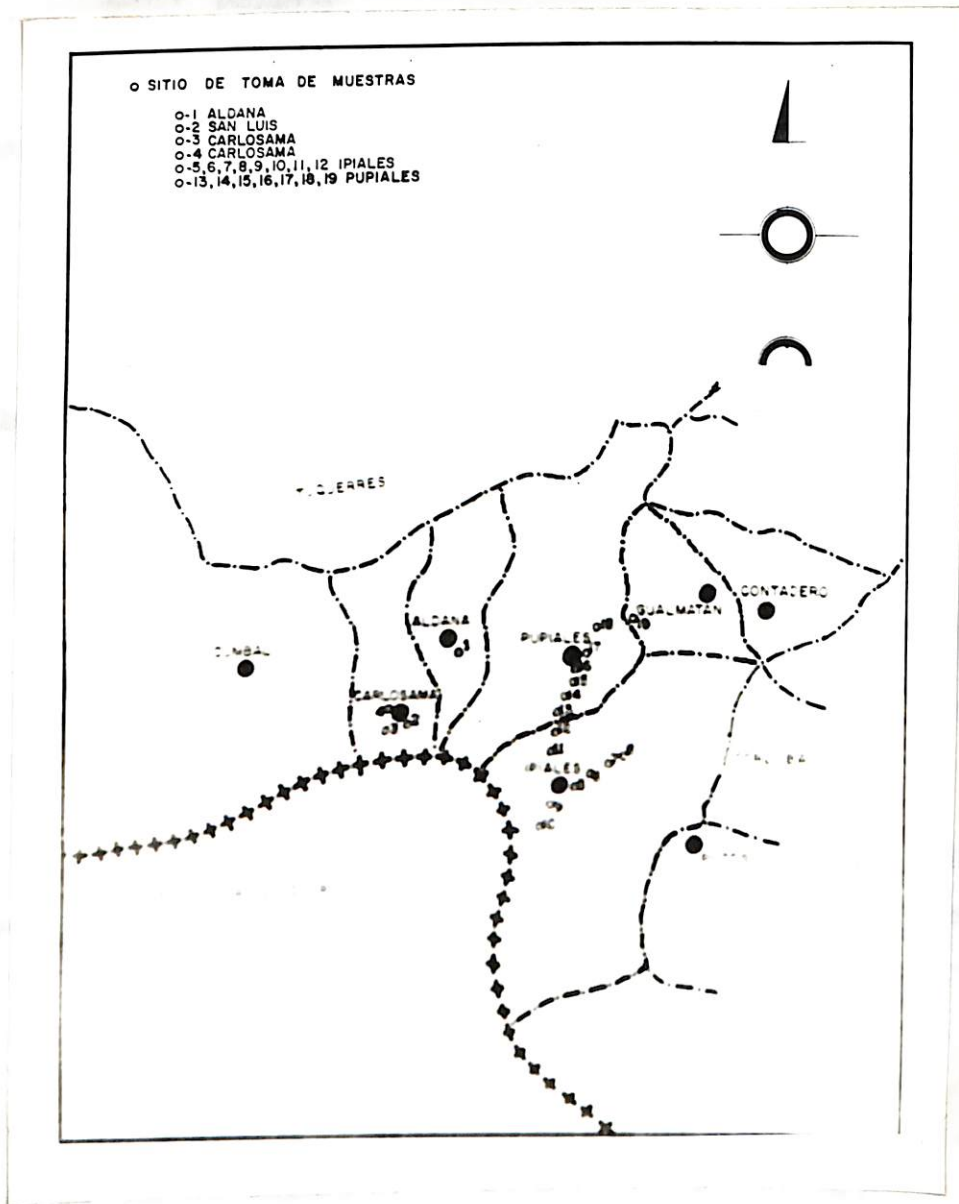


Figura 1. Altiplano de Ipiiales con las zonas donde se tomaron las muestras de suelos.

Fotocopias A. Duarte.

colas de la Universidad de Bariño.

3.2.1 Humedad.

Se determinó por diferencia de peso después de someter las muestras de suelo a la estufa a 105°C. durante 24 horas (30).

3.2.2 Color del suelo.

Determinación del color en seco y en húmedo, utilizando la Tabla Munsell (43).

3.2.3 Textura.

Se determinó por el método de Bouyoucos (18).

3.2.4 pH.

Se determinó por el método del potenciómetro Buckman, empleando una mezcla 1:1 de suelo y agua y una mezcla 1:2,5 en presencia de CK1 1N, descrito por Furi y Asghar, citados por Jackson (35).

3.2.5 Carbono orgánico.

Se utilizó el método de Walkley Black (55).

3.2.6 Materia orgánica.

Se determinó multiplicando el porcentaje de carbono orgánico por la constante 1,724 (55).

3.2.7 Nitrógeno total.

Se determinó por el método de Kjendhal modificado

(Bremner, 19).

3.2.8 Relación carbono-nitrógeno.

Se calculó por división de porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de nitrógeno total.

3.2.9 Capacidad catiónica de cambio.

Se determinó por el método del acetato de amonio normal y neutro de Schollenberger y Simon (50).

3.2.10 Cationes cambiabiles.

En el extracto obtenido anteriormente se determinaron los cationes de calcio, sodio, potasio y magnesio por medio de un espectrofotómetro de llama Coleman (50).

3.2.11 Hidrógeno de cambio.

Se determinó por diferencia entre la capacidad catiónica de cambio y las bases totales.

3.3 FRACCIONAMIENTO DEL FOSFORO

Para las cinco primeras fracciones se utilizó la metodología de Chang y Jackson (23), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield (51, 52).

3.3.1 Fósforo fácilmente reemplazable.

Un gramo de suelo se agitó durante 30 minutos con 50 ml.

de cloruro de amonio normal, se centrifugó para tomar una alícuota de 2 ml. Se hizo la lectura colorimétrica empleando la técnica del cloruro estannoso-cloromolibdico.

3.3.2 Fósforo unido al calcio no apatítico.

Se obtuvo mediante agitación del suelo residual con 50 ml. de ácido acético 0,5N, durante una hora.

3.3.3 Fósforo unido al aluminio.

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

3.3.4 Fósforo unido al hierro.

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

3.3.5 Fósforo unido al calcio apatítico.

Al suelo de la extracción anterior se lo trató con 50 ml. de ácido sulfúrico 0,5N, se agitó durante una hora y luego se centrifugó.

3.3.6 Fósforo orgánico.

Se determinó mediante el método de ignición de Saunders y Williams (49). Se tomó un gramo de suelo y se agitó con 50 ml. de ácido acético normal durante 5 minutos, se centrifugó y el líquido sobrenadante se decantó. El suelo residual se trató con 50 ml. de ácido sulfúrico 0,2N se agitó durante 30 minutos, se filtró a través de papel filtro 85 cinta azul, se lavó luego con agua destilada con el objeto de remover todo el fósforo inorgánico y los carbonatos libres presentes en el suelo.

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

3.3.7 Fósforo total.

Se utilizó el método de fusión con carbonato de sodio descrito por Jackson (36).

3.3.8 Fósforo inerte.

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

3.3.9 Fósforo aprovechable.

Se determinó empleando el método Bray I descrito por Sain y Bornemissa (47).

Excepto el fósforo inerte, las demás fracciones se

determinaron utilizando la técnica del color azul y un espectrofotómetro Coleman (35).

4.1 GENERALIDADES DE LOS SUJOS ESTUDIADOS

3.4 ANALISIS ESTADISTICO

Para el análisis estadístico se tomaron en cuenta las siguientes variables:

- P-fácilmente reemplazable,
- P-unido al calcio no apatítico,
- P-unido al aluminio,
- P-unido al hierro,
- P-unido al calcio apatítico,
- P-orgánico,
- P-aprovechable,
- porcentaje de arcillas y pH.

Se utilizaron los criterios de la regresión y correlación lineal, (+). Se utilizó para estos efectos un estadístico, no paramétrico, como el de Spearman y el de Kendall, en donde, que hay un alto porcentaje de los sujetos con los niveles de arcillas, similares resultados fueron encontrados por Miller y Santarom (1974) sobre investigaciones químicas que el bajo porcentaje de arcillas se debe a una deficiente retención. Sin embargo, se sabe que los niveles de arcillas de ciertos volcánicos tienden a tener un alto porcentaje de arcillas debido a un ambiente ácido (Lindsay, 1979). Al ser más la presencia de estos porcentajes de arcillas y aluminio, los sujetos se clasifican más fácilmente, así como que existe una buena retención en estos suelos.

(+) Comunicación personal de Ricardo Guerrero R.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 GENERALIDADES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

El pH determinado en agua varió de 5,3 a 7,3 en los suelos y de 4,9 a 7,15 en los subsuelos, pudiendo catalogarse como medianamente ácidos a casi neutros. El pH determinado con KCl IN osciló entre 4,4 y 6,2 en el suelo y 4,1 y 6,6 en el subsuelo, indicando una reacción fuerte a medianamente ácida, norma común para todos los subsuelos del departamento de Nariño. Se toma que el subsuelo presenta una reacción más ácida que el suelo, es probable que esto se deba a una baja lixiviación de bases.

La textura para estos suelos se catalogó, en general, como franco-arenosa y arenosa-franco, es decir, que hay un alto predominio de las arenas sobre las arcillas. Similares resultados fueron encontrados por Dulce y Santacruz (24); estos investigadores explican que el bajo porcentaje de arcillas se debe a una deficiente meteorización. Sin embargo, se sabe que los suelos derivados de cenizas volcánicas tienden a formar pseudolitos o pseudarenas debido a su naturaleza asorfa (Luzuriaga, 38). Además la presencia de altos porcentajes de P-Aluminio y P-Hierro, los cuales se discuten más adelante, indican que existe una buena meteorización en estos suelos.

Varios investigadores están de acuerdo en que las metodologías usadas para determinar los porcentajes de las diferentes fracciones presentes en el suelo no son muy precisas cuando se trata de suelos de origen volcánico. Parece que estos métodos no permiten una buena dispersión lo que conlleva a una disminución de las arcillas (Arias, 6). Otra posibilidad para explicar esta alta cantidad de arenas, puede ser el hecho de que

recientes deposiciones hayan aumentado los porcentajes de arenas y cenizas.

El porcentaje de humedad cuyo promedio fue del 15%, se puede catalogar en general como mediano.

La relación C/N 8,47/1 para el suelo, se considera como normal para suelos de regiones tropicales. Para el subsuelo, esta relación se presenta un poco más alta: 10,68/1, aunque no sobrepasa los límites expuestos por Blasco (17/1), que puede inhibir la adecuada mineralización del nitrógeno (10).

La relación Ca/Mg (3,78/1, 3,85/1) tanto para el suelo como para el subsuelo, se presenta normal, ya que está muy cerca a la de 4/1, la cual, de acuerdo a Blasco (11) es la que predomina en la mayoría de los suelos (Tablas XIII y XIV).

4.2 FOSFORO

La concentración en forma de fósforo, así como las cantidades porcentuales de las distintas fracciones con relación al P-total, se presentan en las Tablas VI a X y en las Figuras 2 y 3.

Los resultados indican que el P-total (835,85 y 498,94 ppm. en promedio), está dentro del rango encontrado por varios investigadores (Angulo et al, 3; Matta y Palacios, 39; Pantoja, 45), quienes estudiaron el estado de este elemento en regiones del departamento de Maricao. Además, otros estudios realizados sobre suelos de origen volcánico, tales como los de Fassbender en Costa Rica (27), presentan cierta similitud en concentración.

Si se comparan los resultados con los encontrados en algunas regiones del trópico por Blasco (590-472 ppm.), se puede notar que estos son mayores. La explicación puede estar en el hecho de que en suelos derivados de cenizas volcánicas la presencia de compuestos inorgánicos amorfos como la alúfana facilita el aumento del P-total. Además, este mismo compuesto orgánico permite la conservación de la materia orgánica, aumentando el P-orgánico y por ende, el total, no así en regiones tropicales en donde abundan comúnmente los sesquióxidos de hierro y aluminio (Passbender, 27).

En lo que concierne al P-orgánico y si se compara con otros trabajos (Acquaye, 4; Blasco y Bohérquez, 13; Emesor, 25; Passbender et al. 28; Gamboa, 29), éste se presenta en concentración relativamente baja. Teniendo en cuenta que los porcentajes de materia orgánica oscilan entre 13,40 y 1,24, con un promedio de 5,80% que en términos generales se considera como alto, llama la atención los bajos porcentajes de la fracción orgánica.

Para dar una explicación a estos resultados, se podrían tener en cuenta los conceptos de Sen Gupta y Cornfield (51), quienes anotaron que la acumulación del P-orgánico en suelos ácidos es debida a la baja actividad microbial.

De acuerdo a lo anterior, es posible que la baja cantidad de esta fracción en esta zona se deba a que exista una alta actividad microbiana que ha ido mineralizando paulatinamente el P presente, forma que posteriormente puede haber sido retenida por los compuestos inorgánicos amorfos. Sin embargo, de acuerdo a las relaciones C/P orgánico obtenidas (que en la mayoría de los casos son mayores de 300) (Tabla XII), las condiciones de mineralización no son las más adecuadas ya que como lo afirma Blasco (14), en estos casos se presenta una inmovilización. Por ello se

descarta esta explicación, aunque esta misma relación puede hacer pensar que los compuestos que conforman los materiales orgánicos no sean muy ricos en P. *relacionada con la reserva del P de la facilidad con que pasa a formas disponibles.*

Otro camino para explicar estos resultados, podría ser el de la metodología analítica usada. Algunos trabajos como los de Bernerice e Igue (17), indican que existe un margen de error cuando se determina esta fracción a partir de igniciones. Basados en lo anterior, se recomienda efectuar comparación de metodología para clarificar esta situación. *de la presencia en bajos porcentajes (Dulce, 29).*

En general, la concentración de P-fácilmente reemplazable, tanto para el suelo como para el subsuelo (Tablas VI y VII), demuestran que estos suelos presentan un porcentaje relativamente bajo (1,47 y 1,16 del P-total en promedio). Los anteriores datos son un poco mayores que los obtenidos por Matta y Palacios para los suelos del Putumayo (39), y ligeramente superiores que los obtenidos por Pantoja para suelos de clima medio en Mariño (45) y Angulo et al., en suelos de la Llanura del Pacífico (3).

Aunque la determinación del P-aprovechable efectuada por el método de Bray I presentó un promedio de 15,58 ppm. (Tabla IX), esta concentración es considerada para efectos agronómicos, como baja. Lo anterior obliga a efectuar investigaciones que permitan conocer la capacidad de fijación de P de estos suelos y las técnicas de fertilización más adecuadas para evitarla.

La explicación de esta baja concentración, tal como lo anota Fassbender (27), se basa principalmente en la presencia de hierro y aluminio que junto con compuestos inorgánicos amorfos como la alúfana, pug

den fijar la forma de P-aprovechable. Además, los bajos porcentajes de P-orgánico debe tenerse en cuenta como lo anota Blasco (14), que esta fracción es catalogada como la reserva del P dada la facilidad con que pasa a formas asimilables.

Los porcentajes de P-no apatítico y apatítico (Tabla X), presentan datos similares a los obtenidos por otros investigadores en suelos del departamento de Nariño, tanto para clima medio como para clima frío. Son resultados normales, puesto que en zonas tropicales esta fracción se presenta en bajos porcentajes (Quiboa, 29).

Los fosfatos de aluminio y hierro presentan el mayor porcentaje del P-total (22,71 - 21,42 respectivamente). En general, diversos estudios (Blasco y Bohórquez, 13; Passbender, 27), han encontrado que los fosfatos de aluminio predominan sobre los fosfatos de hierro. En el presente estudio, las dos fracciones presentan concentraciones similares en el suelo, no así para el subsuelo en donde predominó el fosfato de aluminio (30,66 - 18,02).

Si se comparan los presentes datos con los obtenidos por Pan toja (45), para suelos de clima medio del departamento de Nariño, se nota mayor concentración de estas formas, lo que está demostrando que los procesos de meteorización en esta zona han sido más drásticos. Estas mismas consideraciones pueden tenerse en cuenta al comparar los datos obtenidos en la Intendencia Nacional del Putumayo (39) y la Llanura del Pacífico (3).

El hecho de que los fosfatos de hierro y aluminio tripliquen los fosfatos de calcio, corrobora más el criterio anteriormente expuesto en cuanto a meteorización. En efecto, los porcentajes de las formas de

hierro y aluminio son 46,41 - 54,28, mientras que los fosfatos cálcicos solamente llegan a 16,59 y 19,35% (Tabla X).

Los fosfatos inertes que son principalmente formas altamente insolubles de aluminio y hierro ocluidas, representan un 24,94 y 17,81% del P-total en el suelo y subsuelo, respectivamente. Las concentraciones son similares a las encontradas por Gamboa (29) en suelos derivados de cenizas volcánicas en Costa Rica, bajo cultivo de maíz, aunque menores que las obtenidas para suelos de clima medio de Nariño (Pantoja, 45), Llanura del Pacífico (Angulo et al., 3) y suelos del Putumayo (Hatta y Palacios, 39).

En comparación con las otras fracciones determinadas en el presente estudio, el P-inerte representó el mayor porcentaje del P-total. Este resultado está muy cerca del obtenido para el fosfato de hierro y aluminio, lo que está indicando que la meteorización de estos suelos es avanzada.

En cuanto a la relación N/P orgánico presente (Tabla XI), el promedio 54,57 y 42,03 para suelo y subsuelo respectivamente, de acuerdo a John et al. (37), se puede considerar como alto. Iguaes resultados se encontraron en los trabajos sobre P en las regiones de clima medio de Nariño (Pantoja, 45). Es muy posible que el material orgánico presente tenga un alto porcentaje de fitatos, ya que como se sabe estos compuestos presentan una solubilidad muy baja en condiciones ácidas, de allí esta relación tan amplia (Blasco y Bohórques, 13).

La relación C/P presenta un promedio de 476,91 y 369,89 para el suelo y subsuelo, respectivamente (Tabla XII). Si se acogen los conceptos de Blasco (14), una relación que pase de 300/1 está indicando procesos de inmovilización en lugar de mineralización, resultado éste que se observa

en los bajos porcentajes de P-orgánico encontrado. Se puede conceptuar, en general que en estos suelos se está presentando una mineralización muy débil.

4.3 ANALISIS ESTADISTICO

En lo que respecta a las distintas correlaciones efectuadas entre las fracciones de P y algunas características físico-químicas generales (Tablas I y II del apéndice), solamente se encontró que existía una alta significación cuando se relacionó el P-fácilmente reemplazable con el P-aprovechable del método Bray I (Figura 5). Este resultado es normal puesto que estas son dos formas asequibles cuyos métodos no difieren mucho en extracción del P.

La relación fosfato cálcico no apatítico y P-aprovechable (Figura 6), también presentó una alta significación cuyo coeficiente de correlación fue 0,819+ y su porcentaje de asociación 67,07. Esto quiere decir que un 67% de la cantidad de P-aprovechable proviene de los fosfatos no apatíticos. Se sabe que esta forma está integrada por fosfatos mono- y dicálcicos que fácilmente pueden pasar a formas aprovechables. Lo anterior coincide con los resultados obtenidos por Ortega (44) en su estudio de "Absorción y fijación" de tres fuentes de fósforo en un suelo rojo de Nariño.

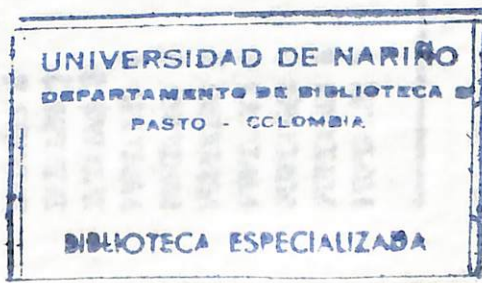


TABLA II

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS

SUELO

NOMBRE DE LA MUESTRA	PENDIENTE APROXIM.	PROFUND. EN CMS.	HUMEDAD %	COLOR		ARENAS %	ARCILLAS %	LIMOS %	TEXTURA
				En seco	En húmedo				
ALMAHA	13	0 - 40	9,68	10YR-4/1	10YR-2/2	64,17	5,82	30,01	F - A
SAN JUIS	7	0 - 45	9,00	10YR-4/2	7,5YR-3/2	65,78	9,42	24,80	F - A
CARLOSANA 1	10	0 - 40	19,42	10YR-4/2	10YR-3/1	61,78	7,82	30,40	F - A
CARLOSANA 2	9	0 - 30	12,62	10YR-3/1	10YR-2/1	66,18	3,42	30,40	F - A
IPIALES 1	5	0 - 40	10,27	10YR-3/2	10YR-3/2	72,18	3,82	24,00	A - F
IPIALES 2	30	0 - 20	19,38	10YR-3/2	10YR-2/2	78,18	5,82	16,00	A - F
IPIALES 3	5	0 - 50	28,65	10YR-4/2	10YR-3/1	82,50	3,42	14,00	A - F
IPIALES 4	35	0 - 20	4,33	10YR-4/3	10YR-3/3	61,98	12,82	25,20	F - A
IPIALES 5	—	0 - 50	9,46	10YR-4/2	10YR-3/1	47,78	18,02	34,20	F - A
IPIALES 6	40	0 - 30	8,70	2,5YR-6/2	10YR-3/2	69,78	14,22	16,00	F - A
IPIALES 7	20	0 - 30	8,15	10YR-4/2	10YR-2/2	75,78	6,22	18,00	A - F
IPIALES 8	10	0 - 60	13,02	10YR-3/2	10YR-3/1	63,78	6,62	29,60	F - A
PUPIALES 1	10	0 - 20	6,68	10YR-3/3	10YR-2/2	81,78	2,62	15,60	A - F
PUPIALES 2	50	0 - 40	13,08	10YR-4/3	10YR-3/4	55,78	20,82	23,40	F - AR - A
PUPIALES 3	—	0 - 40	15,49	10YR-4/3	10YR-3/3	48,78	24,82	26,40	F - AR - A
PUPIALES 4	10	0 - 30	14,23	10YR-4/3	10YR-2/2	56,58	7,82	35,60	F - A
PUPIALES 5	10	0 - 50	8,59	10YR-4/2	10YR-2/2	65,78	7,02	27,20	F - A
PUPIALES 6	30	0 - 40	36,16	10YR-4/2	10YR-2/2	71,90	3,22	24,28	A - F
PUPIALES 7	15	0 - 20	23,70	10YR-3/3	10YR-2/1	72,98	1,22	25,80	A - F

F = Franco; A = Arenoso; AR = Arcilloso; L = Lamoso.

TABLA III
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
SUB-SUELO

NOMBRE DE LA MUESTRA	PENDIENTE APROXIM. EN CDS. %	PROFUND. HUMEDAD EN seco	En húmedo	ARENAS %			ARCILLAS %			LIMOS %			TEXTURA
				10YR-2/1	10YR-2/2	10YR-3/1	10YR-2/1	10YR-2/2	10YR-3/1	10YR-2/1	10YR-2/2	10YR-3/1	
ALMENA	13	40 - X	6,11	10YR-2/1	10YR-3/1	65,78	3,42	30,80	F - A				
SAN LUIS	7	45 - X	2,82	10YR-4/3	10YR-2/2	61,78	7,42	30,80	F - A				
CARIOSAMA 1	10	40 - X	19,76	10YR-3/4	10YR-3/4	64,58	11,42	34,00	F - A				
CARIOSAMA 2	9	30 - X	12,96	10YR-2/1	10YR-3/1	72,58	5,42	22,00	A - F				
IPIALES 1	5	60 - X	13,22	10YR-6/2	10YR-4/2	89,29	2,71	8,00	A				
IPIALES 2	30	20 - X	8,05	10YR-4/2	10YR-2/2	90,57	3,42	6,00	A				
IPIALES 3	5	50 - X	16,34	10YR-2/1	10YR-2/1	72,58	5,42	22,00	A - F				
IPIALES 4	35	20 - X	4,80	10YR-3/1	10YR-3/1	79,96	5,82	14,20	A - F				
IPIALES 5	—	50 - X	20,86	10YR-5/3	10YR-3/1	63,78	14,22	22,00	F - A				
IPIALES 6	40	30 - X	10,42	10YR-5/2	10YR-3/1	63,78	16,22	20,00	F - A				
IPIALES 7	20	30 - X	31,12	10YR-3/2	10YR-3/1	71,78	10,42	17,80	F - A				
IPIALES 8	10	60 - X	5,42	10YR-3/2	10YR-2/2	73,78	4,62	21,60	A - F				
PUPIALES 1	10	20 - X	4,62	10YR-3/2	10YR-3/1	79,78	2,62	17,60	A - F				
PUPIALES 2	50	40 - X	17,75	10YR-5/6	10YR-3/4	71,78	12,82	23,40	F - A				
PUPIALES 3	—	40 - X	13,37	10YR-6/3	10YR-4/3	54,78	19,82	25,40	F - A				
PUPIALES 4	10	30 - X	4,78	10YR-5/3	10YR-3/3	68,58	7,02	24,70	F - A				
PUPIALES 5	10	40 - X	4,65	10YR-3/2	10YR-3/1	70,58	3,22	26,20	F - A				
PUPIALES 6	30	40 - X	17,99	10YR-5/3	10YR-3/4	66,78	17,22	16,00	F - A				
PUPIALES 7	15	20 - X	18,90	10YR-3/2	10YR-2/1	82,78	1,42	15,80	A - F				

F = Franco; Ar = Arcilloso; A = Arenoso; L = Límoso.

TABLA IV
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS
SUELO

NOMBRE DE LA MUESTRA	ALFURA mm.	pH		C %	H %	N %	K %	Ca	Mg	Na	HIDROGENIO DE CAMBIO por/100g.	
		en agua 1:1	en agua 1:2,5									
ALMAMA	3.000	5,2	6,25	3,00	5,17	0,34	8,73	21,05	510,00	970,64	2560,65	145,32
SAN LUIS	3.000	5,3	6,3	0,70	1,21	0,58	1,22	15,57	390,76	568,46	167,01	170,72
CARIOSAMA 1	2.900	4,3	5,9	2,22	3,83	0,22	10,07	18,15	162,41	718,30	121,98	18,15
CARIOSAMA 2	2.900	4,4	5,5	5,81	10,02	0,61	9,49	32,66	595,60	1772,34	221,85	37,73
IPIALES 1	3.000	5,8	6,75	0,98	1,69	0,34	2,91	16,54	690,52	1567,51	313,77	38,82
IPIALES 2	2.940	6,2	7,3	3,56	6,14	0,87	4,09	35,34	1102,49	2533,28	627,13	31,04
IPIALES 3	2.980	4,7	5,3	5,91	10,19	0,77	7,66	36,54	993,02	1112,79	325,38	26,37
IPIALES 4	2.850	5,6	6,8	1,74	3,00	0,13	13,27	14,92	425,25	834,65	322,24	25,56
IPIALES 5	2.870	5,45	6,45	1,24	3,17	0,24	7,65	21,20	345,99	1087,59	387,40	30,21
IPIALES 6	2.840	5,3	6,4	0,99	1,71	0,12	8,57	11,74	223,27	750,01	240,56	25,33
IPIALES 7	2.850	5,2	6,25	0,76	1,31	0,20	3,70	10,82	221,17	702,98	147,29	14,06
IPIALES 8	2.790	4,6	5,5	4,29	7,40	0,46	9,42	25,88	275,20	1096,28	151,17	18,31
PUPIALES 1	2.790	4,7	6,05	2,43	4,19	0,20	12,15	13,66	415,12	394,72	132,32	31,15
PUPIALES 2	2.840	5,0	6,0	3,12	5,40	0,23	13,55	22,16	633,24	1406,17	324,76	18,32
PUPIALES 3	2.920	5,3	6,1	2,46	4,24	0,35	6,97	28,64	934,00	1050,94	440,96	18,71
PUPIALES 4	2.850	4,45	5,8	2,86	4,93	0,24	12,10	29,59	688,47	959,53	330,59	43,75
PUPIALES 5	2.980	5,4	6,1	3,33	5,74	0,28	11,91	19,44	515,70	1449,62	375,99	23,98
PUPIALES 6	2.870	4,7	5,6	4,94	8,52	0,47	10,62	25,60	612,37	1136,96	271,54	24,10
PUPIALES 7	2.910	4,4	5,65	7,77	13,40	1,15	6,78	34,88	179,37	692,73	243,68	21,90
MAXIMO	3.000,0	6,2	7,3	7,77	13,40	1,15	13,55	36,54	1102,49	1567,51	2560,65	170,72
PROMEDIO	2.897,4	5,93	6,11	3,09	5,89	0,41	8,47	22,89	534,60	1047,73	400,80	40,18
MINIMO	2.790,0	4,4	5,3	0,70	1,21	0,12	1,22	10,82	162,41	394,72	121,98	14,06

28,86
13,14
4,03

TABLA V

ALGUNAS CARACTERISTICAS QUIMICAS
SUBSUELO

NOMBRE DE LA MUESTRA	ALTURA enms.	PH		C %	NO %	H %	O/M	CCC meq/100gr.	Bases cambiables en ppm				HIODRÓGENO ME CARRIO meq/100gr.
		1:2,5	1:1						K	Ca	Mg	Na	
ALDANA	3.000	4,3	5,5	4,02	6,93	0,31	13,00	21,12	82,76	751,23	196,12	140,58	14,93
SAN JUAN	3.000	4,2	5,7	0,25	0,43	0,22	1,11	15,11	114,13	826,66	181,88	35,99	9,20
CARLOSANA 1	2.900	4,8	5,9	0,49	0,84	0,09	5,40	29,34	789,88	967,64	329,11	50,90	19,55
CARLOSANA 2	2.900	4,1	4,9	3,55	6,12	0,79	4,47	30,05	225,09	681,18	222,53	48,01	24,02
IPIALES 1	3.000	6,25	6,9	0,09	0,16	0,04	2,43	9,06	360,04	220,78	88,11	28,08	6,20
IPIALES 2	2.940	6,6	7,15	2,52	4,34	0,37	6,78	25,82	997,87	1954,69	525,57	65,37	8,90
IPIALES 3	2.980	4,55	5,35	3,09	5,33	0,61	5,05	17,80	66,90	245,44	268,79	75,04	13,86
IPIALES 4	2.850	4,2	5,5	0,96	1,66	0,28	3,47	14,67	131,00	482,07	149,40	22,85	10,59
IPIALES 5	2.870	5,05	6,3	1,29	2,22	0,12	11,18	31,67	679,85	1450,36	437,97	89,44	18,68
IPIALES 6	2.850	5,1	6,2	2,85	4,91	0,15	19,62	15,02	233,54	663,62	290,02	52,45	8,49
IPIALES 7	2.840	5,4	6,4	3,11	5,36	0,12	26,48	39,86	952,08	1579,36	679,23	97,25	23,52
IPIALES 8	2.790	4,4	5,5	2,72	4,69	0,58	4,66	19,61	102,78	1054,19	184,59	28,99	15,13
PUPIALES 1	2.790	4,5	5,5	3,42	5,90	0,17	20,47	12,66	68,01	564,96	89,06	10,22	8,87
PUPIALES 2	2.840	4,5	5,45	2,06	3,55	0,26	7,80	32,14	403,28	1018,50	469,62	30,85	22,03
PUPIALES 3	2.920	4,2	5,30	0,79	1,36	0,52	1,53	27,89	687,34	952,28	496,28	48,18	17,08
PUPIALES 4	2.840	4,8	5,9	2,76	4,79	0,09	30,56	12,78	487,21	361,48	109,57	38,24	8,65
PUPIALES 5	2.950	4,8	5,85	2,31	3,98	0,26	8,84	15,26	171,41	821,49	89,08	49,71	9,78
PUPIALES 6	2.870	4,9	6,0	2,63	4,53	0,15	17,72	29,03	848,45	1253,63	298,43	100,48	17,70
PUPIALES 7	2.920	4,5	5,45	4,98	8,59	0,41	12,26	22,13	185,84	814,48	115,67	31,15	23,50
MAXIMO	3.000	6,6	7,15	4,98	8,59	0,79	30,56	39,86	997,87	1954,69	679,23	140,38	24,02
PROMEDIO	2.897,4	4,80	5,84	2,31	3,98	0,29	10,68	22,53	399,30	877,05	263,20	55,26	14,77
MINIMO	2.790,0	4,1	4,9	0,09	0,16	0,09	1,11	9,06	66,90	245,44	88,11	16,52	6,20

TABLA VI

FRACCIONES DE FOSFORO
SUELO

Resultados en ppm.

NOMBRE DE LA MUESTRA	Fácilmente reemplaz.	No reemplaz.		Unido al al. A.	Unido al al. P.	Orgánico	Inerte	Total
		Apatítico	Apático					
AIDANA	0,68	10,28	58,95	241,84	163,14	142,03	440,91	1057,83
SAN LUIS	6,20	112,41	10,90	76,03	269,79	65,95	350,02	894,30
CARLOSAMA 1	8,98	99,71	206,00	227,49	94,04	82,40	360,94	1079,94
CARLOSAMA 2	1,41	9,85	52,79	192,57	121,00	104,17	160,06	641,91
IPIALES 1	85,46	241,22	98,56	322,55	204,00	31,97	569,97	1553,73
IPIALES 2	0,75	17,16	201,46	205,93	465,59	127,14	423,86	1141,89
IPIALES 3	2,25	45,83	184,93	272,09	393,98	236,71	142,96	1278,75
IPIALES 4	6,52	6,26	93,20	179,97	115,42	54,25	4,83	461,15
IPIALES 5	0,69	0,69	51,50	90,63	235,51	139,52	604,22	1122,76
IPIALES 6	6,79	32,61	135,87	260,87	127,72	50,54	55,71	670,11
IPIALES 7	6,76	62,86	50,70	225,49	115,59	101,12	125,43	687,95
IPIALES 8	33,91	98,89	74,87	189,02	76,49	57,07	2,97	533,22
POPIALES 1	59,34	101,35	64,01	216,83	190,69	48,54	114,55	795,31
POPIALES 2	11,31	2,83	24,03	266,30	66,43	9,61	217,11	597,66
POPIALES 3	0,72	0,72	96,72	208,74	18,04	196,33	15,74	537,01
POPIALES 4	0,71	3,57	65,68	145,64	159,92	92,53	395,52	863,57
POPIALES 5	0,14	20,36	225,31	157,99	245,67	79,27	42,71	771,50
POPIALES 6	0,17	0,85	130,21	75,57	183,82	122,55	72,34	585,51
POPIALES 7	0,62	0,77	88,91	51,95	154,63	152,77	160,81	610,46
PROMEDIO	12,28	45,70	100,81	189,87	179,03	99,71	208,46	835,85
% del P-total	1,47	5,47	12,05	22,71	21,42	11,93	24,94	100,00

TABLA VII
FRACCIONES DE FOSFORO
SUEUELO
Resultados en ppm.

NOMBRE DE LA MUESTRA	Méllmente reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe	Orgánico	Inerte	Total
ALDANA	0,66	5,97	43,11	90,72	74,27	102,92	77,59	395,24
SAN LUIS	2,18	13,49	86,02	56,29	87,40	93,31	73,24	412,03
CARLOSANA 1	2,69	1,50	67,36	80,84	56,88	6,89	96,10	312,26
CARLOSANA 2	0,71	39,54	67,78	228,74	55,07	198,82	113,67	704,34
IPIALES 1	48,12	80,67	55,20	140,96	17,69	20,10	198,00	560,74
IPIALES 2	0,03	12,83	60,78	171,81	252,58	63,21	17,94	579,18
IPIALES 3	0,73	6,98	111,25	261,77	10,91	191,38	51,57	634,59
IPIALES 4	9,82	6,55	83,66	150,91	41,92	50,30	6,29	359,45
IPIALES 5	0,15	0,76	173,79	114,22	217,55	54,39	152,29	713,10
IPIALES 6	2,07	49,00	30,37	185,50	100,76	32,02	134,71	534,43
IPIALES 7	0,98	0,82	73,76	249,79	301,58	45,24	15,57	687,74
IPIALES 8	21,08	3,95	28,99	52,97	164,72	90,13	202,67	564,52
FUPIALES 1	9,81	34,00	62,77	142,81	48,39	83,70	0,34	381,87
FUPIALES 2	0,74	0,02	49,31	140,41	113,33	58,28	120,08	482,17
FUPIALES 3	0,13	0,03	47,47	142,84	9,21	37,69	58,22	295,59
FUPIALES 4	0,65	6,55	24,88	103,73	13,10	25,15	18,73	192,79
FUPIALES 5	0,65	7,85	71,95	179,16	0,65	170,58	25,17	545,01
FUPIALES 6	1,03	1,47	32,45	203,53	112,09	76,69	156,78	584,04
FUPIALES 7	7,43	2,97	28,24	211,35	29,73	181,92	168,14	630,78
PROMEDIO	5,77	14,47	63,63	153,01	89,89	83,30	88,86	498,94
% del P-total	1,16	2,90	12,75	30,66	18,02	16,70	17,81	100,00

TABLA VIII

CONCENTRACIONES: MAXIMO, PROMEDIAS Y MINIMAS DE LAS FRACCIONES DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO
Resultados en ppm.

FRACCIONES	S U B S O			S U B - S U E L O		
	Maximo	Promedio	Minimo	Maximo	Promedio	Minimo
Facilmente reempl.	85,46	12,28	0,14	48,12	5,77	0,03
P-Oa no apatitico	241,22	45,70	0,69	80,67	14,47	0,02
P-Oa apatitico	225,31	100,81	10,90	173,74	63,63	24,88
P-unido al Al.	322,55	189,87	51,95	261,77	153,01	52,97
P-unido al Fe.	465,59	179,03	18,04	301,58	89,89	0,65
P-orgánico	236,71	99,71	9,61	198,82	83,30	6,89
P-inerte	604,22	208,46	2,97	202,67	88,86	0,39
P-total	1553,73	835,85	461,15	713,10	448,94	192,79

TABLA IX

POSFORO APROVECHABLE (BRAY I)

Resultados en pps.

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	SUB-SUELO
ALDANA	2,31	2,42
SAN LUIS	18,36	1,89
CARLOSANA 1	19,90	1,89
CARLOSANA 2	3,95	16,05
IPIALES 1	53,59	6,26
IPIALES 2	27,23	0,96
IPIALES 3	26,29	1,33
IPIALES 4	2,65	0,73
IPIALES 5	0,67	1,70
IPIALES 6	2,67	0,39
IPIALES 7	13,66	2,42
IPIALES 8	39,46	4,53
PUPIALES 1	35,75	0,09
PUPIALES 2	10,63	1,14
PUPIALES 3	0,10	0,30
PUPIALES 4	2,30	23,16
PUPIALES 5	25,34	4,31
PUPIALES 6	11,11	0,93
PUPIALES 7	0,11	7,30
MAXIMO	53,59	23,16
PROMEDIO	15,58	4,52
MINIMO	0,10	0,30

ESTADÍSTICA DE
ANÁLISIS DE SUELOS

TABLA X

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

	FOSFATOS CALCICOS APATITICOS Y NO APATITICOS		FOSFATO DE HIERRO Y ALUMINIO	
	% del P-total	% del P-inorgánico	% del P-total	% del P-inorgánico
SUELO	17,53	19,90	44,13	50,11
SUBSUELO	15,65	18,79	48,68	58,44
PROMEDIO	16,59	19,35	46,41	54,28

TABLA XXX

TABLA XI
RELACION N/P ORGANICO

NOMBRE DE LA MUESTRA	SUELO	SUB-SUELO
	214,89	402,00
	100,00	27,78
ALDANA 1	24,28	31,00
CARLOSANA 1	82,85	24,44
SAN LUIS 1	27,50	90,00
CARLOSANA 2	61,00	39,50
IPIALES 1	113,33	20,00
IPIALES 2	66,92	61,67
IPIALES 3	32,08	32,11
IPIALES 4	26,00	56,00
IPIALES 5	17,14	24,00
IPIALES 6	24,00	50,00
IPIALES 7	20,00	24,00
IPIALES 8	76,67	64,44
PUPIALES 1	40,00	21,25
PUPIALES 2	230,00	43,33
PUPIALES 3	17,50	130,00
PUPIALES 4	26,67	30,00
PUPIALES 5	35,00	15,29
PUPIALES 6	39,17	18,75
PUPIALES 7	76,67	22,78
	3.130,00	220,56
MAXIMO	230,00	130,00
PROMEDIO	54,57	42,03
MINIMO	17,14	15,29

TABLA XII

RELACION C/P ORGANICO

NOMBRES DE LA MUESTRA	SUBIO	SUB-SUBIO
ALDANA	214,29	402,00
SAN LUIS	100,00	27,78
CARLOSANA 1	277,50	490,00
CARLOSANA 2	881,00	177,50
IPIALES 1	326,67	45,00
IPIALES 2	273,50	420,00
IPIALES 3	246,25	162,63
IPIALES 4	384,00	192,00
IPIALES 5	131,43	258,00
IPIALES 6	198,00	950,00
IPIALES 7	76,00	622,00
IPIALES 8	715,00	302,22
PUPIALES 1	486,00	427,50
PUPIALES 2	3.130,00	343,33
PUPIALES 3	123,00	197,50
PUPIALES 4	317,77	926,66
PUPIALES 5	416,25	135,88
PUPIALES 6	411,66	671,25
PUPIALES 7	518,00	276,66
MAXIMO	3.130,00	926,66
PROMEDIO	476,91	369,89
MINIMO	76,00	27,78

TABLA XIII

CONTENIDO DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg. CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS
Resultados en ppm.

NOMBRE DE LA MUESTRA	Calcio NH ₄ OAcH 4	Magnesio NH ₄ OAcH 4	Ca/Mg.
ALDANA	970,64	2560,65	0,38
SAN LUIS	568,46	167,01	3,40
CARLOSAMA 1	718,30	121,98	5,89
CARLOSAMA 2	1172,34	221,85	5,28
IPIALES 1	1567,51	313,77	5,00
IPIALES 2	2533,28	627,13	4,04
IPIALES 3	1112,79	325,38	3,42
IPIALES 4	834,65	322,24	2,59
IPIALES 5	1087,59	387,40	2,81
IPIALES 6	750,01	240,56	3,12
IPIALES 7	702,98	147,29	4,77
IPIALES 8	1096,28	151,17	7,25
PUPIALES 1	394,72	132,32	2,98
PUPIALES 2	1108,17	234,76	4,72
PUPIALES 3	1050,94	440,96	2,38
PUPIALES 4	959,53	330,59	2,90
PUPIALES 5	1449,62	374,99	3,87
PUPIALES 6	1136,96	271,54	4,19
PUPIALES 7	692,73	243,68	2,84
MAXIMO	1567,51	2560,65	7,25
PROMEDIO	1047,76	400,80	3,78
MINIMO	394,72	121,98	0,38

TABLA XIV

CONTENIDO DE CALCIO Y MAGNESIO Y RELACION Ca/Mg. CORRESPONDIENTE A LOS SUBSUELOS

Resultados en ppm.

NOMBRE DE LA MUESTRA	$\frac{\text{Calcio}}{\text{ML OACH}} \times 4$	$\frac{\text{Magnesio}}{\text{ML OACH}} \times 4$	Ca/Mg.
ALDANA	751,23	196,12	3,83
SAJ LUIS	826,66	161,88	5,10
CARLOSANA 1	967,64	329,11	2,94
CARLOSANA 2	681,18	222,53	3,06
IPIALES 1	220,78	88,11	2,51
IPIALES 2	1954,69	525,57	3,72
IPIALES 3	254,44	268,79	0,91
IPIALES 4	482,07	149,10	3,23
IPIALES 5	1450,36	437,97	3,31
IPIALES 6	663,62	290,02	2,29
IPIALES 7	1579,36	679,23	2,33
IPIALES 8	1054,19	184,59	5,71
POPIALES 1	564,96	89,06	6,34
POPIALES 2	1018,50	469,62	2,17
POPIALES 3	952,28	496,28	1,92
POPIALES 4	361,48	109,57	3,30
POPIALES 5	821,49	89,08	9,22
POPIALES 6	1253,63	298,43	4,20
POPIALES 7	814,48	115,67	7,04
MAXIMO	1954,69	679,23	9,22
PROMEDIO	877,05	263,20	3,35
MINIMO	245,44	88,11	0,91

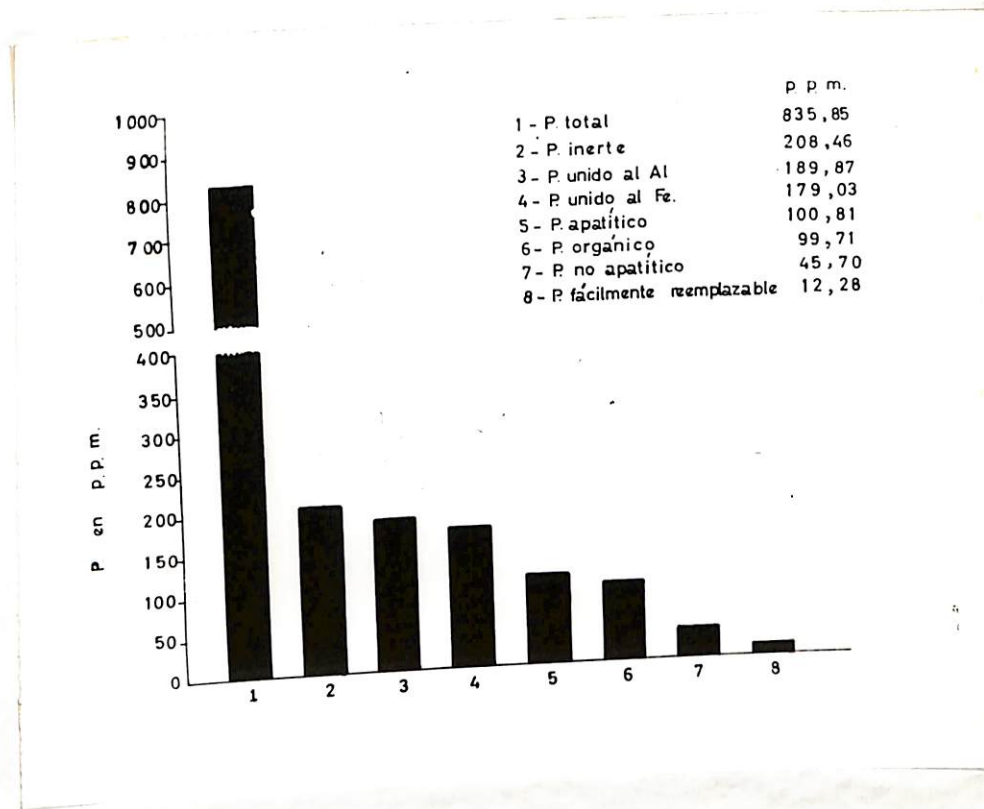


Figura 2. Contenido promedio de las fracciones de fósforo en los suelos.

Fotocopia: A. Duarte

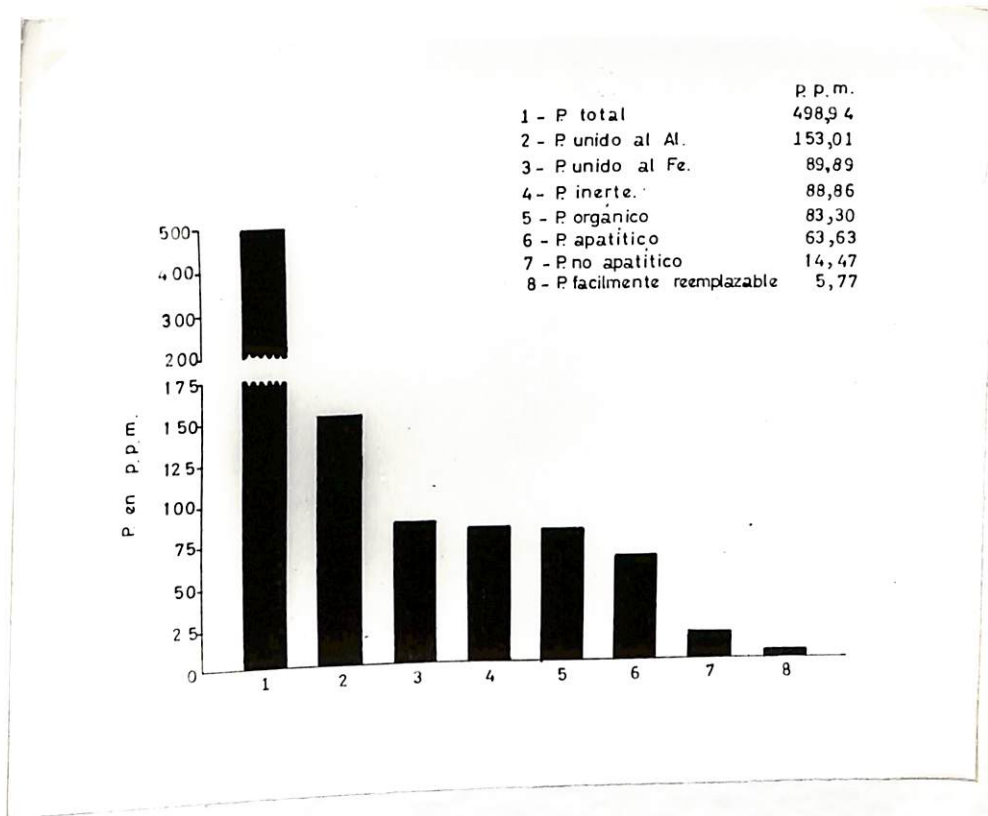


Figura 3. Contenido promedio de las fracciones de fósforo en los subsuelos.

Fotocopia: A. Duarte

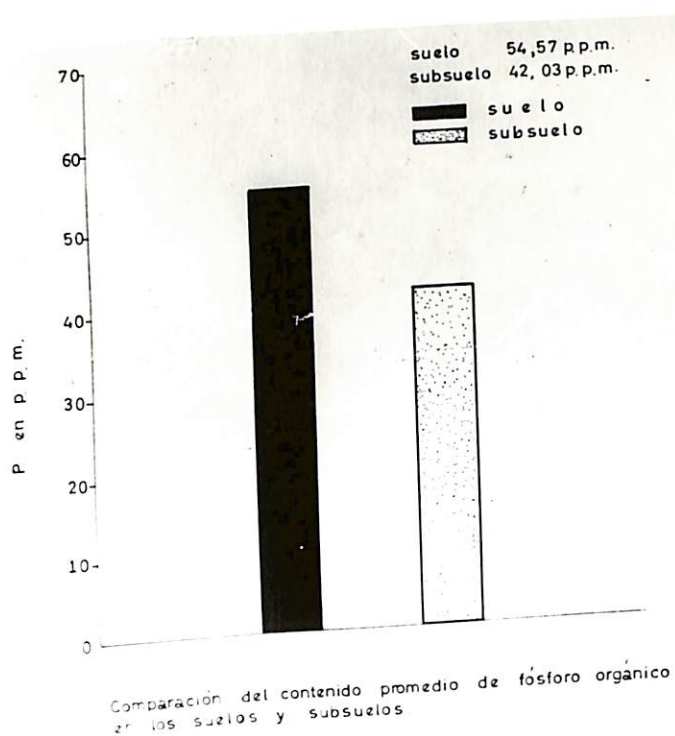


Figura 4. Comparación del contenido promedio de fósforo orgánico en los suelos y subsuelos.

Fotocopia: A. Duarte

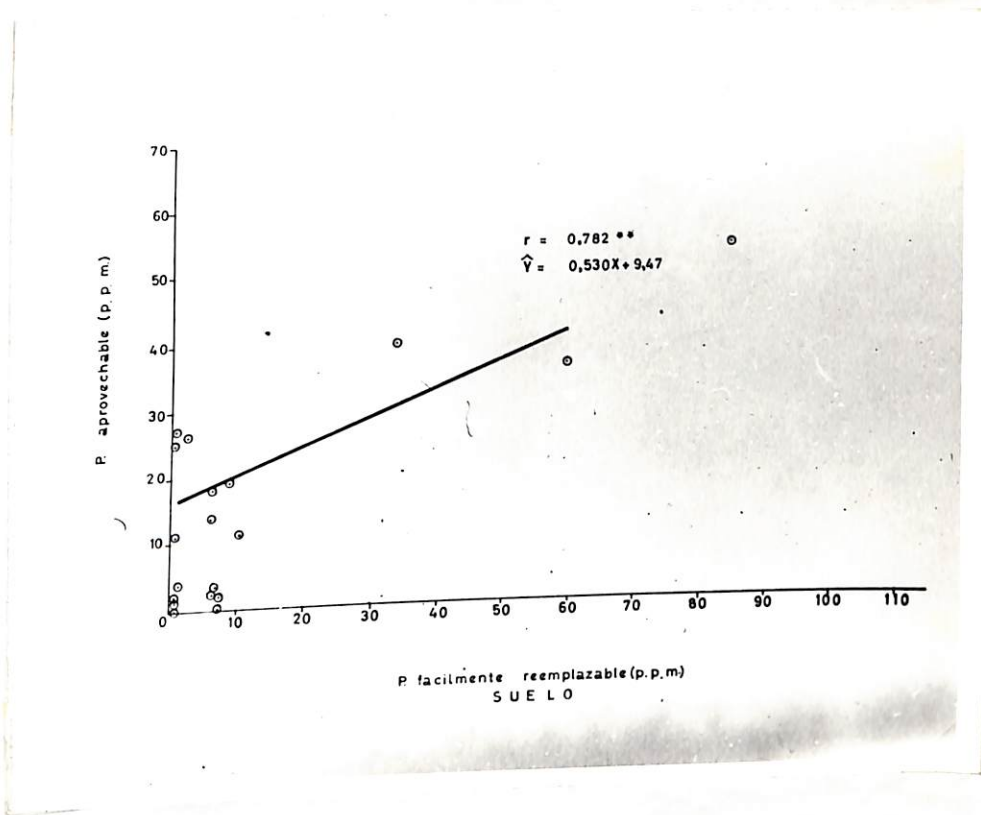


Figura 5. Relación entre el P-facilmente reemplazable y el P-aprovechable en el suelo.

Fotocopia: A. Duarte

V. conclusiones

1. El fósforo total presente en los suelos estudiados muy similar a las determinaciones en otros regiones investigadas por métodos estadísticos.

2. Las distintas fracciones de fósforo presentaron el siguiente

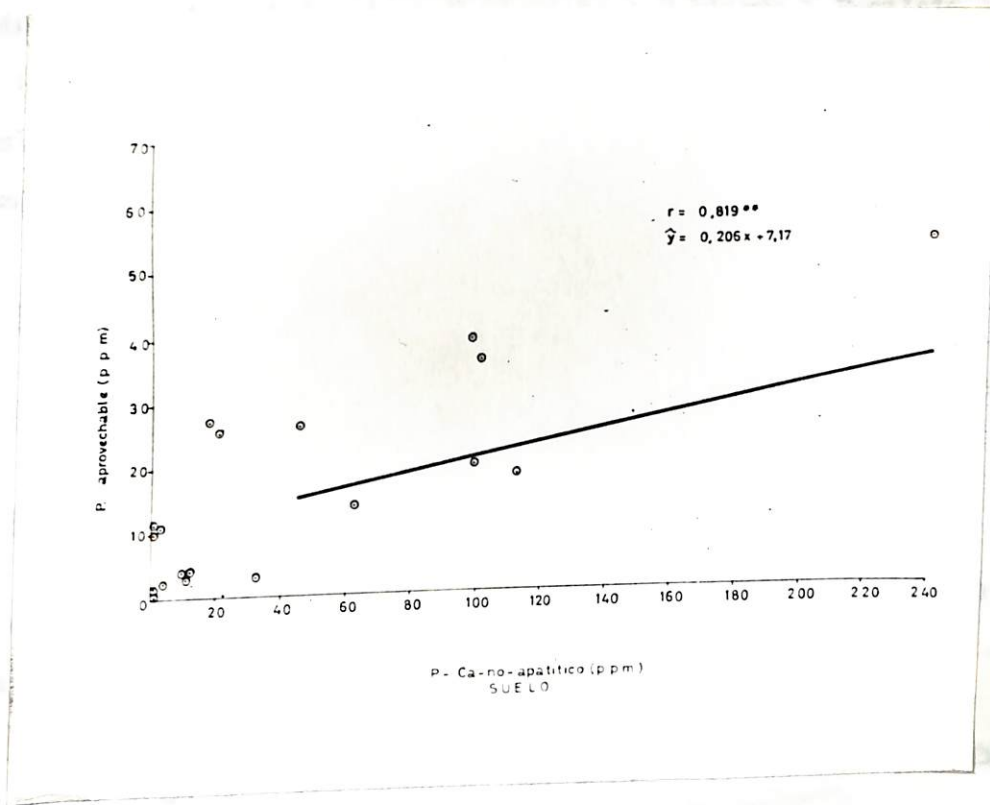


Figura 6. Relación entre el P-calcio no apatítico y el P-a aprovechable en el suelo.

Fotocopia: A. Duarte

V. CONCLUSIONES

1. El fósforo total presenta una concentración muy similar a las detectadas en otras regiones influenciadas por cenizas volcánicas.
2. Las distintas fracciones estudiadas presentaron el siguiente predominio:
-Suelo: P-inerte > P-aluminio > P-hierro > P-calcio apatítico > P-orgánico > P-calcio no apatítico > P-fácilmente reemplazable.
-Subsuelo: P-aluminio > P-hierro > P-inerte > P-orgánico > P-calcio apatítico > P-calcio no apatítico > P-fácilmente reemplazable.
3. La fracción orgánica fue definitivamente baja.
4. Para propósitos agronómicos, el P-intercambiable es bajo.
5. La mineralización del fósforo es relativamente débil.
6. Los suelos presentan un estado relativamente avanzado de meteorización, de acuerdo al concepto de Fassbender (28).
7. Se requieren más estudios sobre la determinación de la fracción orgánica.
8. La fracción del fosfato cálcico no apatítico, de acuerdo a la alta correlación detectada, ofreció el mayor aporte a la fracción del P-aprovechable, extraído mediante el método Bray I.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda efectuar estudios sobre mineralización del P en estos suelos, teniendo en cuenta que en la actualidad se supone una inhibición del proceso por posibles factores físico-químicos.

2. Se deben efectuar estudios sobre la capacidad de fijación del P en estos suelos.

3. Se recomienda estudiar comparación de metodología para determinar la fracción orgánica.

4. Dados los porcentajes de hierro y aluminio presentes, se debe efectuar un estudio de fuentes de fósforo de lenta solubilidad que permitan una menor retención.

VII. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en suelos del Altiplano de Ipiasles, Tarija. Situado a $1^{\circ} 49' 39''$ lat. N. y a $77^{\circ} 38' 14''$ Long. W., del Meridiano de Greenwich. Se estudiaron las diferentes formas de fósforo presentes.

En promedio las cantidades de las diferentes formas de fósforo expresadas como porcentajes del P-total, decrecieron en el orden siguiente: -Suelos: P-inerte, 24,94%; P-aluminio, 22,71%; P-hierro, 21,42%; P-calcio apatítico 12,06%; P-orgánico, 11,93%; P-calcio no apatítico, 5,47%; P-fácilmente reemplazable, 1,47%. -Subsuelos; P-aluminio, 30,66%; P-hierro, 18,02%; P-inerte, 17,81%; P-orgánico, 16,70%; P-calcio apatítico, 12,75%; P-calcio no apatítico, 2,90%; P-fácilmente reemplazable, 1,16%.

El fósforo total presenta una concentración muy similar a las detectadas en otras regiones de origen volcánico predominando las formas de aluminio y hierro y las ocultas sobre las cálcicas. La fracción orgánica e intercambiable es baja, presentándose una débil mineralización. El P-calcio no apatítico demostró ser la fracción que más aporte dió a la formación del P-aprovechable.

Los suelos presentan un avanzado estado de meteorización.

SUMMARY

The present work was carried out on soils of Ipiales Highlands, in Nariño, located at $1^{\circ} 49' 39''$ North Latitude and $77^{\circ} 30' 14''$ W of Greenwich meridian. Different forms of P were studied.

The mean values of the different P forms expressed as total-P percentages decreased in this order: For the soil: Inert-P, 24,94%; Aluminium-P, 22,71%; Fe-phosphate, 21,42%; Apatitic-Calcium-P, 12,06%; Organic-P, 11,93%; Non-apatitic-calcium-P 5,47%; easily exchangeable-P, 1,47%. For the subsoil: Aluminium-P, 30,66%; Fe-phosphate, 18,02%; Inert-P, 11,81%; Organic-P, 16,70%; Apatitic-calcium-P, 12,75%; Non-apatitic-calcium-P, 2,90%; easily exchangeable-P, 1,16%.

The total-P shows a concentration very similar to those founded in some other soils of volcanic origin, the Aluminium, Iron and colussed forms being more predominant over the calcic ones. The organic and exchangeable fractions are low and show a slight mineralization process. The non apatitic calcium P showed to be the most important fraction for the available-P formation.

These soils showed a very advanced stage of meteorization.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA

PASTO - COLOMBIA

BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ACQUAYE, D.K. Some significance of soil organic phosphorus mineralisation in the phosphorus nutrition of cacao in Ghana. *Plant and soil*. 19(1):65-80. 1963.
2. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. 2nd. ed. New York, John Wiley. 1964. 462p.
3. ANGULO, R.N. et al. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola. U. de Nariño. 116p. 1970.
4. ANONIMO. Conocimientos prácticos sobre suelos. Parte II. *Agric. Trop.* 2(4):42-51. 1966.
5. ARANBARRI, P. y L. MADRID. Relación entre el fósforo total y el fósforo lábil de cuatro suelos característicos andaluces. *An. Edafol. Agrobiol.* 24:683-692. 1965.
6. ARIZAS, A. Algunas propiedades físicas en dos suelos derivados de cenizas volcánicas por varios métodos y combinaciones de los mismos en el municipio de Pasto. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. Tesis de promoción. 54p. 1970.
7. BASTIDAS, O. et al. Formas de fósforo en los suelos volcánicos del Valle de Sibundoy, Putumayo, Colombia. (sometido a consideración *Revista Turrialba*). 1970.
8. BLASCO, M. Bioquímica del fósforo en Microbiología del suelo. *Turri*

- alba, Costa Rica. IICA. 208-237p. 1970.
9. BLASCO, M. Curso de clasificación de suelos. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. (p.irr). 1969. (en máquina).
10. _____; Curso de Suelos II. Palmira, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional. 1963. 427p. (en mimeógrafo).
11. _____. Fertilidad de suelos. Palmira, Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. 1967. 190p.
12. _____. Sinopsis edafológica del Amazonas Colombiano. IV Conferencia Internac. de la FAO., Bogotá. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. 1968. 21p. (en multilith).
13. _____ and M. BOHORQUEZ. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. *Agrochimica*. 12:173-178. 1968.
14. _____ et al. Transformaciones microbiológicas del fósforo en los suelos volcánicos del Puracé. *Acta Agron.* 27:1-6. 1968.
15. HENAVIDES, S.T. Distribution of native phosphorus and phosphorus adsorption. Capacity of some tropical soils of Colombia. M.Sc. Thesis. Oklahoma State University. 1963.
16. DORRHEIMISZA, E. El fósforo orgánico en suelos tropicales. *Turrialba*. 16(1):33-38. 1966.
17. _____ and E. IGUE. Comparison of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. *Soil Sci.* 10: 347-353. 1967.

18. BOUYOUKOS, G.A. A comparison between the pippete method and hydro meter method for making mechanical analysis of soil. Soil Sci. 38:335-343. 1934.
19. BRENNER, J.M. Determination of nitrogen in soil by Kjendhal method. Jour. Agric. Sci. 55:11-13. 1960.
20. BUCKMAN, H.O. y H.C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. S. Barceló. México. UTEHA. 1965. 590p.
21. BUENO, J.A. Breve reseña explicativa del croquis geológico del Dpto. de Nariño que presenta el laboratorio de Fomento Minero de Pasto al Servicio Geológico Nacional. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi". Servicio Geológico Nacional. Informe No. 625. Bogotá. 1948. (p. irr). (en máquina).
22. CHAVES, H. et al. Estudio socio-económico de Nariño. Ministerio del trabajo. División Técnica de la Seguridad Social Campesina. Bogotá, Argra. 1959. 218p.
23. CHANG, S.C. and M.L. JACKSON. Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84:133-137. 1957.
24. DULBE, R.A.J. y M. SANTACRUZ. Propiedades físicas de algunos suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Pasto, Facultad de Ciencias Agrícolas, U. de Nariño. 1971. 57p.
25. ENWEZOR, W.O. and A.W. MOORE. Phosphorus status of some Nigerian soils. Soil Sci. 102(5):322-328. 1966.
26. ESPINAL, T.L. y S. MONTENEGRO. Fracciones vegetales de Colombia.

Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá. Inst. Geográfico "Agustín Codazzi". 1963. 210p.

27. PASSEWIDER, H.W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la Zona Oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. *Pitotecnia Latinoamericana*. 3:187-202. 1966.
28. _____, et al. Estudios del fósforo en suelos de América Central. II Formas y sus relaciones con las plantas. Turrialba. 18:333-347. 1968.
29. GAMBOA, J. Dinámica del NPK en el suelo después de cinco fertilizaciones consecutivas. Tesis Mg.Sc. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1971. 70p.
30. GONZALEZ, A. Manual de Laboratorio de Suelos. Palмира, Fac. de Agronomía. U. Nacional. 1966. 117p. (en mimeógrafo).
31. GROSSE, B. Compilación de los Estudios Geológicos oficiales en Colombia. Ministerio de Industrias. Biblioteca de Minas y Petróleos. Tomo III. Imprenta Nacional. Bogotá. 1935. 454p.
32. HOLDRIDGE, L.R. Curso de Ecología Vegetal. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1958. 45p. (en mimeógrafo).
33. BOSSHER, L.R. and G.E. RICHARDS. The effect of phosphorus source on the movement and uptake of hand applied manganese. *Soil Sci. Amer. Proc.* 32:83-85. 1968.
34. INSTITUTO GEOGRAFICO "AGUSTIN CODAZZI". Plan Piloto de desarrollo

- urbano de Pasto. Sección de planeamiento urbano. 1966-1967.
p. irr. *Trabajo definitivo de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos. Pa. aprox. Separata de la Revista IICA. 3(1):*
35. JACKSON, M.L. Análisis químico de suelos. Trad. J.B. Martínez. Barcelona, Omega. 1964. 662p.
36. _____, and G.D. SHERMAN. Chemical weathering of minerals in soils. *Advances in Agronomy. 5:296-297. 1953.*
37. JOHN, M.K., et al. The distribution of organic phosphorus in British Columbia Soils its relationships to soil characteristics. *Canad. Jour. Soil Sci. 45:87-93. 1965.*
38. LUZURIAGA, G.T. Propiedades morfológicas, físicas y químicas y clasificación de seis andosoles de Costa Rica. Tesis Mg.Sc. Turrialba, IICA. 160p. 1970.
39. MATTA, I.A.C. y J. PALACIOS. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. 1970. 148p.
40. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Corporación Autónoma Regional del Cauca, (CVC). Laboratorio químico regional cooperativo. Investigaciones. Vol. I. Palмира, Facultad de Agronomía, U. Nacional. 1967. 82p. (en mimeógrafo).
41. NORA, T.E. y L. LEGARDA. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Nariño relacionados con las formaciones ecológicas. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1969. 179p.

42. MORALES, C.H. Recomendaciones tentativas de fertilizantes y cal para diversos cultivos de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos. 1a. aprox. Separata de la Revista ICA. 3(2): 91-102. 1968.
43. MUNSELL, Soil Color Chart. Baltimore, Munsell Color. 1954. (sin numeración).
44. ORTEGA, E., J.E. Estudio comparativo de tres fuentes de fósforo en diferentes niveles de aplicación en relación a su "absorción y fijación" en un suelo rojo de Mariño. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Mariño. 1969. 122p.
45. PANTOJA, L.C. Fraccionamiento de fósforo en algunos suelos de clima medio en el departamento de Mariño. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Mariño. 1969. 111p.
46. RODRIGUEZ, G.I. Geografía económica de Mariño. Geografía física. Tomo I. Pasto, Sur-Colombiana. 1961. 451p.
47. SAIZ DEL RIO, J.F. y E. BORNEMISZA. Análisis químico de suelos. Métodos de Laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1961. 107p.
48. SANCHEZ, T.L.C. Contenido de fósforo orgánico y mineral en algunos suelos del Valle del Cauca, Colombia. Acta Agronómica. 6:99-105. 1956.
49. SAUNDERS, S.H.M. and B.C. WILLIAMS. Determination of total organic phosphorus in soils. Jour Soil Sci. 6:254-260. 1955.

50. SCHOLLENBERGER, C.J. and H. SIMONE. Determination of cation exchange properties of soil by ammonium acetate method. *Soil Sci.* 59:14-. 1945.
51. SEN GUPTA, M.D. and A.H. CORNFIELD. Phosphorus in calcareous soils. I. The inorganic phosphorus fractions and their relations to the amount of calcium carbonate present. *Jour. Sci. Food Agric.* 13:652-655. 1962.
52. _____* II. Determination of the organic phosphorus contents of calcareous soils and its relation to soil calcium carbonate content. *Jour. Sci. Food Agric.* 13:655-658.
53. TAFUR, H. Fraccionamiento de fósforo en algunos suelos del Valle del Sinú, Córdoba. Separata de la Revista ICA. 4(2):59-71. 1969.
54. _____* Principales características químicas de los suelos de la región algodonera de Valledupar (Cesar). Palmira, Facultad de Agronomía, U. Nacional. 1968. 135p.
55. WALKLEY, A. and I.A. BLACK. An examination of the Degtjarov method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37:29-38. 1934.
56. WALLACE, C.B.S. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms. 3rd. ed. London, Curwen Press. 1961. 125p.

57. WILLIAMS, C.H. Nitrogen, sulphur and phosphorus their interactions and availability. Soil Sci. Trans. Aberdeen. 1967. 93-111p.
58. ZAMBRANO, D.H. et al. Atlas Agrológico del departamento de Mariño. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Mariño. 1969. 257p.

Para realizar las correlaciones se emplearon las siguientes fórmulas

Coefficiente de regresión

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

Coefficiente angular

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

A P E N D I C E

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

Para realizar las correlaciones se emplearon las siguientes fórmulas:

Coefficiente de regresión:

$$b = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

Coefficiente angular:

$$\hat{y} = \bar{y} + b(x - \bar{x})$$

Coefficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}}$$

Nota: Se han de interpretar
 los resultados siguientes:

TABLA I

ECUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS
SUELO

RELACION	ECUACION	r	r ² %	r CALCULADO	18 G.L. 5% 1%
P-fácilmente reempl. - P-aprovechable	Y = 0,530X + 9,47	0,782 ⁺⁺	61,15	0,532	0,633
P-Ca no apatítico - P-aprovechable	Y = 0,206X + 7,17	0,819 ⁺⁺	67,07	"	"
P-Aluminio - P-aprovechable	Y = 0,087X - 0,94	0,415	17,22	"	"
P-Hierro - P-aprovechable	Y = 0,045X + 7,17	0,332	11,02	"	"
P-Ca apatítico - P-aprovechable	Y = 0,063X + 9,23	0,258	6,65	"	"
P-orgánico - P-aprovechable	Y = -0,086X + 7,00	-0,107	1,14	"	"
P-Aluminio - pH	Y = 0,001X + 4,94	0,144	2,07	"	"
P-Hierro	Y = 0,002X + 4,67	0,440	19,36	"	"
P-Ca no apatítico - pH	Y = 0,003X + 4,89	0,324	10,49	"	"
P-aprovechable - pH	Y = 0,002X + 4,83	0,258	6,65	"	"
P-Aluminio - % de arcillas	Y = 0,029X + 4,58	0,291	8,46	"	"
P-Hierro - % de arcillas	Y = 0,008X + 7,67	0,085	0,72	"	"
P-Ca no apatítico - % de arcillas	Y = 0,024X + 12,98	0,404	16,32	"	"
P-Ca apatítico - % de arcillas	Y = -0,033X + 10,18	-0,315	9,92	"	"
	Y = -0,023X + 10,40	-0,219	4,79	"	"

G.L.: Grados de libertad
++: Altamente significativo.

TABLE II

EQUACIONES DE REGRESION Y COEFICIENTES DE CORRELACION ENTRE LAS MEDIDAS ESTUDIADAS

SUEBULO

RELACION	EQUACION	r	r ² %	r CALCULADO 5%	Q.L. 1%
P-feldspato reemplaz. - P-approvechable	Y = 0,037X + 4,31	0,072	0,51	0,532	0,633
P-Ca no apatitico - P-approvechable	Y = 0,120X + 2,78	0,226	5,10	"	"
P-aluminio - P-approvechable	Y = -0,001X + 4,38	-0,009	0,01	"	"
P-hierro - P-approvechable	Y = -0,022X + 2,54	-0,320	10,24	"	"
P-Ca apatitico - P-approvechable	Y = -0,034X + 2,36	-0,206	4,24	"	"
P-orgánico - P-approvechable	Y = 0,006X + 4,02	0,086	0,73	"	"
P-aluminio - pH (KOL III)	Y = 0,001X + 4,65	0,131	1,71	"	"
P-hierro - pH	Y = 0,004X + 4,44	0,490	24,01	"	"
P-Ca no apatitico - pH (KOL III)	Y = 0,044X + 4,16	0,723	52,27	"	"
P-Ca apatitico - pH	Y = 0,0003X + 4,78	0,014	0,01	"	"
P-approvechable - pH	Y = -0,016X + 4,87	-0,146	2,13	"	"
P-aluminio - % de arcillas	Y = 0,001X + 3,06	0,006	0,003	"	"
P-hierro - % de arcillas	Y = 0,012X + 7,06	0,185	3,42	"	"
P-Ca no apatitico - % de arcillas	Y = -0,232X + 11,50	-0,464	21,52	"	"
P-Ca apatitico - % de arcillas	Y = 0,011X + 7,44	0,053	0,28	"	"

Q.L.: Grados de libertad.

++ : Altamente significativo.

AN		10550
T		
631.85		
G643	Gonzales Guacan, Gloria M.	
Ej.1	Fraccionamiento de fósforo en suelos del altiplano.....	VENCE
NOMBRE	Carlos Chafuelán	
Nº del Carnet	25034206	
NOMBRE	Dña L. Guerra	
Nº del Carnet	100043221	
NOMBRE	Fredely Piteug.	
Nº del Carnet	20108108	
NOMBRE	Andres Mauricio Irujo	
Nº del Carnet	23141233	

AN
 T
 631.85
 G643
 Ej.1
 10550