

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO EN ALGUNOS SUELOS DE CLIMA
MEDIO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Por

CARLOS PANTOJA LOPEZ

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

Presidente de tesis
MARIO BLASCO L., I.A., Ph.D.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
INSTITUTO TECNOLÓGICO AGRÍCOLA
Pasto - Colombia

1.969

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

Artículo 1o. del Acuerdo No. 324 de 11 de octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A mis padres

A mis hermanos

A mis familiares

A mis amigos

DEDICO

Carlos Pantoja López

546.17
P864
Ej. 1

- IV -

RECONOCIMIENTO:

A MARIO BLASCO L., I.A., Ph.D.
A Francisco Cortés de la E.
A Alicia Risueño Maya
A Joaquín Gamboa J., I.A.
A Víctor Montenegro, I.A.
A Mauro Recalde
A La Universidad de Nariño
A Las personas que hicieron po
sible la realización del pre
sente trabajo.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO			
BIBLIOTECA			
ALBERTO QUJANO GUERRERO			
No.	5 7 2 8 9	Fac.	_____
Ej.	_____	Vol.	_____
Lib.	_____		
Valor \$.	_____	Don.	_____
Can.	_____	Com.	_____
Fecha.	_____	Resp.	_____

CONTENIDO	Pag.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA	3
1.1 Zonas Productoras del Departamento de Nariño	3
1.1.1 Región Central de Pasto	3
1.1.2 Región Septentrional Mayo - Juanambú	3
1.2 Geología	3
1.3 Clima	6
1.4 Hidrografía	6
1.5 Suelos	6
1.6 Formaciones Vegetales	7
1.6.1 Bosque húmedo subtropical	7
1.6.2 Bosque seco subtropical	8
2. GENERALIDADES SOBRE EL FOSFORO	8
3. FIJACION DEL FOSFORO	10
4. FRACCIONAMIENTO DEL FOSFORO	12
4.1 Fósforo Total	13
4.2 Fósforo Orgánico	15

	Pág.
2.2.1.2 Fósforo unido al calcio - no apatítico	32
2.2.1.3 Fósforo unido al aluminio	32
2.2.1.4 Fósforo unido al hierro	32
2.2.1.5 Fósforo unido al calcio - apatítico	33
2.2.2 Fósforo orgánico	33
2.2.3 Fósforo total	34
2.2.4 Fósforo inerte	34
2.2.5 Fósforo aprovechable	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	35
1. FOSFORO TOTAL	37
2. FOSFORO ORGANICO	39
3. FOSFORO INORGANICO	43
3.1 Fósforo inerte	43
3.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio	44
3.3 Fósforo unido al calcio apatítico y no apatítico	46
3.4 Fósforo fácilmente reemplazable	50
V. CONCLUSIONES	58
VI. RESUMEN	90
SUMMARY	91
VII. BIBLIOGRAFIA	92
APENDICE	111

ILUSTRACIONES		Pag.
Figura 1.	Zonas productoras del Departamento de Nariño.	4
Figura 2.	Localización de la zona estudiada en el Departamento de Nariño. Departamento de Nariño en la República de Colombia.	29
Figura 3.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los suelos de bosque.	81
Figura 4.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los subsuelos de bosque.	82
Figura 5.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los suelos de pradera.	83
Figura 6.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los subsuelos de pradera.	84
Figura 7.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los suelos de cultivos.	85
Figura 8.	Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los subsuelos de cultivos.	86
Figura 9.	Comparación del contenido promedio de fósforo orgánico en los suelos y subsuelos de bosque, pradera y cultivos.	87

TABLAS		Pag.
TABLA	I. Algunas características geográficas y climáticas de las zonas estudiadas.	28
TABLA	II. Resumen de las comparaciones estadísticas efectuadas.	40
TABLA	III. Comparación de los fosfatos cálcicos y de hierro y aluminio expresados como porcentajes del fósforo total y del fósforo inorgánico.	48
TABLA	IV. Algunas características físicas - de los suelos de bosque.	54
TABLA	V. Algunas características físicas - de los subsuelos de bosque	55
TABLA	VI. Algunas características físicas - de los suelos de pradera.	56
TABLA	VII. Algunas características físicas - de los subsuelos de pradera.	57
TABLA	VIII. Algunas características físicas - de los suelos de cultivos.	58
TABLA	IX. Algunas características físicas - de los subsuelos de cultivos	59
TABLA	X. Características químicas generales correspondientes a los suelos de bosque.	60
TABLA	XI. Características químicas generales correspondientes a los subsuelos de bosque	61

TABLA	XII.	Características químicas generales correspondientes a los suelos de pradera.	62
TABLA	XIII.	Características químicas generales correspondientes a los subsuelos de pradera.	63
TABLA	XIV.	Características químicas generales correspondientes a los suelos de cultivos.	64
TABLA	XV.	Características químicas generales correspondientes a los subsuelos de cultivos.	65
TABLA	XVI.	Fracciones de fósforo en los suelos de bosque.	66
TABLA	XVII.	Fracciones de fósforo en los subsuelos de bosque.	67
TABLA	XVIII.	Fracciones de fosforo en los suelos de pradera.	68
TABLA	XIX.	Fracciones de fósforo en los subsuelos de pradera.	69
TABLA	XX.	Fracciones de fósforo en los suelos de cultivos.	70
TABLA	XXI.	Fracciones de fósforo en los subsuelos de cultivos.	71
TABLA	XXII.	Relación N/P orgánico de los suelos.	72
TABLA	XXIII.	Relación N/P orgánico de los subsuelos.	73
TABLA	XXIV.	Relación C/P orgánico de los suelos.	74
TABLA	XXV.	Relación C/P orgánico de los subsuelos.	75
TABLA	XXVI.	Fósforo aprovechable (Bray I) en los suelos de bosque, pradera y cultivos.	76
TABLA	XXVII.	Fósforo aprovechable (Bray I) en los subsuelos de bosque, pradera y cultivos.	77

TABLA	XXVIII.	Contenidos máximo, promedio y <u>mí</u> nimo de las fracciones de fósfo- ro en los suelos estudiados.	78
TABLA	XXIX.	Contenidos máximo, promedio y <u>mí</u> nimo de las fracciones de fósfo- ro en los subsuelos estudiados.	79

FRACCIONAMIENTO DE FOSFORO EN ALGUNOS SUELOS DE CLIMA
MEDIO EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO (1).

Por

CARLOS PANTOJA LOPEZ

I. INTRODUCCION

El proceso de producción agropecuaria es un complejo en el que entran muchos factores los cuales requieren una investigación primeramente exploratoria y luego específica y concreta. El factor suelos es tan importante como los demás, y dentro de los suelos la disponibilidad de nutrientes es un aspecto primordial.

Las plantas necesitan para su normal desarrollo una determinada cantidad de nutrientes en sus tejidos vegetales. Cuando estos no se encuentran ni en la concentración ni en la forma requeridas, los cultivos pueden dis-

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

minuir y hasta anular su producción.

De aquí que el conocimiento de la cantidad y la forma en que estos elementos se encuentran en el suelo, es de indiscutible utilidad práctica en la diagnosis de fertilidad de los suelos, no siendo suficientes las investigaciones que sobre suelos aparentemente semejantes se hayan efectuado. La gran variabilidad de condiciones a las cuales están sometidos, hace inclusive tener estos datos como base para futuras investigaciones en cada una de las zonas escogidas.

En la presente investigación se efectuó un análisis físico-químico general de los suelos de clima medio en el Departamento de Nariño y un análisis completo de las diferentes formas de fósforo de los mismos. Cabe anotar que este estudio constituye una parte integral de un conjunto de investigaciones que abarcan fraccionamientos de nitrógeno, potasio y estudio de elementos menores, con lo cual se pretende dar una información lo más completa posible de las principales características de estos suelos, de cuya explotación depende en gran parte la economía del Departamento

II. REVISION DE LITERATURA

1. DESCRIPCION GENERAL DE LA ZONA

1.1 Zonas Productoras del Departamento de Nariño. Económicamente el Departamento se encuentra dividido en seis regiones: Pasto, Túquerres, Ipiales, Norte, Barbacoas y la Costa. (Chaves et al, 22). La zona estudiada en el presente trabajo se encuentra incluida en dos de ellas, de acuerdo a la Figura No. 1.

1.1.1 La Región Central de Pasto, cuyo eje es el Volcán Galeras, presenta una topografía muy abrupta principalmente en la parte occidental. Dentro de esta misma región se encuentra la Hoya del Río Pasto con terrenos también quebrados donde aparecen mesetas escalonadas en Chachagüí, Duarte y Toro.

1.1.2 La Región Septentrional Mayo-Juanambú, que tiene como eje el Volcán Doña Juana y se caracteriza por presentar topografías de altas y suaves pendientes.

1.2 Geología. Garcés y Gutiérrez, citados por Chaves et al (22), anotan que "Los Valles del Patía, Mayo, Juanambú y Guátara, están cubiertos de depósitos volcánicos considerables arrojados en la época posterciaria por --

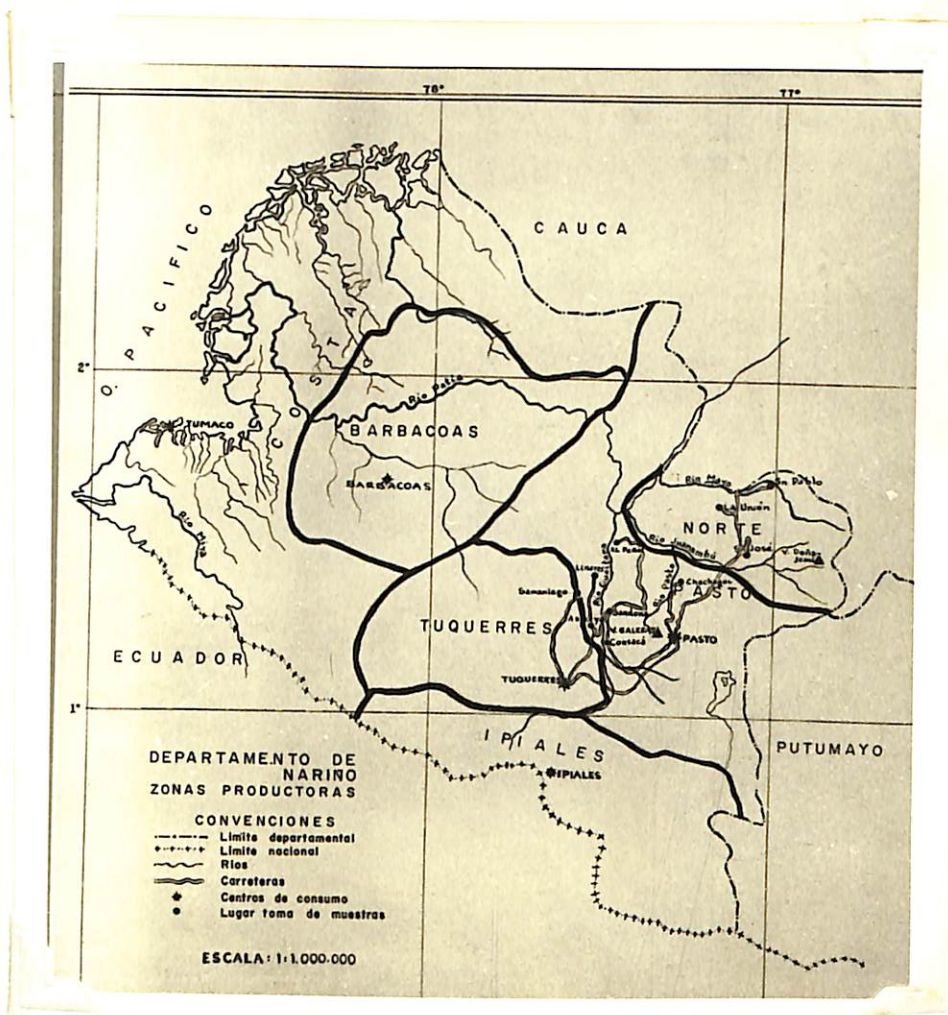


Figura No. 1

Zonas productoras del Departamento de Nariño. (Tomado del Atlas de Nariño, 22).

Foto: I. Santacruz.

los Volcanes Galeras, Las Animas, Sotomayor, etc. y cuyos detritos fueron conducidos hacia las partes bajas por el hielo al derretirse en cantidades inmensas, donde quedaron depositados al desaparecer los lagos que en esa época debieron existir".

Varela (99), ha dividido los depósitos volcánicos provenientes de las erupciones de fines del Terciario y del Cuaternario en dos grupos de acuerdo a su origen: a) Formaciones sin mezcla del material de acarreo, en las cuales localiza los suelos afectados por las neoerupciones principalmente del Galeras y del Doña Juana. "El material eruptivo del Doña Juana, está constituido por tobas de cenizas y lápilis, entre los cuales se encuentran erráticamente bombas de andesita y piedra pómez". b) Formaciones con mezcla del material de acarreo, cuyo material dominante es casi completamente de origen volcánico, tobas andesíticas aglomeráticas de color gris, siendo muy secundaria la partición de los cascajos fluviales. Aquí se encontraría la parte sur de Sandoná, donde se observan planicies suavemente inclinadas hacia el río.

Los Ingenieros encargados del trazado del antiguo ferrocarril de Nariño (22), al referirse a la geología del departamento, encuentran que el rasgo más sobresaliente es su fase ignea y volcánica con todas sus

consecuencias de intenso metamorfismo. Abundan las rocas masivas, predominando entre ellas las básicas: sienitas, andesitas, basaltos, etc. Los granitos y las diasitas son muy escasas. Las eyecciones aparecen acompañadas de las tobas correspondientes.

1.3 Clima. Como puede observarse en la Tabla I, la temperatura media oscila entre 18 y 22 grados centígrados, mientras que la precipitación varía entre 1.312 y 1.864 mm./año. (25, 35, 36, 37, 38, 39).

1.4 Hidrografía. En la zona estudiada hay tres ríos importantes: El Guáitara en la parte occidental y que corre de sur a norte; el Guambuyaco o Juanambú, con su principal afluente el Río Pasto, y el Río Mayo en la zona norte, ambos corren en dirección oriente-occidente. Antes de su desembocadura en el Río Patía reciben innumerables riachuelos y quebradas que en conjunto forman tres vertientes: La del Guáitara, la del Juanambú y la del Mayo. (Chaves et al, 22).

1.5 Suelos. Debido al volcanismo intenso y reciente, estos suelos son jóvenes y por lo tanto notoriamente influenciados por el material parental, dando en algunos casos perfiles A-C, con horizontes poco diferenciados, poco profundos y donde la roca es dura (Varela, 99).

Legarda y Mora (61), también encuentran - que los suelos localizados en el Cañón del Guáitara son poco evolucionados y según ellos pertenecerían al orden de los Entisoles con propiedades de Ustents.

Revelo y Revelo (81), recopilaron y promediaron algunos análisis físico-químicos efectuados en el Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño, correspondientes a los suelos de clima medio de este departamento, obteniendo los siguientes resultados: Textura predominante: franco arcilloso, franco y franco-arcillo-arenoso; pH: ligeramente ácido (5,78); nitrógeno total: 0,29%; fósforo aprovechable: 28,82 Kg./Ha.; potasio intercambiable: 561,31 Kg./Ha.; calcio intercambiable: 4.491,44 Kg./Ha.; magnesio intercambiable: 625,50 Kg./Ha.; materia orgánica: 5,42%; carbono orgánico: 3,47%.

1.6 Formaciones Vegetales. Según el sistema propuesto por Holdridge (46), Espinal y Montenegro (30), encuentran las siguientes formaciones vegetales:

1.6.1 Bosque húmedo subtropical (bh-ST), ocupa en su mayor parte la región denominada "zona cafetera". En términos generales tiene como límites climáticos una temperatura media anual entre 18 y 24 grados centígrados y un promedio de lluvias entre 1.000 y 2.000 -

mm./año, distribuidos regularmente. En esta formación -
se encuentran Consacá, Sandoná, San Pablo, La Unión y -
San José.

1.6.2 Bosque seco subtropical (bs-ST), -
generalmente se encuentra limitando con el anterior y -
juntos constituyen las dos principales formaciones encon-
tradas en la zona. Las condiciones climáticas caracte -
rísticas son: temperatura inferior a 24 grados centígra -
dos y promedio anual de lluvias que varía entre 500 y -
1.000 mm./año. Topografía accidentada con pendientes -
desde moderadas hasta fuertes. Aquí se encuentran: El Pe -
ñol, Samaniego, Linares, Ancuya y Chachagüí.

En las dos formaciones mencionadas, debi-
do a la agricultura intensiva y desde hace muchos años,
los bosques originarios son muy escasos (Espinal y Mon-
tenegro, 30).

2. GENERALIDADES SOBRE EL FOSFORO.

Justus Von Liebig, citado por Blasco (10) y pos -
teriormente Lawes y Gilbert, citado por Arambarri (5), -
fueron los primeros en establecer la necesidad de fósfo -
ro para las plantas.

La compleja dinámica de este elemento, su fijación en condiciones muy variadas y la dificultad de establecer una correlación clara entre las distintas formas en que puede hallarse, entre otras, han sido la causa de los muchos estudios posteriores que sobre este elemento se han efectuado (Martínez y Lucena, 66).

Buckman y Brady (19), opinan 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 doblemente seria, además de las influencias directas sobre la planta, evita que ésta aproveche otros nutrientes.

Las funciones del fósforo en la fisiología de las plantas son muchas y muy complejas. Es un componente del núcleo celular y de los ácidos nucleicos, constituyentes esenciales en la vida de las células; entra en muchas reacciones bioquímicas concernientes con el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas; a menudo almacena y suple energía en reacciones específicas como la respiración y fermentación. Tiene especial importancia en la germinación, en el crecimiento y en los procesos de maduración de las semillas y los frutos. Los fosfatos actúan como amortiguadores para mantener satisfactoriamente las condiciones de acidez y alcalinidad de las células de las plantas. Juega un papel fun-

damental en la utilización del nitrógeno y otros elementos (Alexander, 4; Hossner y Richards, 47; Willcox y Townsed, 107; Wallace, 101).

3. FIJACION DEL FOSFORO.

En relación a las arcillas, el ión PO_4 es absorbido por los iones de calcio intercambiable y/o por el aluminio de las láminas cristalinas (Barbier, 6; Blanchot, 9; Wey, 105). Por otra parte es bien conocido que los sesquióxidos de hierro y aluminio fijan mayor cantidad de fósforo que las arcillas (Blanchot, 9; Hemwall, 45).

En suelos calcáreos o alcalinos, la fijación del fósforo es debida a la formación de una serie de fosfatos insolubles de calcio. Hay también evidencia de que el fósforo puede ser fijado por el Al^{+++} o $Al(OH)_3$ en la fracción arcillosa de los suelos alcalinos, siendo esta fijación función parcial de otros cationes presentes (Hemwall, 45).

En suelos ácidos colombianos, León y Coleman (62), encontraron que aquellos que contenían alofano, sorbían mayores cantidades de fósforo que los suelos con altos contenidos de goetita y hematita y que los suelos

que contenían en su superficie, o entre las capas de sus arcillas, cantidades apreciables de óxidos hidratados de hierro.

Mujalldi, Posner y Quirk (73, 74, 75), efectuaron ensayos sobre la fijación del fósforo utilizando caolinita, gibsitita y pseudoboemita; encontraron que a bajas concentraciones de fosfatos ($1 \times 10^{-4} M$) se presentaba intercambio de los fosfatos con el grupo OH^- balanceador del $Al(OH)_3$ situado en la arista de la cara cristalina del mineral, mientras a medias y altas concentraciones (10^{-3} a $10^{-1} M$) el fósforo penetra en el espacio inter laminar de las arcillas. Según estos autores para bajas y medias concentraciones ocurre como fenómeno predominante la adsorción de fosfatos, mientras que a altas concentraciones se presentan reacciones de disolución y precipitación.

En general, se puede decir que la fijación del fósforo es mayor en los suelos arcillosos ácidos que en los arenosos neutros y básicos; aumenta también con la concentración de iones fosfatos presentes en la solución y el aumento del tiempo de contacto del fósforo con la fase sólida del suelo (Kelly y Midgler, 59; Muñoz y Fabregas, 78; Sillampää, 92).

4. FRACCIONAMIENTO DEL FOSFORO.

Farps en 1.906, citado por Martínez y Lucona (67), y posteriormente Dean en 1.938, citado por Blasco (11), fueron quienes realizaron el primer fraccionamiento del fósforo.

Con la publicación del método de fraccionamiento sugerido por Chang y Jackson (21), han seguido muchos estudios similares (2,3,32,33,34,42,43,57,67,82,88,89, - 104), siendo escasos y recientes en Colombia (12,13,94).

En el Amazonas colombiano, Blasco (12), encontró para suelos del Terciario, en los tres primeros horizontes, que el fósforo orgánico predominaba sobre las demás fracciones siguiendo en su orden el P-unido al hierro, el P-inerte, el P-unido al calcio no apatítico, el P-unido al calcio apatítico y el P-fácilmente reemplazable. El P-unido al aluminio sólo se presentó entre 0 y 25 cm., siendo en este horizonte superior al inerte. Para suelos aluviales de la misma región, el orden fue el siguiente: P-inerte, P-orgánico, P-unido al aluminio, P-unido al hierro, P-unido al calcio no apatítico, P-unido al calcio apatítico, no encontrándose P-fácilmente reemplazable.

Blasco y Bohórquez (13), concluyen que el prome-

dio de las cantidades correspondientes a las distintas formas de fósforo, expresadas como porcentajes del fósforo total para los suelos del Valle del Cauca, disminuye 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 P-fácilmente reemplazable. El mismo orden se encontró para los subsuelos, excepto que la fracción P-unido al calcio no apatítico es mayor que el P-unido al aluminio.

Tafur (94), para los suelos de Valledupar (Cesar), encontró para los tres primeros horizontes el siguiente orden: P-inerte, P-orgánico, P-unido al hierro, P-unido al calcio no apatítico, P-unido al calcio apatítico y P-fácilmente reemplazable. Se observó cierta tendencia a aumentar el P-inerte con la profundidad del perfil.

4.1 Fósforo Total. Muchos son los factores que regulan el contenido de fósforo total en el suelo, principalmente la textura, el grado de desarrollo del suelo, el material parental y la profundidad (Goel y Agarwall, 40; Kaila, 55; McConaghy et al, 70).

Kaila (55), encontró una concentración de 820, 890, 950 y 1.050 ppm. para suelos arenosos, areno -

ses finos, francos y limosos respectivamente.

McConaghy, Stewart y Malock (70), indican que el contenido de fósforo en suelos originados de basalto, granito y esquistos micáceos fue de 1.700, 1.584 y 992 ppm.

Gool y Agarwall (40), en suelos de la India encontraron que las mayores concentraciones de fósforo se presentaban en los suelos jóvenes, decreciendo con la madurez del suelo.

Kaila (55), Enwezor y Moore (27), Blasco y Bohórquez (13) y Tafur (94), encontraron que el fósforo total disminuía con la profundidad debido principalmente a la disminución del fósforo orgánico.

Ahmad y Jones (2), determinaron en suelos de Barbados entre 1.600 y 1.700 ppm. de fósforo total - en los primeros 15 cm. Los mismos autores afirman que decrece con la profundidad, lo cual está asociado con el pobre drenaje y las condiciones anaeróbicas en los subsuelos durante las estaciones húmedas.

Para suelos colombianos, Jenny, citado por Sánchez (84), en suelos del Valle del Cauca encontró en promedio 1.900 ppm. de fósforo total. Para los -

misimos suelos Blasco y Bohórquez (13), encontraron 590,8 ppm. para la superficie y 472,1 ppm. para los subsuelos. Los resultados para los suelos de Valledupar (Cesar), - fueron comparativamente más bajos que los anteriores: - 414,55 , 326,36 , 334,09 y 362,50 ppm. de fósforo total para los horizontes A, B, C y D respectivamente (Ta - fur, 94). Para los suelos del Terciario del Amazonas se encontró en promedio: 340 ppm. de 0 a 25 cm., 220 de 25 a 60 cm. y 180 ppm. de 60 a 150 cm. (Blasco, 12).

4.2 Fósforo Orgánico. Esta fracción proviene de los compuestos fosfóricos que integran los tejidos de las plantas, incluye también el fósforo inorgánico que - ha sido convertido a la forma orgánica por los microorga - nismos del suelo (Sánchez, 84; Bear, 7).

Russell (83), afirma que el fósforo orgáni - co constituye una reserva importante en los suelos tropi - cales siendo la fracción menos estable por la intensa me - teorización, dando lugar a compuestos que van a ser toma - dos por las plantas.

El contenido de fósforo orgánico varía — principalmente con la profundidad del perfil (Kaila, 56), y esto es lógico por cuanto Alexander (4), ha demostra - do que suelos ricos en materia orgánica tienen abundante

cantidad de fósforo orgánico y aquélla también disminuye con la profundidad, sin embargo en el subsuelo el fósforo orgánico representa también un alto porcentaje del total (12, 13, 94).

Se ha encontrado que la cantidad más alta de fósforo orgánico se presenta en suelos de mayor precipitación y temperatura anual baja (Westin y Buntley, 1944).

Existe una correlación positiva entre las cantidades de fósforo orgánico y las cantidades de carbono orgánico y nitrógeno (Black y Goring, 1938). Según varios investigadores citados por estos autores, la materia orgánica de los suelos minerales contiene 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 más alta en suelos ácidos que en suelos alcalinos, lo cual indica que el fósforo orgánico es más resistente a la descomposición en suelos ácidos.

Pearson y Thompson, citados por Sánchez (1944), encontraron que el fósforo orgánico en suelos vírgenes era mayor que en suelos cultivados, consideraron ellos que esta variación se debía a la acción del tiempo sobre los compuestos orgánicos del fósforo.

Wernshall y Dyer, citados por Dean (1933),

encontraron que el 75% a 85% en suelos turbosos y aproximadamente el 50% del fósforo total en suelos podsólicos, están en combinaciones orgánicas. Dean (23), ha calculado que el fósforo orgánico en diferentes partes del mundo está entre 8 y 50% del fósforo total.

En suelos de origen granítico y gnéísico, más de la mitad del fósforo total del suelo se encuentra como fósforo orgánico (Muñoz y Fabregas, 78). Enwezor y Moore (27), para suelos de bosque de Nigeria, encontraron 43% para la capa superficial y 28% para el subsuelo. Para suelos de Virginia, Jencks et al (52), encontraron que en promedio el 42,3% para la primera capa y 27,7% para la segunda capa, correspondía al fósforo orgánico.

Investigaciones en Colombia (12, 13, 94), indican que tanto para suelos como para subsuelos, el contenido de fósforo orgánico, expresado como porcentaje del total, varía de 20 a 30%, encontrándose que los menores porcentajes corresponden a horizontes inferiores.

El fósforo orgánico del suelo está compuesto en forma primaria de fitina, ácidos nucleicos y fosfolípidos. La fitina, la cual incluye los ácidos fítics (inositol hexafosfato) y sus sales, ha mostrado ser el mayor componente (Jencks et al, 52).

Caldwell y Black (20), han reportado que la fitina puede constituir hasta el 50% del fósforo orgánico de los suelos. Alexander (4), afirma que el inositol hexafosfato puede representar de 25 a 90% del fósforo orgánico. En los suelos de Virginia, la fitina constituyó en promedio 245 ppm. para los suelos y 136 ppm. para los subsuelos, lo cual corresponde a 39,1% y 28,9% respectivamente del fósforo total orgánico (Jencks et al, 52).

La aprovechabilidad de la fitina y sus derivados está influenciada por la reacción del suelo, en suelos ácidos reacciona con el hierro y el aluminio los cuales son resistentes a la defosforilación (Hemwall, 45).

Los ácidos nucleicos, las nucleoproteínas y nucléotidos, según Alexander (4), pueden representar entre 20 y 60% del fósforo orgánico; los ácidos nucleicos al morir las células son rápidamente mineralizados.

Los lípidos constituyen otra fracción importante del fósforo orgánico. Hance y Anderson (44), encontraron de 0,31 a 0,70 miligramos de fósforo por 100 gramos de suelo, estimados en 0,6 a 0,9% del fósforo total orgánico, predominando los glicerofosfatos y fosfatidil-colina. Esto indica que en los suelos las lecitinas

se hidrolizan desdoblándose principalmente en glicerina y colina.

4.3 Fósforo Inorgánico. Hemwall (45), afirma que el fósforo inorgánico existe en su totalidad como sales de ácido ortofosfórico y pueden ser clasificadas como fluoro, oxi e hidroxifosfatos de hierro, aluminio, calcio, magnesio y manganeso.

Williams (107), indica que estos fosfatos minerales en el suelo se presentan en cantidades muy pequeñas, aunque se pueden identificar en orden a su solubilidad: la apatita, $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$; wavelita, $\text{Al}_6(\text{FOH})_6 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$; vivianita, $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y minerales de garceixita, $\text{Ba Al}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$.

Chang y Jackson (21), Hsu y Jackson (49), y McConaghy et al (70), indican que la cantidad relativa de fósforo inorgánico refleja diferencias genéticas entre los suelos.

4.3.1 Fósforo inerte. Hernando y Losada, citados por Lotero (64), definen el fósforo inerte como aquél que se encuentra en el interior de las partículas del suelo, o bien como especies mineralógicas muy esta-

bles o bien en formas no claramente definidas, pero también estables. Con estas condiciones es una fracción del fósforo que no participa en la dinámica de este elemento (Tafur, 94).

Duchaufour (24), señala la mayor existencia del fósforo inerte en relación a las restantes fracciones. Blasco y Bohórquez (13) y Tafur (94), llegaron a la misma conclusión; para los primeros autores (13), representó el 58,2 y 49,4% para los suelos y subsuelos del Valle del Cauca; para Tafur (94), en suelos de Valledupar: 36,40 , 38,44 , 37,07 y 47,67% para la primera, segunda, tercera y cuarta capas.

4.3.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio. Son las fracciones más características de los suelos altamente meteorizados. En suelos sometidos a meteorización drástica, como sucede en áreas tropicales, los fosfatos de hierro y aluminio son los predominantes (Ahmad y Jones, 2 ; Blasco y Bohórquez, 13 ; Hsu y Jackson, 49).

En suelos vírgenes el fósforo unido al aluminio es muy bajo, sin embargo en suelos podsolizados en la capa de 20 a 40 cm. se presenta una gran acumulación de esta fracción (Kaila, 56). Este mismo autor -

afirma que en los suelos cultivados debido a la adición de fertilizantes, los fosfatos de aluminio tienden a acumularse en la superficie. El fósforo unido al calcio puede aumentar cuando se aplica fosfatos que contengan apatita.

Los suelos arcillosos cultivados tienden a ser en promedio significativamente más ricos en hierro que aquellos suelos arenosos o arenosos finos, y una tendencia similar se observa en el contenido de aluminio, sin embargo, en horizontes profundos los suelos arenosos finos, parecen contener más aluminio que las correspondientes muestras arcillosas (Kaila, 57).

Las concentraciones más altas para el fósforo unido al hierro se encuentra entre 0 y 18 cm. y para el aluminio entre 76 y 152 cm. La alta cantidad de fósforo unido al aluminio en horizontes profundos se atribuye a la discontinuidad litológica (Westin y Buntley, 104).

En suelos de Nigeria, Enwezor y Moore (27), encontraron que el fósforo inorgánico, más del 50%, se presentó como fosfatos de hierro y el resto como fosfatos de aluminio y calcio.

Para suelos de Barbados (2), del -

51% al 90% del fósforo inorgánico se encuentra ligado al hierro.

Para suelos españoles, el porcentaje de los fosfatos de aluminio osciló entre 1,3% y 18% - con un promedio aproximado de 8%, no encontrándose relación clara con el pH; los fosfatos de hierro oscilaron entre 4% y 25%, con un valor medio de 11%, los valores máximos se encuentran a pH comprendidos entre 6 y 7 (Martínez y Lucena, 68).

En suelos colombianos, Tafur (94) y Blasco y Bohórquez (13), concluyen que el fósforo unido al hierro es más importante que el fósforo unido al aluminio o a las distintas formas cálcicas.

Tafur (94), encontró que en promedio el fósforo unido al hierro varió de 35,43 a 69,38 ppm. de P, con porcentajes que varían de 10,53 a 19,14%, mientras que el fósforo unido al aluminio varió de 9,95 a 27,19 ppm., con porcentajes de 2,74 a 6,56%.

En los suelos del Valle del Cauca - (13), el fósforo unido al hierro para la superficie fue de 54,4 ppm. (9,21%) y 41,1 ppm. (8,71%) para los subsuelos; el fósforo unido al aluminio varió de 32,5 ppm en los suelos a 29,7 ppm en los subsuelos, con porcentajes

que varían de 5,50% a 6,29% respectivamente.

En los suelos aluviales del Amazo - nas colombiano, Blasco (12), encontró que la cantidad de fósforo retenido por el aluminio es mayor que la correspondiente a la retenida por el hierro, ocurriendo el fenómeno inverso para los suelos del Terciario (y los desarrollados sobre el Plio-Pleistoceno). Para este último tipo de suelos, como dato curioso, se encontró que a partir de los 30 cm. no se presentaba fósforo unido al aluminio.

4.3.3 Fósforo unido al calcio. Se cree - que bien sea la hidroxiapatita o el fosfato octocálcico, gobiernan la concentración del fósforo en la solución - del suelo (Weir y Soper, 1933). Estos autores indican - que cuando el fosfato monocálcico es añadido al suelo se forma inicialmente el fosfato dicálcico dihidratado, este último compuesto es lentamente transformado por medio de la hidrólisis a fosfato octocálcico y finalmente a hidroxiapatita. Para todos los suelos estudiados por estos autores, los fosfatos del suelo fueron más solubles que la hidroxiapatita, pero menos soluble que el fosfato dicálcico dihidratado.

Terman et al (1936), afirman que el -

fosfato dicálcico dihidratado fue apreciablemente más aprovechable que el fosfato dicálcico anhidro, el fosfato monocálcico fue ligeramente más aprovechable que el fosfato dicálcico en suelos alcalinos, pero fue menos aprovechable en suelos ácidos. Los mismos autores encontraron que el fosfato tricálcico fue casi tan asequible como el fosfato dicálcico anhidro en suelos ácidos, pero muy bajamente aprovechable en suelos alcalinos; para todos los suelos la hidroxiapatita fue muy bajamente aprovechable.

La apatita ha sido considerada como el fosfato mineral más importante. La velocidad con la cual se disuelve es muy baja y el único método práctico de acelerarla es la adición de materia orgánica, ésta produce anhídrido carbónico y ácido nítrico que actúan como disolventes suplementarios, siendo solamente una pequeña parte la que se aprovecha para la liberación de fósforo (Bear, 7).

Kaila (56), encontró que el fósforo unido al calcio es menor en la superficie del suelo. Según este autor, esto puede deberse a la mayor actividad microbial en este horizonte, los cuales son capaces de disolver la apatita y ser utilizada por las plantas. Sobre este particular Suzuki et al, citados por Westin y Buntley (104), han encontrado en suelos de Michigan, que

tanto el fósforo unido al calcio como el fósforo unido al aluminio contribuyen más al fósforo removido por las plantas.

De los estudios realizados en Colombia (12, 13, 94), se deduce que el fósforo unido al calcio (apatítico y no apatítico) tiene menos importancia - que las fracciones de fósforo unidas al hierro y al aluminio, exceptuando el fósforo apatítico en los suelos aluviales del Amazonas cuya cantidad es relativamente alta. Los autores citados explican este fenómeno debido a la fuerte meteorización de los suelos tropicales que origina una lixiviación del catión calcio.

Blasco (11), aclara que aunque las cantidades de fósforo unido al calcio son muy bajas, es una fracción muy importante en la actividad microbial. - Katznelson et al (58), han demostrado que cuando se presenta una escasez de calcio en los suelos tropicales, - los microorganismos pueden utilizar el fosfato de calcio insoluble para el crecimiento de sus células.

4.3.4 Fósforo aprovechable. Se encuentra retenido en la superficie de los coloides del suelo (Duchaufour, 24; Hanotiaux, 43). Arambarri y Madrid (5), afirman que el fósforo más fácilmente cambiabile se encuen

tra ligado a la fracción arcillosa de los suelos.

La cantidad de fósforo aprovechable en los suelos es extremadamente variable, aunque siempre dentro de límites generales bajos. Blasco (10), presenta algunos datos del contenido de fósforo aprovechable - en diferentes regiones de Colombia, observándose una variación desde 5,50 Kg./Ha. en el Chocó (Bahía Solano) - hasta 47,30 Kg./Ha. en el Valle del Cauca (Yumbo).

III. MATERIALES Y METODOS

1. MATERIALES.

Para el presente estudio se escogieron diez sitios pertenecientes a las regiones Templada y Subtropical (Fajas Montano Bajo y Subtropical) del Departamento de Nariño, de 1.000 a 2.000 m.s.n.m., siguiendo para esta elección la clasificación de formaciones vegetales de Holdridge (45).

Los suelos y subsuelos estudiados están localizados en las vertientes de los Ríos Guáitara, en el occidente, y Juanambú y Mayo en el norte del Departamento.

Las características correspondientes a localización geográfica, altura, temperatura y precipitación aparecen en la Tabla I y en la Figura No. 2.

Las muestras del suelo y subsuelo se tomaron utilizando barreno o pala y las profundidades se anotaron por medio de cinta métrica. En cada sitio elegido se tomaron seis muestras: tres suelos y tres subsuelos correspondientes a áreas bajo bosque, (en la mayoría de los casos secundario) en cultivos y en pradera.

Las muestras se llevaron al laboratorio utili -

ALGUNAS CARACTERISTICAS GEOGRAFICAS Y CLIMATICAS DE LAS ZONAS ESTUDIADAS

N O M B R E	LOCALIZACION GEOGRAFICA		Altura sobre el nivel del mar m.	Temperatura °C	Precipitación mm/año
	Longitud	Latitud			
Consacá	77° - 29' - 10" W.G.	1° - 12' - 15" - N.	1.400	20	1.392,3
Sandoná	77° - 28' - 53" W.G.	1° - 17' - 22" - N.	1.848	18	1.392,3
Ancuya	77° - 30' - 57" W.G.	1° - 15' - 38" - N.	1.538	20	
Linare	77° - 30' - 03" W.G.	1° - 22' - 46" - N.	1.200	22	
San José	77° - 04' - 45" W.G.	1° - 28' - 00" - N.	1.935	18	1.397,7
La Unión	77° - 09' - 16" W.G.	1° - 36' - 06" - N.	1.375	22	1.864,6
El Peñol (El Tambo)	77° - 23' - 20" W.G.	1° - 26' - 00" - N.	1.575	22	
Samaniego	77° - 35' - 26" W.G.	1° - 20' - 24" - N.	1.535	21	1.312,3
Chachagüí	77° - 15' - 56" W.G.	1° - 22' - 40" - N.	1.935	18	
San Pablo	77° - 00' - 19" W.G.	1° - 40' - 05" - N.	1.720	19	1.441,1

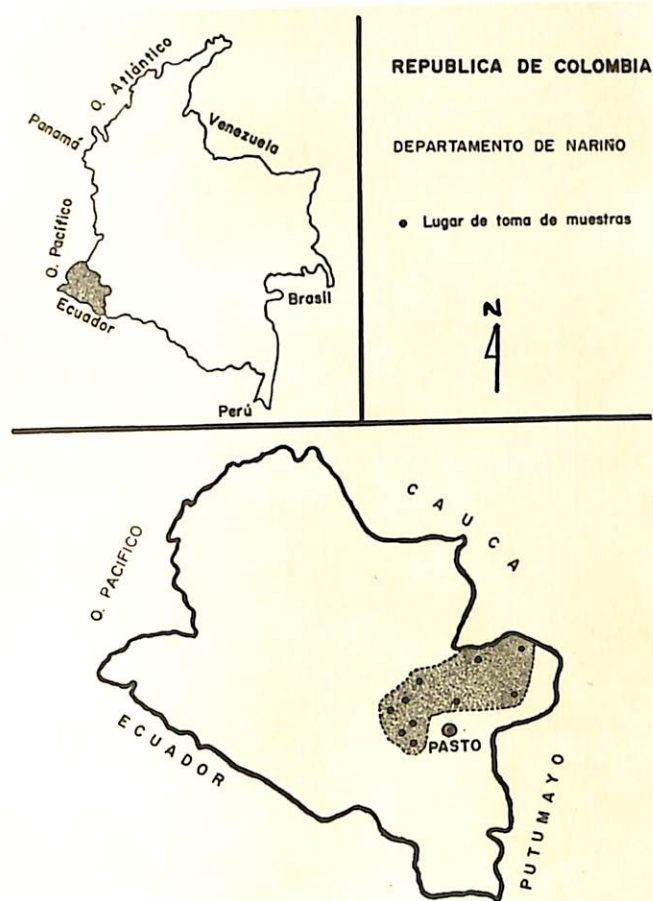


Figura No. 2

Localización de la zona estudiada en el Departamento de Nariño. Departamento de Nariño en la República de Colombia.

Foto: I. Santacruz.

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

2. METODOS.

Las determinaciones realizadas y métodos empleados fueron los siguientes:

2.1 Análisis Físico-Químico General.

2.1.1 Determinación del color en seco y en húmedo, utilizando la Tabla Munsell (77).

2.1.2 Determinación de la textura: Método Bouyoucos (16).

2.1.3 Determinación del pH, mediante un potenciómetro Beckman aplicado a una mezcla suelo:agua 1:1 (Jackson, 51).

2.1.4 Determinación del carbono orgánico: Método de Walkley-Black (102).

2.1.5 Determinación del nitrógeno total: - Método de Kjeldhal modificado (Bremner, 18).

2.1.6 Determinación de la capacidad catiónica de cambio y los cationes cambiabiles por el método del acetato de amonio normal y neutro de Schollenberger y Simon (91).

2.1.7 Determinación del hierro de cambio, por el método de la ortofenantrolina descrito por Saiz y Bornemisza (85).

2.1.8 Determinación del aluminio de cambio, por el método de Yuan descrito por Duchaufour (24).

2.2 Análisis Químico del Fósforo.

2.2.1 Fraccionamiento del fósforo. Se utilizó el método sugerido por Chang y Jackson (21), con las modificaciones propuestas por Sen Gupta y Cornfield para distinguir las fracciones de fósforo unidas al calcio (88, 89).

Las fracciones de fósforo fácilmente reemplazable, fósforo unido al calcio no apatítico, fósforo unido al aluminio, fósforo unido al hierro y fósforo unido al calcio apatítico, se obtienen a partir de un gramo de suelo con agitaciones y centrifugaciones sucesivas, variando para cada caso la solución extractora

y el tiempo de agitación. Después de cada centrifugación se recolectó el líquido sobrenadante en el cual se hacía la lectura correspondiente empleando la técnica del color azul o cloruro-stannoso-cloromolibdica y un espectrofotómetro Universal-Coleman.

2.2.1.1 Fósforo fácilmente reemplazable, extraído mediante agitación durante 30 minutos de un gramo de suelo con 50 mililitros de cloruro de amonio normal.

2.2.1.2 Fósforo unido al calcio no apatítico, extraído mediante agitación del suelo residual con 50 mililitros de ácido acético 0,5 normal, durante una hora.

2.2.1.3 Fósforo unido al aluminio, previamente a la determinación, el suelo residual se lavó con agua destilada y se centrifugó, luego se agitó con 50 mililitros de fluoruro de amonio neutro 0,5 normal durante una hora. Para evitar las interferencias del fluoruro en la lectura correspondiente a esta fracción se utilizó ácido bórico 0,8 M.

2.2.1.4 Fósforo unido al hierro, el suelo residual se lavó con una solución saturada de -

cloruro de sodio y luego se agitó durante 17 horas con 50 mililitros de hidróxido de sodio 0,1 normal. La materia orgánica presente en el extracto alcalino se romo-
vió mediante floculación con unas gotas de ácido sulfúrico concentrado y centrifugación.

2.2.1.5 Fósforo unido al calcio apatítico, se extrajo en la agitación durante una hora del suelo residual con 50 mililitros de ácido sulfúrico 0,5 normal.

2.2.2 Determinación del fósforo orgánico.
Se utilizó el método de ignición de Saunders y Williams (87), según el siguiente procedimiento: Se colocó un gramo de suelo en un tubo de centrífuga y se agitó con 50 mililitros de ácido acético normal durante 5 minutos y se centrifugó. El líquido sobrenadante se decantó y el suelo residual se trató con 50 mililitros de ácido sulfúrico 0,2 normal. Se agitó durante 30 minutos y se filtró a través de papel filtro SS-cinta azul, lavando después con agua destilada. El suelo lavado se sometió a ignición por 2 horas a 550 grados centígrados. Se enfrió y se agitó con 10 mililitros de ácido sulfúrico 0,2 normal durante 30 minutos. Se filtró el extracto y se tomó la alícuota del filtrado.

2.2.3 Fósforo total, se utilizó el método de fusión con carbonato de sodio descrito por Jackson (50).

2.2.4 Fósforo inerte, se obtuvo mediante cálculo restando del fósforo total la suma de las fracciones inorgánicas más el fósforo orgánico.

2.2.5 Fósforo aprovechable, se determinó empleando el método Bray I, descrito por Saiz y Bornemisza (85).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos aparecen en las Tablas de IV a XXIX y las representaciones gráficas de los distintos promedios, así como las comparaciones del fósforo orgánico en los tres medios estudiados, se muestran en las Figuras de 3 a 9. Para una mayor secuencia y claridad se ha considerado conveniente colocar las Tablas y Figuras al final de la discusión.

En promedio, las cantidades de las diferentes formas de fósforo (expresadas como porcentajes del fósforo total) decrecieron en el orden siguiente:

- Suelos de Bosque. Fósforo inerte (56,33%), fósforo orgánico (14,35%), fósforo unido al hierro (9,64%), fósforo unido al aluminio (9,44%), fósforo unido al calcio apatítico (4,59%), fósforo unido al calcio no apatítico (1,33%), fósforo fácilmente reemplazable (1,32%).

- Subsuelos de Bosque. Fósforo inerte (45,58%), fósforo orgánico (14,73%), fósforo unido al hierro (12,39%), fósforo unido al aluminio (10,20%), fósforo unido al calcio no apatítico (9,25%), fósforo unido al calcio apatítico (6,28%), fósforo fácilmente reemplazable (1,57%).

- Suelos de Pradera. Fósforo inerte (58,72%), fósforo orgánico (14,90%), fósforo unido al aluminio (10,30%), fósforo unido al hierro (8,38%), fósforo unido al calcio no apatítico (4,10%), fósforo unido al calcio apatítico (2,67%), fósforo fácilmente reemplazable (0,93%).

- Subsuelos de Pradera. Fósforo inerte (59,67%), fósforo orgánico (14,46%), fósforo unido al hierro (11,51%), fósforo unido al aluminio (7,97%), fósforo unido al calcio no apatítico (3,27%), fósforo unido al calcio apatítico (2,32%), fósforo fácilmente reemplazable (0,80%).

- Suelos de Cultivos. Fósforo inerte (53,77%), fósforo orgánico (12,60%), fósforo unido al aluminio (12,44%), fósforo unido al hierro (9,05%), fósforo unido al calcio no apatítico (6,49%), fósforo unido al calcio apatítico (4,31%), fósforo fácilmente reemplazable (1,43%).

- Subsuelos de Cultivos. Fósforo inerte (52,99%), fósforo unido al hierro (13,14%), fósforo orgánico (9,55%), fósforo unido al calcio apatítico (8,85%), fósforo unido al calcio no apatítico (7,84%), fósforo unido al aluminio (6,34%), fósforo fácilmente reemplazable (1,29%).

1. FOSFORO TOTAL.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que el contenido de fósforo en las regiones estudiadas (templada y subtropical, fajas, montano bajo y subtropical), es bajo.

Algunas razones pueden aducirse para explicar el bajo contenido de fósforo. En primer lugar la erosión bastante notable del área estudiada. Los lugares en donde se tomaron las muestras son los flancos de los Cañones Guáitara, Juanambú y Mayo, con pendientes en su mayoría comprendidas entre 20 y 50%. La explotación intensiva y carente de técnica en estas laderas ha sido la causa de la erosión mencionada y muy factiblemente la causante de la disminución de la presencia de fósforo en estos suelos.

Sobre este particular Ensminger (26), reporta que la erosión constituye el principal factor de disminución del fósforo del suelo. Este autor afirma que de 25 a 30% del fósforo total se encuentra en la fracción arcillosa de los suelos y que precisamente ésta es la más susceptible a erodarse, aunque también considera que la fracción mayor de 2 micras puede perderse en el proceso de erosión laminar aumentando así las pérdidas del fósforo.

Por otra parte parece que la meteorización física, al menos en El Peñol, Samaniego, Linares, Ancuya y Chachagüí, tiene tanta importancia como la meteorización química. Podría ser otra explicación de las, en general, bajas cantidades de fósforo encontradas.

El hecho de que estos suelos sean poco evolucionados de tipo A-C con predominio de cenizas y tobas volcánicas, no parece ser causal de la baja cantidad de fósforo. Una investigación que actualmente se adelanta en suelos similares del Altiplano de Pasto, está demostrando una buena presencia de fósforo total (Villota, 100). Los suelos del Altiplano de Pasto, a diferencia de los estudiados, presentan una erosión mínima y la meteorización es predominantemente química.

No quiere decir esto que los suelos volcánicos en todo caso vayan a ser adecuados en fósforo total. Hay ejemplos de Andosoles en Costa Rica con contenidos de fósforo total superiores a las 2.000 ppm. (Fassbender, 32) mientras que otros suelos volcánicos centroamericanos de similares características muestran, en algunos casos, contenidos parecidos a los encontrados en este trabajo (Muller et al, 76; Fassbender et al, 34).

Los resultados presentados por Morillo y Fassbender (72), para suelos desarrollados sobre materiales

volcánicos en Honduras, dan consistentemente cantidades bajas de fósforo. Los autores mencionados indican que trabajaron con suelos que denominan "someros", algunos de ellos muy pedregosos (área de Papalón). La mayoría de los suelos nariñenses estudiados son también bastante pedregosos, debido a las causas anotadas anteriormente de meteorización física y erosión.

El análisis estadístico realizado comparando los suelos y subsuelos bajo las condiciones de bosque, pradera y cultivos, demostró que no hay diferencia significativa entre ellos en cuanto al contenido de fósforo total (Tabla II, las tablas completas se encuentran en el Apéndice). No obstante considerando las cantidades simples, los contenidos de fósforo total estarían en el orden: Pradera > cultivos > bosque para los suelos y cultivo > pradera > bosque para los subsuelos.

Aún cuando se tomaron las muestras en lotes no fertilizados, los datos para cultivos pueden ser afectados, al menos en parte, por posibles fertilizaciones en años anteriores.

2. FOSFORO ORGANICO.

Estudiando la fracción de fósforo orgánico, se

RESUMEN DE LAS COMPARACIONES ESTADISTICAS EFECTUADAS⁺

C O M P A R A C I O N			"t"	"t" Requerido		Grados de Libertad
			Obtenido	nivel del 5%	nivel del 1%	
P-Total :	Suelo Bosque	x Suelo Cultivos	2,108	2,31	3,36	8
	Suelo Pradera	x Suelo Cultivos	0,145	2,26	3,25	9
	Suelo Bosque	x Suelo Pradera	1,058	2,31	3,36	8
	Subsuelo Bosque	x Subsuelo Cultivos	0,209	2,36	3,50	7
	Subsuelo Pradera	x Subsuelo Cultivos	0,179	2,26	3,25	9
	Subsuelo Bosque	x Subsuelo Pradera	0,238	2,36	3,50	7
P-Orgánico:	Suelo Bosque	x Suelo Cultivos	0,265	2,31	3,36	8
	Suelo Pradera	x Suelo Cultivos	1,105	2,26	3,25	9
	Suelo Bosque	x Suelo Pradera	1,093	2,31	3,36	8
	Subsuelo Bosque	x Subsuelo Cultivos	1,710	2,36	3,50	7
	Subsuelo Pradera	x Subsuelo Cultivos	1,248	2,26	3,25	9
	Subsuelo Bosque	x Subsuelo Pradera	0,444	2,36	3,50	7

⁺ No se encontró ninguna diferencia significativa.

aprecia que en relación al fósforo total su porcentaje - es bajo, oscilando entre 14,90% en suelos de pradera y - 9,55% en subsuelos de cultivos. Estos porcentajes son - inferiores a los encontrados en otros suelos de origen - volcánico (Kosaka y Abe, 60; Fassbender, 32; Bornemisza e Igue, 15; Fassbender et al, 34).

Asimismo, los resultados indican que no hay diferencia significativa en cuanto a su presencia bajo las tres condiciones de bosque, pradera y cultivos (Tabla II) aunque considerando los promedios aritméticos el orden - para el fósforo orgánico se establece así: Pradera > bosque > cultivos. (Figura No. 9).

El bajo contenido de fósforo orgánico muy posiblemente está indicando que la mineralización no es adecuada; no obstante, existen algunos factores que como el pH, en general, ligeramente ácido y la temperatura relativamente elevada, que como se ha demostrado en otros estudios (1, 72, 97), influyen en la más rápida mineralización. Aunque, considerando estos dos últimos factores, - se puede pensar que en estos suelos la poca mineralización que ocurre sea rápida.

Considerando que el porcentaje de fósforo inorgánico es muy superior al del fósforo orgánico, también puede ocurrir como señalan Weir y Black (103), que aque-

lla fracción incrementalmente la solubilidad del fósforo orgánico y su consiguiente aprovechabilidad por las plantas.

Según los resultados, la relación C/P orgánico (Tablas XXIV y XXV) es superior a la indicada por Alexander (4) y Black y Goring (8), para que la tasa de mineralización sea adecuada. No obstante otros trabajos más recientes (Enwezor, 29; Blasco et al, 14), demuestran que la relación 200-300/1 no es un buen índice de mineralización/inmovilización.

En consonancia con los estudios de Fabry (30), muy posiblemente es más importante la cualidad del sustrato. Las dos fuentes principales de fósforo orgánico en el suelo son los ácidos nucleicos y la fitina. Si abundan los primeros ocurrirá una rápida defosforilación, en cambio la mineralización será muy lenta si domina la fitina.

Considerando los promedios dados por John et al (53), las relaciones N/P orgánico encontradas en el presente trabajo son altas (Tablas XXII y XXIII). Este dato muy posiblemente está indicando una mayor presencia de fitina que de ácidos nucleicos, lo cual es índice de que la mineralización de fósforo en estos suelos puede ser débil.

Por otra parte la mayor solubilidad influye en la pérdida de fósforo. Es de tener en cuenta que la fracción orgánica de fósforo es la más móvil en los suelos (3, 42, 93).

El bajo porcentaje de fósforo orgánico encontrado puede incidir en que estos suelos presenten deficiencia de fósforo para el desarrollo de las cosechas. Como indican algunos autores (Al-abbas y Barber, 3; Hanotiaux, 43; Smith, 93), descontada la fracción ya solubilizada, la forma de menor estabilidad y por lo tanto más fácilmente asequible es la correspondiente al fósforo orgánico.

3. FOSFORO INORGANICO

3.1 Fósforo inerte. Esta fracción representó en estos suelos el mayor porcentaje de fósforo total. En los promedios generales osciló entre 45,58% en subsuelos de bosque y 59,67% en subsuelos de pradera. Estos resultados confirman que en el área estudiada ha habido poca meteorización química.

Otros estudios dan consistencia a esta teoría. Sen Gupta y Cornfield (88, 89), dan un porcentaje de 43,2% para el fósforo inerte en suelos poco meteoriza

dos, mientras que Blasco (12), en suelos Terciarios amazoneses, donde la descomposición química del suelo es drástica, señala un porcentaje para la fracción mencionada que varía entre 5 y 10% del fósforo total.

3.2 Fósforo unido al hierro y al aluminio. Con relación al fósforo total los porcentajes de fósforo unidos al hierro y al aluminio en los suelos son respectivamente: 9,64% - 9,44% en bosque, 9,05% - 12,44% en cultivos y 8,38% - 10,30% en pradera. Para subsuelos, en el mismo orden, los porcentajes son: 12,39% - 10,20% en bosque, 13,14 - 6,34% en cultivos y 11,51% - 7,97% en pradera.

De estos resultados aparece que los fosfatos de aluminio son más importantes en los suelos, mientras que en los subsuelos predominan los fosfatos de hierro.

Desde el punto de vista del desarrollo de los suelos se puede intentar alguna explicación de esos resultados coincidiendo en parte con lo indicado por Fassbender (32, 33), para otros suelos centroamericanos.

Posiblemente debido a las características de clima subtropical reinante en el área estudiada y al

buen drenaje ocasionado por la pendiente, se presente -
cierta tendencia a la formación de suelos ferruginosos -
(Duchaufour, 24), lo cual proporcionaría liberación de -
óxidos de hierro ocasionando esa mayor retención de fós-
foro por el hierro.

Por el contrario en la superficie el fenó-
meno de "ferruginación" podría estar disminuído por depó-
sitos más recientes de materiales volcánicos, factible -
mente con mayoría de compuestos inorgánicos amorfos del
tipo del alofano, lo cual sería favorable para la reten-
ción del fósforo por el aluminio.

Por otra parte, está bien comprobado que -
la fracción de fósforo unido al aluminio es más asequi -
ble a las plantas que el fósforo unido al hierro (Juo y
Ellis, 54; Tandon y Kurtz, 95; Payne y Hanna, 80). Por
tanto otra explicación podría ser que las raíces de las
plantas van a disponer antes de los fosfatos de aluminio
y en consecuencia disminuirán más rápidamente que los -
del hierro en el subsuelo.

Al devolver la planta el fósforo en forma
orgánica a la superficie, su mineralización lo hace solu-
ble permitiendo una nueva fijación que en el suelo será
más bien por el aluminio, considerando la abundancia del
alofano como se indicó previamente.

Alguna confirmación de esta segunda explicación parece ofrecerla el hecho de que precisamente las muestras tomadas bajo condiciones de cultivos, en promedio, muestran el mayor contenido de fosfatos de aluminio en el suelo y la menor cantidad en el subsuelo, comparando con las condiciones más estables de bosque y pradera.

3.3 Fósforo unido al calcio, apatítico y no apatítico. Con relación al fósforo total los porcentajes de fósforo apatítico y no apatítico en los suelos son - respectivamente: 4,59% - 4,33% en bosque, 4,31% - 6,49% en cultivos, y 2,49% - 4,10% en pradera. Para subsuelos, en el mismo orden, los porcentajes son: 6,28% - 9,25% - en bosque, 8,85% - 7,84% en cultivos, y 2,32% - 3,27% en pradera. Las mayores cantidades de fosfatos cálcicos aparecen en los suelos de San José que también presentan la reacción más básica.

Los resultados están señalando que bajo - condiciones de pradera, principalmente en el subsuelo, las cantidades de fósforo unido al calcio son consistentemente más bajas que bajo condiciones de bosque y cultivos. En estas dos últimas condiciones hay mayor acumulación de fosfatos cálcicos en el subsuelo, mientras que - en pradera ocurre lo contrario.

Los resultados no dan ningún indicio para señalar que en el área estudiada los fosfatos cálcicos - no apatíticos tengan mayor representación cuantitativa - que los fosfatos cálcicos apatíticos o viceversa.

El hecho de que en suelos de bosque y cultivos haya menos fosfatos cálcicos que en los subsuelos, podría atribuirse, siguiendo las investigaciones de Kaila (56) y Katznelson et al (58), a una mayor actividad - microbial en la superficie. Es factible que en estos - suelos de pendiente también se produzca cierta lixiviación.

El mayor agotamiento de los fosfatos cálcicos en las praderas cabría atribuirlo al hecho de que su gran masa radicular produce un habitat más favorable que las condiciones anteriores para el desarrollo de una potente población microbial. Desde luego también hay que considerar la explicación de que simplemente las raíces de los pastos absorben mejor los fosfatos cálcicos que - las raíces de los árboles y cultivos.

Comparando los fosfatos de hierro y aluminio con los cálcicos (Tabla III), es interesante observar que los primeros duplican a los segundos, relacionando sus porcentajes con el fósforo total y el fósforo inorgánico.

T A B L A III

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

SUELOS Y SUBSUELOS		Fosfatos Cálcidos (apatíticos y no apatíticos)		Fosfatos de hierro y aluminio	
		% del P. Total	% del P.inorgánico	% del P.Total	% del P.inorgánico
Suelos :	Bosque	8,92	10,41	19,08	22,28
	Pradera	6,77	7,95	18,68	21,95
	Cultivos	10,80	12,35	21,49	24,58
Subsuelos :	Bosque	15,53	18,21	22,59	26,49
	Pradera	5,59	6,53	19,48	22,77
	Cultivos	16,69	18,45	19,48	21,54
Promedios		10,72	12,32	20,13	23,27

Es conocido que Chang y Jackson (21), presentaron su teoría de que la mayor o menor meteorización química de los suelos estaba relacionada con las cantidades de fósforo unidas al calcio, al hierro y al aluminio. Cuando las cantidades de fosfatos cálcicos son superiores a las de los fosfatos de hierro y aluminio la meteorización es poca y viceversa. Esta teoría ha sido comprobada en varios trabajos (Blasco, 12; Blasco y Bohórquez, 13; Morillo y Fassbender, 72; Sen Gupta y Cornfield, 88, 89).

Sin embargo, aún teniendo en cuenta cierta meteorización química (mayor en los suelos correspondientes a la formación de Bosque húmedo subtropical), parece que no corresponde a la explicación posible para los suelos estudiados. Observando las Tablas de X a XV, se observa que el calcio intercambiable es muy alto, por tanto no ha habido una lixiviación efectiva de dicho elemento.

Posiblemente la relación obtenida (Tabla - III), esté indicando que en estos suelos el poco fósforo que vaya solubilizándose es a continuación fijado más rápidamente por el hierro y el aluminio que por el calcio.

Esta posible causa, así como las altas cantidades de calcio de intercambio que se encuentra en los

suelos de Nariño, vienen siendo investigadas en otro trabajo que se realiza en el Instituto Tecnológico Agrícola de la Universidad de Nariño.

3.4 Fósforo fácilmente reemplazable. Con relación al fósforo total, los porcentajes de fósforo fácilmente reemplazable en los suelos son los siguientes: - 1,32% en bosque, 1,34% en cultivos y 0,93% en pradera. - Para los subsuelos, en el mismo orden, los porcentajes son: 1,57% en bosque, 1,29% en cultivos y 0,80% en pradera.

Como puede apreciarse, los resultados indican cierta deficiencia de fósforo directamente asequible a las plantas en el área estudiada. De todos los suelos, únicamente en San José (en condiciones de bosque y cultivos) se encuentra un nivel adecuado de fósforo fácilmente reemplazable. Es posible que esta zona se encuentre influenciada por factores distintos que establecerían - cierto límite en cuanto a su presencia de fósforo en los suelos.

Esta deficiencia casi general de fósforo - intercambiable no es sorpresiva. Por un lado se debe - considerar que los niveles de las otras fracciones, principalmente la correspondiente al fósforo orgánico, que -

es la fracción que origina más directamente fósforo intercambiable (Hanotiaux, 43), son bajas. Por tanto dentro del equilibrio dinámico, al no existir fuentes generadoras de adecuado nivel, no se pueden esperar altas cantidades de fósforo fácilmente asequible a las plantas.

Por otro lado, debido a la muy posible presencia de alofano y óxidos de hierro en los suelos estudiados, el fósforo liberado que no sea empleado por las plantas será fijado. Es decir las probabilidades de acumulación de fósforo intercambiable en los suelos son pocas.

También se determinó el fósforo aprovechable por el método de Bray I (Tablas XXVI y XXVII). Las cantidades extraídas son inferiores a las obtenidas con el método de Chang y Jackson (21) mediante el uso de cloruro de amonio normal. Posiblemente esto se debe a la poca concentración del ácido clorhídrico (0,025-N) en el método Bray I.

Como demostraron Zauscher y Ponce (108), en suelos colombianos el método Bray I extrajo menos fósforo aprovechable que el método Bray II (ácido clorhídrico 0,1-N) y en otras investigaciones Márquez y Torres (69), encontraron que el Bray II extrajo más fósforo aprovechable que el método de Chang y Jackson (21).

es la fracción que origina más directamente fósforo intercambiable (Hanotiaux, 43), son bajas. Por tanto dentro del equilibrio dinámico, al no existir fuentes generadoras de adecuado nivel, no se pueden esperar altas cantidades de fósforo fácilmente asequible a las plantas.

Por otro lado, debido a la muy posible presencia de alofano y óxidos de hierro en los suelos estudiados, el fósforo liberado que no sea empleado por las plantas será fijado. Es decir las probabilidades de acumulación de fósforo intercambiable en los suelos son pocas.

También se determinó el fósforo aprovechable por el método de Bray I (Tablas XXVI y XXVII). Las cantidades extraídas son inferiores a las obtenidas con el método de Chang y Jackson (21) mediante el uso de cloruro de amonio normal. Posiblemente esto se debe a la poca concentración del ácido clorhídrico (0,025-N) en el método Bray I.

Como demostraron Zauscher y Ponce (108), en suelos colombianos el método Bray I extrajo menos fósforo aprovechable que el método Bray II (ácido clorhídrico 0,1-N) y en otras investigaciones Márquez y Torres (69), encontraron que el Bray II extrajo más fósforo aprovechable que el método de Chang y Jackson (21).

Se podría deducir de estas comparaciones que en principio la extracción realizada con el método de Chang y Jackson es intermedia entre las extracciones ocasionadas por los métodos Bray I y Bray II, y la diferencia establecerla de acuerdo a la concentración del ácido clorhídrico y por tanto a la posibilidad de extraer diferentes cantidades de fósforo unido al hierro y al aluminio.

Desde luego, la discusión del párrafo previo es sólo una idea, puesto que el objeto de esta investigación no contempla la comparación de metodología.

T A B L A S

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE BOSQUE

SUELOS	Pendiente aproximada %	Profun- didad cm.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
Consacá	20	0-80	10YR-3/2	10YR-2/2	35,64	25,36	39,00	F. ⁺
Sandoná	50	0-50	10YR-2/1	5YR-2/1	37,98	15,36	46,66	F.
Ancuya ⁺⁺	—	—	—	—	—	—	—	—
Linare	50	0-60	10YR-3/2	5YR-3/1	55,88	14,12	30,00	F-A.
San José	30	0-70	2,5Y-4/2	2,5Y-3/2	40,30	23,60	36,10	F.
La Unión	20	0-100	10YR-3/2	10YR-2/2	41,24	30,70	28,06	F-Ar.
El Peñol	50	0-60	10YR-3/3	10YR-3/2	36,62	30,38	33,00	F-Ar.
Samaniego	20	0-30	10YR-4/3	10YR-2/2	32,62	29,68	38,00	F-Ar.
Chachagüí	10	0-40	10YR-3/3	10YR-2/2	40,96	35,04	24,00	F-Ar-A.
San Pablo	60	0-30	10YR-4/2	10YR-3/3	34,30	32,12	33,58	F-Ar.

⁺ F.: Franco - Ar.: Arcilloso - A.: Arenoso - L.: Limoso

⁺⁺ No se encontró Bosque

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUBSUELOS DE BOSQUE

SUELOS	Pendiente aproximada %	Profun- didad cm.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
Consacá	20	80-150	10YR-5/4	10YR-3/3	20,64	47,36	32,00	F-Ar.
Sandoná	50	50-100	10YR-6/3	10YR-4/3	51,64	14,02	34,34	F.
Ancuya	—	—	—	—	—	—	—	—
Linare ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—
San José	30	70- X	5Y-4/2	5Y-3/1	40,98	20,70	38,32	F.
La Unión	20	100- X	10YR-5/4	7,5YR-4/4	58,86	13,70	27,44	F-A.
El Peñol	50	60-100	10YR-4/4	10YR-3/3	32,62	35,38	32,00	F-Ar.
Samaniego	20	30-100	10YR-4/3	10YR-3/4	38,62	34,70	26,68	F-Ar.
Chachagüí	10	40- X	7,5YR-4/4	5Y-3/4	22,96	53,04	24,00	A.
San Pablo	60	30- X	10YR-7/3	10YR-4/4	59,96	11,04	29,00	F-A.

+ Perfil A - C.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE PRADERA

SUELOS	Pendiente Aproximada %	Profun- didad cm.	C O L O R			Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo	Arenas %			
Consacá	10	0-60	10YR-3/1	10YR-2/2	40,64	21,02	38,34	F.
Sandoná	25	0-60	10YR-4/3	10YR-3/3	18,30	44,12	37,58	Ar.
Ancuya	15	0-20	10YR-4/2	10YR-3/2	32,88	33,12	34,00	F-Ar.
Linares	10	0-15	10YR-4/2	10YR-2/2	53,58	13,70	32,72	F-A.
San José	20	0-40	10YR-4/4	10YR-3/3	55,98	12,02	32,00	F-A.
La Unión	15	0-100	10YR-2/2	10YR-2/1	56,58	9,70	33,72	F-A.
El Peñol	5	0-60	10YR-4/2	10YR-2/2	32,62	37,98	30,00	F-Ar.
Samaniego	10	0-30	10YR-3/1	10YR-2/1	31,62	36,70	31,68	F-Ar.
Chachagüí	10	0-100	10YR-3/2	10YR-2/2	38,96	33,04	28,00	F-Ar.
San Pablo	60	0-50	10YR-4/3	10YR-3/3	31,88	34,04	34,08	F-Ar.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUBSUELOS DE PRADERA

SUELOS	Pendiente aproximada %	Profun- didad cm.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
Consacá	10	60-150	10YR-4/3	10YR-3/6	29,24	36,02	34,74	F-Ar.
Sandoná	25	60-100	10YR-5/4	7,5YR-3/2	15,98	55,38	28,64	Ar.
Ancuya	15	20- X	10YR-5/4	7,5YR-4/2	42,62	32,12	25,26	F-Ar.
Linares	10	15- X	10YR-4/3	7,5YR-3/2	38,88	32,12	29,00	F-Ar.
San José	20	40- X	2,5Y-5/4	2,5Y-4/3	48,98	17,02	34,00	F.
La Unión	15	100- X	10YR-4/3	10YR-2/2	57,86	8,70	33,44	F-A.
El Peñol	5	60- X	10YR-6/6	10YR-5/6	47,62	18,38	34,00	F.
Samaniego	10	30- X	2,5Y-5/2	10YR-3/2	12,30	68,70	19,00	A.
Chachagüí	10	100- X	10YR-4/4	10YR-3/4	16,88	63,04	20,08	A.
San Pablo	60	50- X	10YR-5/3	10YR-3/4	53,62	20,04	26,34	F-Ar-A.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE CULTIVOS

SUELOS	Pendiente aproximada %	Profundidad cm.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
Consacá	10	0-40	10YR-3/3	5YR-2/1	36,64	27,02	36,34	F.
Sandoná	20	0-25	10YR-3/3	10YR-2/2	33,98	23,36	42,66	F.
Ancuya	15	0-30	10YR-3/1	10YR-2/2	40,30	27,68	32,02	F.
Linares	15	0-30	10YR-3/2	10YR-2/2	40,98	21,38	37,64	F.
San José	50	0-70	2,5Y-3/2	10YR-3/1	41,98	13,70	44,32	F a F-L.
La Unión	5	0-50	10YR-4/3	5YR-3/2	45,86	23,70	30,44	F a F-A.
El Peñol	20	0-60	10YR-3/2	10YR-2/2	21,62	48,38	30,00	Ar.
Samaniego	60	0-30	10YR-4/3	10YR-3/3	28,30	32,70	39,00	F-Ar.
Chachagüí	15	0-60	10YR-4/3	10YR-2/2	35,96	35,04	29,00	F-Ar.
San Pablo	10	0-60	10YR-4/2	10YR-2/2	61,96	10,04	28,00	F-A.

ALGUNAS CARACTERISTICAS FISICAS CORRESPONDIENTES A LOS SUBSUELOS DE CULTIVOS

SUELOS	Pendiente aproximada %	Profun- didad cm.	C O L O R		Arenas %	Arcillas %	Limos %	Textura
			En seco	En húmedo				
Consacá	10	40-100	10YR-3/2	10YR-2/2	34,98	34,02	31,00	F-Ar.
Sandoná	20	25-100	10YR-4/3	5YR-3/2	40,62	33,12	26,26	F-Ar.
Ancuya	15	30-80	10YR-4/2	10YR-3/2	46,30	33,12	20,58	F-Ar-A.
Linares	15	30-50	10YR-4/3	7,5YR-3/2	38,88	31,12	30,00	F-Ar.
San José	50	70-150	10YR-4/3	10YR-3/2	49,98	12,02	38,00	F a F-A.
La Unión	5	50- X	10YR-7/2	10YR-4/2	53,86	19,70	26,44	F-A.
El Peñol	20	60-120	10YR-6/4	10YR-4/4	34,30	38,38	27,32	F-Ar a Ar.
Samaniego	60	30-100	10YR-3/1	10YR-2/1	27,30	42,70	30,00	A.
Chachagüí	15	60- X	10YR-4/4	10YR-3/4	33,88	46,04	20,08	A.
San Pablo	10	60-90	10YR-6/1	10YR-4/2	64-88	9,00	26,12	F-A.

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE BOSQUE

SUELOS	Reacción del Suelo	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Capacidad de cambio de m.e/100g.	Calcio ppm.	Potasio ppm.	Sodio ppm.	Magnesio ppm.	Aluminio ppm.	Hierro ppm.
Consacá	6,10	3,05	0,42	7,26	30,7	2523,34	457,82	33,01	666,76	—	5,99
Sandoná	6,00	5,86	0,72	8,14	46,60	2638,94	191,35	46,27	486,20	—	35,78
Ancuya ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Linares	5,75	4,22	0,46	9,17	29,48	1674,11	450,11	29,48	460,92	4,54	41,45
San José	7,30	2,48	0,18	13,78	26,12	2077,14	88,83	31,65	603,65	—	5,87
La Unión	5,90	3,28	0,26	12,61	25,09	1858,68	225,77	36,75	587,38	—	11,97
El Peñol	6,40	4,26	0,42	10,14	16,37	4118,73	433,27	51,35	1040,70	—	16,84
Samaniego	5,50	2,39	0,20	11,95	21,11	2334,42	382,00	38,20	451,60	5,73	3,18
Chachagüí	5,80	2,59	0,31	8,35	20,89	1648,03	380,67	154,27	416,86	—	6,03
San Pablo	6,10	2,59	0,21	12,33	30,65	4044,34	351,22	73,70	879,96	14,35	8,38

⁺ No se encontró Bosque

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES CORRESPONDIENTES A LOS SUBSUELOS DE BOSQUE

SUELOS	Reacción del Suelo	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Capacidad de cambio m.e/100g.	Calcio de cambio ppm.	Potasio de cambio ppm.	Sodio de cambio ppm.	Magnesio de cambio ppm.	Aluminio de cambio ppm.	Hierro de cambio ppm.
Consacá	5,50	1,08	0,39	2,77	23,20	294,08	182,99	45,75	543,03	20,57	13,07
Sandoná	6,45	0,57	0,10	5,70	18,14	1216,49	69,36	136,59	246,54	7,20	58,42
Ancuya	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Linares ⁺	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
San José	6,90	1,55	0,09	17,22	21,34	2252,95	30,93	35,05	501,53	—	7,73
La Unión	6,20	2,24	0,12	18,67	26,50	2649,78	152,46	43,11	754,39	—	3,55
El Peñol	5,70	2,67	0,25	10,68	32,23	3798,88	405,50	50,69	934,26	—	2,80
Smaniego	5,00	0,87	0,13	6,69	20,92	2510,40	130,75	75,83	496,05	30,33	3,13
Chachagüí	5,40	1,24	0,13	9,54	18,19	1233,76	140,20	35,89	272,77	18,91	7,57
San Pablo	6,00	0,33	0,06	5,50	16,45	2896,32	51,72	52,15	201,25	—	2,39

⁺ Perfil A-C.

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE PRADERA

SUELOS	Reacción del Suelo	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Capacidad de cambio m.e/100g.	Calcio de cambio ppm.	Potasio de cambio ppm.	Sodio de cambio ppm.	Magnesio de cambio ppm.	Aluminio de cambio ppm.	Hierro de cambio ppm.
Consacá	6,20	3,80	0,53	7,17	39,46	2477,01	492,19	53,62	808,43	—	16,89
Sandoná	5,80	1,49	0,30	4,97	28,34	1267,11	600,21	41,13	412,23	12,00	10,42
Ancuya	6,40	2,20	0,30	7,33	36,12	2231,04	419,65	35,06	846,18	—	39,04
Linares	6,10	2,90	0,39	7,43	27,32	1962,49	456,33	35,83	288,67	7,20	79,13
San José	6,70	1,93	0,14	13,78	20,98	2113,77	115,72	33,03	560,35	—	2,31
La Unión	5,90	4,22	0,38	11,10	24,22	219,67	56,32	14,64	27,40	19,00	3,38
El Peñol	5,90	2,91	0,36	8,08	26,45	3153,44	132,27	55,03	681,98	—	2,38
Samaniego	6,30	2,58	0,29	8,90	37,28	3802,79	96,14	57,68	1220,99	—	8,01
Chachagüí	5,80	5,87	0,31	18,93	22,39	2464,00	358,54	35,85	429,27	—	8,69
San Pablo	6,76	2,14	0,28	7,64	27,86	3843,36	349,64	79,00	830,85	—	4,40

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES CORRESPONDIENTES A LOS SUELOS DE CULTIVOS

SUELOS	Reacción del Suelo	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Capacidad de cambio m.e/100g.	Calcio de cambio de ppm.	Potasio de cambio de ppm.	Sodio de cambio de ppm.	Magnesio de cambio de ppm.	Aluminio de cambio de ppm.	Hierro de cambio ppm.
Consacá	6,40	3,54	0,48	7,38	36,17	2842,88	546,92	40,07	586,03	—	15,56
Sandoná	5,80	2,53	0,34	7,44	25,13	1505,68	167,52	49,14	278,40	—	16,33
Ancuya	6,40	2,10	0,57	3,68	40,38	2260,94	324,94	29,44	786,43	—	18,53
Linares	5,70	2,47	0,33	7,48	26,72	1795,58	155,79	40,13	443,10	—	79,21
San José	7,20	1,53	0,15	10,20	16,26	1907,90	81,84	30,69	360,75	—	13,83
Ia Unión	5,80	1,23	0,17	7,23	14,99	1037,61	178,18	35,64	267,64	28,20	6,28
El Peñol	5,60	2,74	0,33	8,30	45,17	3963,00	215,92	62,59	934,26	—	5,09
Samaniego	6,10	2,54	0,28	7,70	21,16	2760,24	276,02	89,71	573,39	14,19	3,01
Chachagüí	5,60	2,51	0,19	3,21	17,76	1711,52	299,52	34,23	364,21	—	8,02
San Pablo	6,25	1,84	0,25	7,36	15,49	2106,71	733,22	57,83	351,61	—	2,32

CARACTERISTICAS QUIMICAS GENERALES CORRESPONDIENTES A LOS SUBSUELOS DE CULTIVOS

SUELOS	Reacción del Suelo	Carbono Orgánico %	Nitrógeno Total %	Relación C/N	Capacidad de cambio m.e/100g.	Calcio de cambio ppm.	Potasio de cambio ppm.	Sodio de cambio ppm.	Magnesio de cambio ppm.	Aluminio de cambio ppm.	Hierro de cambio ppm.
Consacá	6,30	1,44	0,20	7,20	28,85	2323,29	545,70	45,39	499,32	—	22,29
Sandoná	6,20	0,73	0,11	6,64	15,24	1061,93	38,09	82,71	185,27	—	10,61
Ancuya	6,30	0,57	0,09	6,33	40,76	1818,40	64,37	34,33	968,61	9,40	28,16
Linares	5,80	1,10	0,17	6,47	21,59	1559,87	70,16	59,37	334,73	—	17,41
San José	7,50	2,19	0,11	19,91	22,79	1825,75	35,07	41,26	545,62	—	4,25
La Unión	6,40	1,18	0,06	19,67	5,30	443,18	48,39	52,46	56,69	6,87	12,23
El Peñol	5,40	1,70	0,13	13,08	19,55	2359,12	55,05	46,13	1014,72	14,14	1,57
Samaniego	5,10	1,11	0,13	8,54	19,15	1840,23	44,94	51,35	390,29	36,08	6,82
Chachagüí	5,70	0,90	0,13	6,92	20,63	1232,00	50,54	40,43	244,85	—	21,90
San Pablo	7,20	0,21	0,06	3,50	6,53	251,13	163,23	31,14	61,07	10,80	1,50

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS DE BOSQUE

En ppm. de P. (Base suelo)

SUELOS	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	8,65	23,95	15,30	51,11	106,47	61,22	342,18	608,88
Sandoná	7,85	19,99	8,57	88,25	84,97	63,40	341,01	614,04
Ancuya	—	—	—	—	—	—	—	—
Linare	3,29	5,00	15,13	50,53	18,42	41,98	431,58	565,93
San José	14,37	84,26	101,96	79,17	104,51	36,00	105,55	525,82
La Unión	4,72	7,14	12,46	10,23	39,38	58,28	281,27	413,48
El Peñol	4,81	16,71	19,38	56,96	8,02	147,63	324,85	578,36
Samaniego	6,63	2,98	7,29	39,00	18,56	131,05	59,77	265,28
Chachagüí	7,36	8,70	16,07	19,28	53,57	26,24	350,87	482,09
San Pablo	4,00	32,59	17,29	44,70	14,63	101,64	383,82	598,67
Promedio	6,85	22,37	23,72	48,80	49,84	74,16	291,21	516,95
% P. ⁺	1,32	4,33	4,59	9,44	9,64	14,35	56,33	100,00

⁺ Expresado en base del total (en esta tabla y subsiguientes).

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUBSUELOS DE BOSQUE
En ppm. de P. (Base Suelo)

S U E L O S	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	3,40	2,72	3,40	4,90	54,46	61,39	366,68	496,96
Sandoná	8,00	84,70	22,00	129,65	87,37	73,36	35,10	440,18
Ancuya	—	—	—	—	—	—	—	—
Linare	—	—	—	—	—	—	—	—
San José	12,24	117,93	29,64	65,55	70,89	27,71	43,36	367,32
La Unión	3,94	36,80	60,46	25,23	46,00	20,50	56,80	249,73
El Peñol	4,00	14,67	41,36	49,62	13,33	143,52	270,39	536,88
Samaniego	7,19	8,49	15,69	24,31	54,92	65,90	411,88	588,38
Chachagüí	5,04	11,22	14,02	6,73	35,75	14,02	123,52	210,30
San Pablo	3,87	3,87	3,88	3,10	12,93	40,34	74,24	142,23
Promedio	5,96	35,05	23,80	38,64	46,96	55,88	172,75	379,00
% P.	1,57	9,25	6,28	10,20	12,39	14,73	45,58	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS DE PRADERA

En ppm. de P. (Base Suelo)

S U E L O S	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	2,68	18,76	8,04	45,04	102,54	61,12	377,06	615,24
Sandoná	3,13	0,35	7,64	50,01	81,97	40,57	205,36	389,03
Ancuya	7,97	17,93	11,95	15,13	39,84	39,31	174,12	306,25
Linares	4,62	56,05	21,76	109,99	14,51	58,95	370,45	636,33
San José	3,85	80,23	49,37	107,23	105,43	104,14	115,48	565,73
La Unión	7,04	3,16	1,34	118,20	49,98	114,90	518,57	813,19
El Peñol	5,95	3,96	5,29	41,26	13,22	141,79	384,47	595,94
Samaniego	6,67	29,37	29,37	37,65	16,02	91,86	263,07	474,01
Chachagüí	4,13	4,96	2,07	7,45	8,27	44,67	362,84	434,39
San Pablo	5,34	10,68	10,00	35,23	29,36	123,04	460,27	673,92
Promedio	5,14	22,55	14,68	56,72	46,11	82,03	323,17	550,40
% P.	0,93	4,10	2,67	10,30	8,38	14,90	58,72	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUBSUELOS DE PRADERA

En ppm. de P. (Base Suelo)

S U B L O S	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	0,81	10,78	1,35	6,46	69,37	65,19	209,73	363,69
Sandoná	4,20	0,34	8,41	26,89	42,03	47,35	193,01	322,23
Ancuya	4,08	12,24	9,52	12,23	47,59	17,27	182,59	285,52
Linare	0,33	4,01	14,70	9,62	51,44	28,06	332,72	440,88
San José	4,68	65,08	24,08	56,23	72,90	148,39	12,66	384,02
La Unión	2,79	6,29	9,09	130,17	41,99	95,18	344,38	629,89
El Peñol	2,71	4,07	2,39	26,86	27,81	81,94	185,62	332,40
Samaniego	7,46	9,15	12,67	20,27	34,50	38,02	300,33	422,40
Chachagüí	2,15	4,32	0,72	7,77	21,59	5,47	159,53	201,55
San Pablo	1,96	11,77	7,19	15,70	41,86	40,02	417,83	536,33
Promedio	3,12	12,80	9,11	31,22	45,11	56,69	233,84	391,89
% P.	0,80	3,27	2,32	7,97	11,51	14,46	59,67	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS DE CULTIVOS

En ppm. de P. (Base Suelo)

S U E L O S	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	2,57	10,15	17,32	45,48	157,03	66,06	195,60	494,21
Sandoná	5,58	11,17	18,15	40,20	80,97	75,38	396,75	628,20
Ancuya	1,31	2,63	8,54	25,23	35,49	22,48	140,93	236,61
Linare	9,90	11,88	26,40	53,86	11,22	60,60	426,85	600,71
San José	17,90	108,05	17,90	135,80	99,74	23,40	57,56	460,35
La Unión	0,65	3,93	13,10	6,28	29,47	28,82	330,44	412,69
El Peñol	3,91	5,21	23,46	43,81	8,47	126,73	231,73	443,32
Samaniego	8,62	14,37	18,69	34,50	18,69	125,36	232,62	452,85
Chachagüí	7,35	30,09	8,02	11,23	26,07	14,17	314,21	411,14
San Pablo	14,19	149,74	79,38	269,53	17,42	131,41	551,75	1213,42
Promedio	7,20	34,72	23,10	66,59	48,46	67,44	287,84	535,35
% P.	1,34	6,49	4,31	12,44	9,05	12,60	53,77	100,00

FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUBSUELOS DE CULTIVOS

En ppm. de P. (Base Suelo)

S U E L O S	Facilmente Reemplaz.	No Apatítico	Apatítico	Unido al Al.	Unido al Fe.	Orgánico	Inerte	Total
Consacá	0,81	1,09	11,48	41,33	142,50	48,09	146,42	391,72
Sandoná	5,44	4,08	17,68	8,16	61,90	74,00	175,64	346,90
Ancuya	7,37	17,43	7,37	4,82	33,52	18,77	125,28	214,56
Linares	8,10	5,40	20,91	32,38	61,40	40,48	425,06	593,73
San José	3,87	80,58	50,28	66,53	58,02	27,85	96,46	383,59
La Unión	5,34	60,91	56,45	35,65	81,70	25,84	57,23	323,12
El Peñol	7,20	1,96	22,28	29,09	21,62	70,24	214,59	366,98
Samaniego	8,69	12,04	16,02	8,02	34,10	52,42	209,74	341,03
Chachagüí	2,11	4,21	2,11	7,58	22,46	9,82	162,31	210,60
San Pablo	2,83	126,82	150,67	21,09	10,04	15,82	514,00	841,27
Promedio	5,18	31,45	35,52	25,47	52,73	38,33	212,67	401,35
% P.	1,29	7,84	8,85	6,34	13,14	9,55	52,99	100,00

T A B L A XXII

RELACION N/P ORGANICO DE LOS SUELOS

SUELOS	BOSQUE	PRADERA	CULTIVOS
Consacá	68,60	86,71	72,66
Sandoná	113,56	73,95	45,10
Ancuya	—	76,32	253,56
Linares	109,57	66,16	54,45
San José	50,00	13,44	64,10
La Unión	44,67	33,07	60,24
El Peñol	28,45	25,39	26,04
Samaniego	15,26	31,56	22,23
Chachagüí	118,14	69,40	134,08
San Pablo	20,66	22,76	19,02
Promedio	63,21	49,88	75,16

T A B L A XXIII

RELACION N/P ORGANICO DE LOS SUBSUELOS

SUELOS	BOSQUE	PRADERA	CULTIVOS
Consacá		32,21	41,59
Sandoná	63,52	35,90	14,86
Ancuya	13,63	208,45	47,94
Linares	—	46,33	42,00
San José	—	6,06	39,50
La Unión	32,48	19,96	23,22
El Peñol	58,54	8,54	18,51
Samaniego	17,42	36,82	24,80
Chachagüí	19,73	210,10	132,38
San Pablo	92,72	14,99	37,93
	14,87		
Promedio	39,11	61,04	42,27

T A B L A XXIV

RELACION C/P ORGANICO DE LOS SUELOS

SUELOS	B O S Q U E	P R A D E R A	C U L T I V O S
Consacá			535,87
Sandoná	498,20	621,72	335,63
Ancuya	924,29	367,26	934,16
Linares	—	559,65	407,59
San José	1005,24	491,94	653,84
La Unión	688,88	185,32	426,78
El Peñol	562,80	367,27	216,20
Samaniego	288,55	205,23	202,61
Chachagüí	182,37	280,86	1771,34
San Pablo	987,04	1314,08	140,01
	254,82	173,92	
Promedio	599,13	456,72	562,40

T A B L A XXV

RELACION C/P ORGANICO DE LOS SUBSUELOS

SUELOS	BOSQUE	PRADERA	CULTIVOS
Consacá	175,92	220,89	299,43
Sandoná	77,69	147,83	98,64
Ancuya	—	411,12	303,67
Linares	—	253,02	271,73
San José	559,36	105,12	786,35
La Unión	1092,68	279,47	456,65
El Peñol	186,03	231,87	242,02
Samaniego	132,01	686,48	211,75
Chachagüi	884,45	2175,50	916,49
San Pablo	81,80	727,64	132,74
Promedio	398,74	523,89	371,95

T A B L A XXVI

FOSFORO APROVECHABLE (BRAY I) EN LOS SUELOS DE BOSQUE,
PRADERA Y CULTIVOS
En ppm. de P. (Base Suelo)

SUELOS	BOSQUE	PRADERA	CULTIVOS
Consacá	4,14	2,54	1,90
Sandoná	1,00	0,19	2,35
Ancuya	—	8,20	1,10
Linares	5,26	8,23	5,46
San José	6,97	7,49	1,10
La Unión	2,96	0,89	1,93
El Peñol	3,49	5,01	3,51
Samaniego	2,97	0,65	3,93
Chachagüí	5,35	1,93	1,13
San Pablo	6,09	2,36	4,23
Promedio	4,33	3,75	2,66

T A B L A XXVII

FOSFORO APROVECHABLE (BRAY I) EN LOS SUBSUELOS DE BOSQUE,

PRADERA Y CULTIVOS

En ppm. de P. (Base Suelo)

SUELOS	BOSQUE	PRADERA	CULTIVOS
Consacá	0,38	1,03	1,52
Sandoná	2,43	0,20	0,19
Ancuya	—	2,10	0,38
Linares	—	3,00	2,84
San José	2,44	2,92	3,26
La Unión	3,32	0,85	1,25
El Peñol	1,80	2,47	2,21
Samaniego	5,41	0,71	0,94
Chachagüí	2,46	1,48	3,54
San Pablo	0,90	0,66	1,48
Promedio	2,39	1,54	1,66

CONTIENE: MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

Valores expresados en ppm. de P.

F R A C C I O N E S	B O S Q U E			P R A D E R A			C U L T I V O S		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Fácilmente Reempl.	14,37	6,85	3,29	7,97	5,14	2,68	17,90	7,20	0,65
P-Ca no apatítico	84,26	22,37	2,98	80,23	22,55	0,35	149,74	34,72	2,63
P-Ca apatítico	101,96	23,72	7,29	49,37	14,68	1,34	79,38	23,10	8,02
P-unido al Al	88,25	48,80	10,23	118,20	56,72	7,45	269,53	66,59	6,28
P-unido al Fe	106,47	49,84	8,02	105,43	46,11	8,27	157,03	48,46	8,47
P-orgánico	147,63	74,16	26,24	141,79	82,03	39,31	131,41	67,44	14,17
P-inerte	431,58	291,21	59,77	518,57	323,17	115,48	551,75	287,84	57,56
P-total	614,04	516,95	265,28	813,19	550,40	306,25	1213,42	535,35	236,61

CONTENIDOS: MAXIMO, PROMEDIO Y MINIMO DE LAS FRACCIONES DE FOSFORO EN LOS SUBSUELOS ESTUDIADOS

Valores expresados en ppm. de P.

F R A C C I O N E S	B O S Q U E			P R A D E R A			C U L T I V O S		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Fácilmente Reempl.	12,24	5,96	3,40	7,46	3,12	0,33	8,69	5,18	0,81
P-Ca no apatítico	117,93	35,05	2,72	65,08	12,80	0,34	126,82	31,45	1,09
P-Ca apatítico	60,46	23,80	3,40	24,08	9,11	0,72	150,67	35,52	2,11
P-unido al Al	129,65	38,64	3,10	130,17	31,22	6,46	66,53	25,47	4,82
P-unido al Fe	87,37	46,96	12,93	72,90	45,11	21,59	142,50	52,73	10,04
P-orgánico	143,52	55,84	14,02	148,39	56,69	5,47	74,00	38,33	9,82
P-inerte	411,88	172,75	35,10	417,83	233,84	12,16	514,00	212,67	57,23
P-total	588,38	379,00	142,23	629,88	391,89	201,55	841,27	401,35	210,60

F I G U R A S

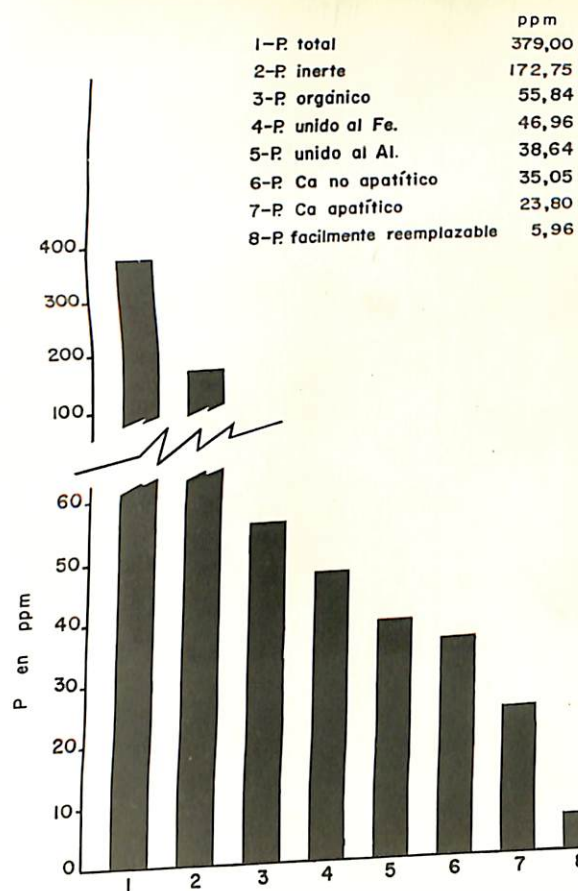


Figura No. 4

Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los subsue-
los de bosque.

Foto: I. Santacruz.

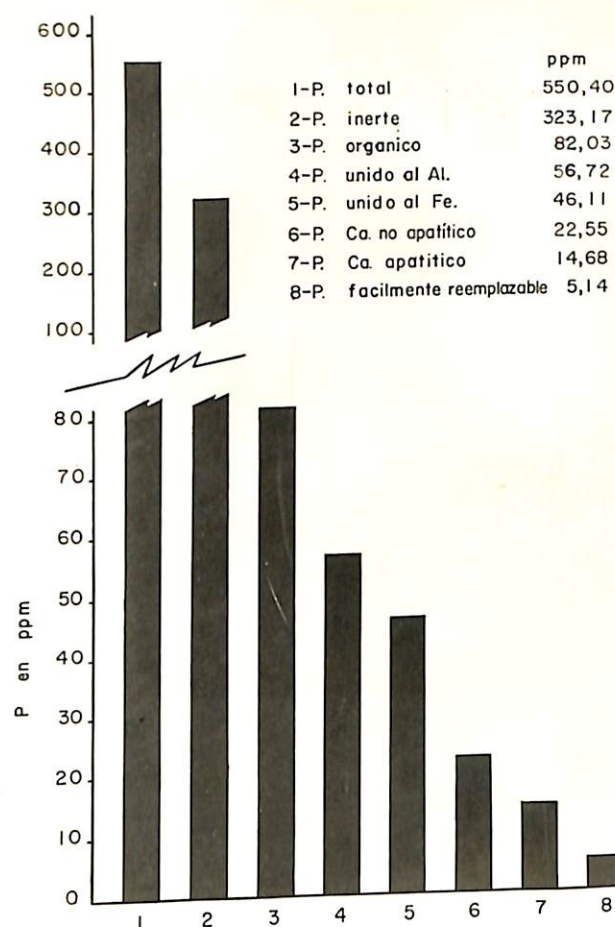


Figura No. 5

Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los suelos de pradera.

Foto: I. Santacruz.

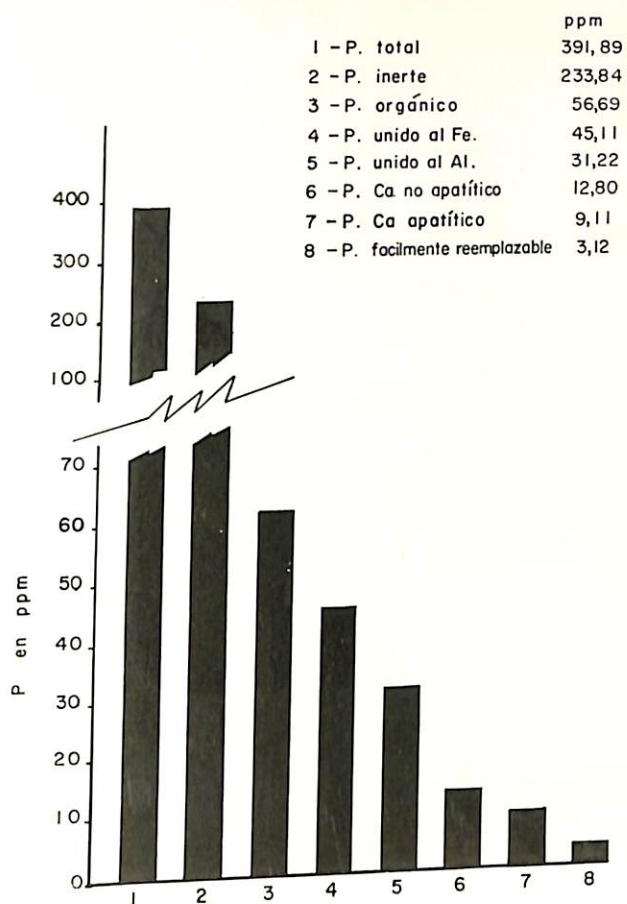


Figura No. 6

Contenido promedio de las distintas fracciones de fósforo en los subsue-
los de pradera.

Foto: I. Santacruz.

Figura No. 7

Contenido promedio de las distintas
fracciones de fósforo en los suelos
de cultivos.

Foto: I. Santacruz.

Figura No. 8

Contenido promedio de las distintas
fracciones de fósforo en los subsue
los de cultivos.

Foto: I. Santacruz.

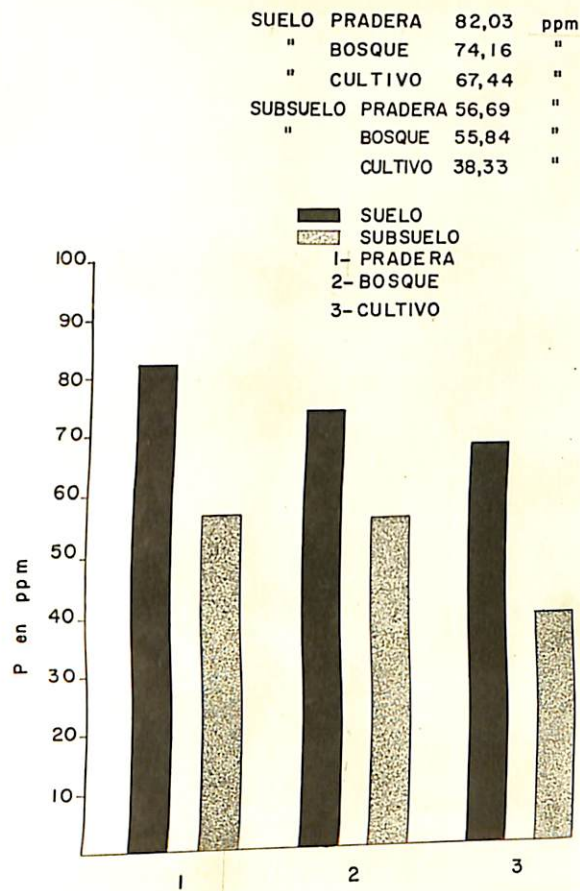


Figura No. 9

Comparación del contenido promedio de fósforo orgánico en los suelos y subsuelos de bosque, pradera y cultivos.

Foto: I. Santacruz.

V. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el contenido de fósforo en las regiones estudiadas (Templada y subtropical, fajas montano bajo y subtropical de Nariño) es bajo, y de esta baja cantidad entre 59,67% y 45,58% (máximo y mínimo) del fósforo total se encuentra en forma inerte.
2. El bajo contenido de fósforo aparece relacionado con la erosión bastante notable del área estudiada ocasionada por la explotación intensiva y carente de técnica de las laderas con pendientes en su mayoría comprendidas entre 20 y 50%.
3. Las cantidades de fósforo orgánico, considerado como la reserva más asequible, son muy bajas, oscilando su porcentaje con relación al fósforo total entre 14,90% en suelos de pradera y 9,55% en subsuelos de cultivos.
4. Las cantidades de fósforo unido al hierro y al aluminio duplican a las retenidas por las fracciones cálcicas. Teniendo en cuenta la reacción del suelo, posiblemente esta relación indique que el poco fósforo que vaya solubilizándose es a continuación fijado en mayor proporción por el hierro y el aluminio. No parece muy aplicable la relación de meteorización química y la mayor pre-

sencia de fosfatos de hierro y aluminio porque en el área estudiada predomina la meteorización física.

5. Existe deficiencia general de fósforo directamente asequible a las plantas. Teniendo en cuenta la presencia de alofano y óxidos de hierro en los suelos estudiados no es posible la acumulación de fósforo fácilmente reemplazable.

6. Las relaciones C/P orgánico y N/P orgánico son muy amplias. Se puede deducir que hay predominancia de la fitina sobre los ácidos nucleicos, lo cual es índice de una débil mineralización del fósforo en estos suelos.

7. Estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre los contenidos de fósforo total y fósforo orgánico en los suelos y subsuelos bajo las tres condiciones estudiadas de bosque, pradera y cultivos.

VI. RESUMEN

Se estudiaron las diferentes formas de fósforo presentes en algunos suelos seleccionados del Departamento de Nariño (correspondientes a áreas de clima medio localizadas en las cuencas de los Ríos Guaitara, Juanambú y Mayo).

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que la cantidad de fósforo total es baja, variando entre 142,23 ppm. a 1.213,42 ppm. El fósforo inerte representó más del 50% del fósforo total (hasta 59,67%), mientras que el fósforo orgánico representa aproximadamente el 15% del fósforo total.

En promedio, las cantidades de las diferentes formas de fósforo, expresadas como porcentajes del fósforo total, decrecieron en el orden siguiente: fósforo inerte, fósforo orgánico, fósforo unido al hierro, fósforo unido al aluminio, fósforo apatítico y no apatítico, y fósforo fácilmente reemplazable.

SUMMARY

In this work were studied the different forms of phosphorus which are present in some selected soils of Nariño (corresponding to subtropical and temperate areas of Guaitara, Juanambu and Mayo basins).

According to the results it can be said that total amount of phosphorus is low, ranging between 142,23 ppm. and 1.213,42 ppm. Inert phosphorus represented more than 50% (up to 59,67%) of total phosphorus, whilst organic phosphorus averaged approximately 15% of total phosphorus.

On average the amount of the different forms of phosphorus expressed as percentage of total soil phosphorus decreased in the order: Inert phosphorus, organic phosphorus, iron bound phosphorus, aluminum bound phosphorus, apatitic and non apatitic phosphorus, and easily replaceable phosphorus.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. Acquaye, D.K. Some significance of soil organic -
phosphorus mineralizations in the phosphorus nu -
trition of cocoa in Ghana. *Plant and soil*. 19:
65-80. 1963.
2. Ahmad, N. and R.L. Jones. Forms of occurrence of -
inorganic phosphorus and its chemical availabili-
ty in Limestone soils of Barbados. *Soil Sci. Soc.*
Amer. Proc. 31:184-188. 1967.
3. Al-abbas, A.H. and S.A. Barber. A soil test for -
phosphorus based upon fractionation of soil phos-
phorus. I. Correlations of soil phosphorus with
plant available phosphorus. *Soil Sci. Soc. Amer.*
Proc. 28:218-220. 1964.
4. Alexander, M. Introduction to soil microbiology. -
2nd. ed. New York, John Wiley. 1964. 472p.
5. Arambarri, P. y L. Madrid. Relación entre el fósfo-
ro total y el fósforo lábil de cuatro suelos ca -
racterísticos Andaluces. *An. Edafol. Agrobiol.* -
24:683-692. 1965.

6. Barbier, G. Introduction a l'étude des phosphates du sol. VI Cong. Int. Cienc. Suelo, Paris. II. Vol. B:387-408. 1964.
7. Bear, E.F. Suelos y fertilizantes. Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. Bozal. Barcelona, Omega. 1963. 458p.
8. Black, C.A. and C.A.I. Goring. Organic phosphorus in soils. Agron. Monograph. 4:123-152. 1953.
9. Blanchet, R. Adsorption et dilution isotopique des ions phosphoriques au contac des hydroxides métalliques et des argiles. Ann. Agr. 1:55-74. 1960.
10. Blasco, M. Curso de suelos. Palmira, Fac. de Agron. U. Nacional. 1963. 427p. (en mimeógrafo).
11. _____ Conferencias de fertilidad de suelos. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 1968. pp. 165-191. (en mimeógrafo).
12. _____ Sinopsis edafológica del Amazonas colombiano. IV Conferencia Internac. de la FAO., Bogotá. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. 1968. 21p. (en multilith).

6. Barbier, G. Introduction a l'étude des phosphates du sol. VI Cong. Int. Cienc. Suelo, Paris. II. Vol. B:387-408. 1964.
7. Bear, E.F. Suelos y fertilizantes. Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. Bozal. Barcelona, Omega. 1963. 458p.
8. Black, C.A. and C.A.I. Goring. Organic phosphorus in soils. Agron. Monograph. 4:123-152. 1953.
9. Blanchet, R. Adsorption et dilution isotopique des ions phosphoriques au contact des hydroxides métalliques et des argiles. Ann. Agr. 1:55-74. 1960.
10. Blasco, M. Curso de suelos. Palmira, Fac. de Agron. U. Nacional. 1963. 427p. (en mimeógrafo).
11. ——— Conferencias de fertilidad de suelos. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 1968. pp. 165-191. (en mimeógrafo).
12. ——— Sinopsis edafológica del Amazonas colombiano. IV Conferencia Internac. de la FAO., Bogotá. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. 1968. 21p. (en multilith).

6. Barbier, G. Introduction a l'etude des phosphates du sol. VI Cong. Int. Cienc. Suelo, Paris. II. Vol. B:387-408. 1964.
7. Bear, E.F. Suelos y fertilizantes. Trad. de la 4a. ed. inglesa por J. Bozal. Barcelona, Omega. 1963. 458p.
8. Black, C.A. and C.A.I. Goring. Organic phosphorus in soils. Agron. Monograph. 4:123-152. 1953.
9. Blanchet, R. Adsorption et dilution isotopique des ions phosphoriques au contac des hydroxides metalliques et des argiles. Ann.Agr. 1:55-74. 1960.
10. Blasco, M. Curso de suelos. Palmira, Fac. de Agron. U. Nacional. 1963. 427p. (en mimeógrafo).
11. ——— Conferencias de fertilidad de suelos. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 1968. pp. 165-191. (en mimeógrafo).
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. Blasco, M. and N. Bohórquez. Fractionation of phosphorus in tropical soils of Colombia. *Agrochimica*. 12:173-178. 1968.
14. Blasco, M., N. Bohórquez y C. Llanos. Transformaciones microbiológicas del fósforo en suelos volcánicos del Puracé. *Acta Agron. (Palmira)* 18:1-6. 1968.
15. Bornemisza, E. and K. Igue. Comparison of three methods for determining organic phosphorus in Costa Rica soils. *Soil Sci.* 103: 347-353. 1967.
16. Bouyoucos, G.H. A comparison between the pipette method and hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 38: 335-343. 1934.
17. Bray, R.H. and L.T. Kurtz. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45. 1945.
18. Bremner, J.M. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. *Jour. Agric. Sci.* 55:11 - 13. 1960.

19. Buckman, H.O. y N.C. Brady. Naturaleza y propiedades de los suelos. Trad. S. Barceló. México, - UTEHA. 1965. 590p.
20. Caldwell, A.G. and C.A. Black. Inositol hexaphosphate. III. Content in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22:296-298. 1958.
21. Chang, S.C. and M.L. Jackson. Fractionation of -- soil phosphorus. Soil Sci. 84:133-137. 1957.
22. Chaves, M. et al. Atlas de Nariño. Ministerio de Trabajo. Bogotá, Lit. Arco. 1959. 218p.
23. Dean, L.A. Fixation of soil phosphorus. Advances in Agronomy. 1:391-411. 1949.
24. Duchaufour, P. Précis de Pedologie. 10^{ème} ed. - Paris, Masson Ed. 1965. 499p.
25. Dulce, G. y G. Narváez. Area de estudios sociales. Síntesis geográfica, económica y administrativa del Departamento de Nariño. Pasto, Imprenta del Departamento. 1967. 275p.

26. Ensminger, L.E. Loss of phosphorus by erosion. -
Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 16:338-342. 1952.
27. Enwezor, W.O. and A.W. Moore. Phosphorus status of
some Nigerian soils. Soil Sci. 102:322-328. -
1966. (En Abs. Soils and Fertz. 30:788. 1967).
28. Enwezor, W.O. The biological transformation of -
phosphorus during the incubation of a soil trea-
ted with soluble inorganic phosphorus and with
fresh and rotted organic materials. Pl. Soil 25:
463-466 (En Abs. Soil and Fertz. 30:783. 1967).
29. _____ Significance of the C:P organic ra-
tio in the mineralization of soil organic phos-
phorus. Soil Sci. 103:62-66. 1967.
30. Espinal, T.L. y E. Montenegro. Formaciones Vegeta-
les de Colombia. Memoria explicativa sobre el -
mapa ecológico. Bogotá, Inst. Geogr. Agustín Co
dazzi. 1963. 210p.
31. Fabry, G. Transformación biológica del ácido fosfó
rico en chernozem con un horizonte húmedo de -
grosor medio. Agrokem. Talajt. 12:577-592. -
1963. (En húngaro).

32. Fassbender, H.W. Formas de los fosfatos en algunos suelos de la zona oriental de la Meseta Central y de las Llanuras Atlánticas de Costa Rica. *Fitotecnis Latinoamericana*. 3:187-202. 1966.
33. _____ Phosphate-retention and its different chemical forms under laboratory conditions for 14 Costa Rica soils. *Agrochimica* 12: 512-521. 1968.
34. Fassbender, H.W., L. Muller y F. Balerdi. Estudio del fósforo en suelos de América Central. II. Formas y su relación con las plantas. Turrialba 18:333-347. 1968.
35. Federación Nacional de Cafeteros. Anuario meteorológico 1961. Estaciones de 2o. y 3o. orden y puestos pluviométricos. Chinchiná, Colombia. Centro Nal. de Inv. de Café. 1962. 516p. 3Vs.
36. _____ Anuario meteorológico 1963. Estaciones de 2o. y 3o. orden y puestos pluviométricos. Chinchiná, Colombia. Centro Nal de Inv. de Café. 1964. 583p. 3Vs.

37. Federación Nacional de Cafeteros. Anuario metereológico 1964. Estaciones de 2o. y 3o. orden y -
puestos pluviométricos. Chinchiná, Colombia. -
Centro Nal. de Inv. de Café. 1965. 565p. 3Vs.
38. _____ Anexo al anuario
metereológico. Chinchiná, Colombia. Centro Nal.
de Inv. de Café. 1965. 62p.
39. _____ Anuario metereológico 1966. Estaciones de 2o. y 3o. orden y -
puestos pluviométricos. Chinchiná, Colombia. -
Centro Nal. de Inv. de Café. 1967. 567p. 3Vs.
40. Goel, K.N. and R.R. Agarwal. Total and organic -
phosphorus in different size-fractions in geneti-
cally related soils of Kanpur in the Indian Gan-
getic alluvium. J. Indian Soc. Soil Sci. 8:17-
22. 1960.
41. Greb, B.W. and S.R. Olsen. Organic phosphorus in -
calcareous Colorado soils. Soil Sci. Soc. Amer.
Proc. 31:85-89. 1967.

42. Hanotiaux, G. Studies on the dynamics of phosphorus and potassium in soil. V. Fractionation of soil phosphorus and potassium. *Pedologie, Gand.* 14: - 160-178. 1964.
43. _____ L'étude de la dynamique du phosphore du sol par la méthode du fractionnement. *Intern. Soc. Soil Sci. Trans. Aberdeen.* 1967. pp. 161-173.
44. Hanse, R.J. and G. Anderson. Extraction and estimation of soil phospholipids. *Soil Sci.* 96:94-98. 1963.
45. Hemmwall, J.B. The fixation of phosphorus by soils. *Advances in Agronomy.* 9:95-112. 1957.
46. Holdridge, L.R. Curso de ecología vegetal. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1958. 45p. (en mimeógrafo).
47. Hossner, L.R. and G.E. Richards. The effect of phosphorus source on the movement and uptake of band applied manganese. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 32:83-85. 1968.

48. Hoyos, A. y R. García. Distribución de las distintas formas de fósforo en las fracciones de algunos suelos naturales. An. Edafol. Agrobiol. 22: 414-451. 1963.
49. Hsu, P.H. and M.L. Jackson. Inorganic phosphate transformation by chemical weathering of soil as influenced by pH. Soil Sci. 90:16-32. 1960.
50. Jackson, M.L. and G.D. Sherman. Chemical weathering of minerals in soils. Advances in Agronomy. 5: 296-297. 1953.
51. Jackson, M.L. Análisis químico de suelos. Trad. J.B. Martínez. Barcelona, Omega. 1964. 662p.
52. Jencks, E.M., J.T. Raese and C.D. Reese. Organic phosphorus content of some west Virginia soils. Bull. 489. West Virginia U. Agric. Exp. Sta. 16p. 1964.
53. John, M.K., P.N. Sprout y C.C. Kelley. The distribution of organic phosphorus in British Colombia soils its relationships to soil characteristics. Canad. Jour. Soil Sci. 45:87-93. 1965.

54. Juo, A.S.R. and B.G. Ellis. Chemical and physycal
properties of iron and aluminum phosphates and -
their relation to phosphorus availability. Soil
Sci. Soc. Amer. Proc. 32:216-221. 1968.
55. Kaila, A. Total content of phosphorus in some -
Finnish soils. Jour. Sci. Agric. Soc. Finland.
35:19-25. 1963.
56. _____ Phosphorus conditions at various depths
in some mineral soils. Jour. Sci. Agric. Soc. -
Finland. 35:69-79. 1963.
57. _____ Fractions of inorganic phosphorus in -
Finnish mineral soils. Jour. Sci. Agric. Soc. -
Finland. 36:1-13. 1964.
58. Katznelson, H.A., A. Peterson and J.W. Rovalt. Phos
phate dissolving microorganisms seed and in the -
root zone of plants. Canad. Jour. Botany. 40:
1181-1184. 1962.
59. Kelly, J.B. and A.R. Midgler. Phosphate fixation -
and exchange of phosphate and hidroxyl ions. -
Soil Sci. 55:167. 1953.

60. Kosaka, J. and K. Abe. Organic phosphorus in upland soil. Soil and Plant Food. 3:95-99. 1957.
61. Legarda, L. y E. Mora. Estudio de las características de algunos suelos de Nariño relacionadas con las formaciones vegetales. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. p. 1969.
(Tesis no publicada).
62. Leon, L.A. y N.T. Coleman. Características químicas de algunos suelos ácidos de Colombia en relación a la fijación de fosfatos. Contribución a la IV Conferencia Latinoamericana de la FAO, Bogotá, - Colombia. 1968. (Sin paginación).
63. López A., M. Valoración de las formas de fósforo, orgánica e inorgánicas de un suelo de la zona cafetera de Colombia. Cenicafé (Chinchiná, Col.). - 11:189-204. 1960.
64. Lotero, J. Formas de fósforo en el suelo, fijación y aprovechabilidad. Agric. Trop. 22:275-284. 1966
65. Malquori, A. and L. Radaelli. Reactions between soil and condensed phosphates. I. Insolubilization of mono and poly-phosphoric ions by Al, Fe and Ca compounds. Agrochimica 10:354-370. 1966.

66. Martínez, A. y F. Lucena C. Determinación y formas de fósforo en la Provincia de Salamanca. Nota I Estudio comparativo de doce soluciones extractoras de fósforo asimilable. An. Edafol. Agrobiol. 18:81-95. 1959.
67. _____ Nota II. Formas de fósforo. An. Edafol. Agrobiol. 19:59-68. 1960.
68. _____ Nota III. Estudio de los factores que regulan la presencia de las distintas formas de fósforo. An. Edfol. Agrobiol. - 19:147-154. 1960.
69. Márquez, L. y J. Torres. Estudio de las fracciones y algunas reacciones de fósforo en suelos del Valle del Cauca. Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 1968. 99p. (Tesis sin publicar)
70. Mc.Conaghy, S., J.W.B. Stewart and M. Maleck. Soil phosphate status as measured by isotopic exchange and other techniques. Inst. Intern. Soc. Soil Sci. Trans. Aberdeen. 1967. pp. 151-160.
71. Montenegro, V. Guía para planificación y análisis de diseños experimentales. Pasto, Instituto Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. Pub. No. 14. - 1969. 105p.

72. Morillo, M.R. y H.W. Fassbender. Formas y disponibilidad de fosfatos de los suelos de la Cuenca - baja del Río Choluteca, Honduras. Turrialba 18: 26-33. 1968.
73. Mujaldi, D., A.M. Posner and J.P. Quirk. The mechanisms of phosphate adsorption by kaolinite, gibbsite and pseudoboemite. I. The isotherms and the effect of pH on adsorption. Jour. Soil Sci. 17:212-229. 1966.
74.

II. The location of the adsorption sites. Jour. Soil Sci. 17:230-237. 1966.
75.

III. The effect of temperature adsorption. Jour. Soil Sci. 17:238-247. 1966.
76. Muller, L., F. Balerdi, R. Dias-Romen y H.W. Fassbender. Estudio del fósforo en suelos de América Central. I. Ubicación, características físicas y químicas de los suelos estudiados. Turrialba. 18:319-322. 1968.
77. Munsell. Soil Color Chart. Baltimore, Munsell Color. 1954. (sin numeración).

78. Muñoz T, M. y R. Fabregas. Fósforo y potasio en -
suelos de cultivo de Gallegos. An. Edfol. Agro-
biol. 21:415-423. 1962.
79. Panse, V.G. y P.V. Sukhatme. Métodos estadísticos
para las investigaciones agrícolas. Trad. A.M.
Flores. México, Fondo de Cultura Económica. -
1959. 349p.
80. Payne, H. and W.J. Hanna. Correlations among soil
phosphorus fractions, extractable phosphorus
and plant content of phosphorus. Jour. Agric.
Food Chem. 13:322-326. 1965.
81. Revelo, C.F. y M.A. Revelo. Estudio de fertilidad
en invernadero de algunos suelos del Altiplano
de Pasto-Nariño-Colombia. Pasto, Instituto Tec-
nológico Agrícola, U. de Nariño. 1968. 121p.
(Tesis no publicada)!
82. Rondine, M.A. de y H.G. Cordero de Doval. Análisis
fraccionado de los compuestos fosforados en sue-
los argentinos. Rev. Investigac. Agric. (Buenos
Aires). 27:51-78. 1963.
83. Russell, E.W. Soil conditions and plant growth. -
9th. ed. London, Longmans. 1961. 688p.

84. Sánchez, T.L.C. Contenido de fósforo orgánico y mineral de algunos suelos del Valle del Cauca, Colombia. Acta Agron. (Palmira). 6:99-115. 1956.
85. Saiz del Río, J.F. y E. Bornemisza. Análisis químico de suelos. Métodos de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1961. 107p.
86. Sanguino S., E.L. Influencia del pH sobre la fijación del fósforo y su relación con la respuesta del maíz a la fertilización fosfatada. Acta Agron. (Palmira). 11:187-209. 1961.
87. Saunders, H.M. and E.G. Williams. Determination of total organic phosphorus in soils. Jour. Soil - Sci. 6:254-260. 1955.
88. Sen Gupta, M.B. 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.

89. Sen Gupta, M.B. and A.H. Cornfield. 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. 1962.
90. Shelton, J.E. and N.T. Coleman. Inorganic phosphorus fractions and their relationship to residual value or large applications of phosphorus on high phosphorus fixing soils. Soil Sci. Soc. Amer. - Proc. 32:91-94. 1968.
91. Schollenberger, C.J. and M. Simon. Determination of cation exchange properties of soil by ammonium acetate method. Soil Sci. 59:14. 1945.
92. Sillanpää, M. Fixation of fertilizer phosphorus as a function of time in four Finnish soil. - Agrogeol. Julk. 80:22. 1961. (En Abs. Soils Fertz. 25:3504. 1962.)
93. Smith, A.N. The role of inorganic soil phosphates in supplying phosphorus to the wheat plant. - Agrochimica 11:79-84. 1966.

94. Tafur, N. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera de Valledupar (Cesar). Palmira, Fac. de Agron., U. Nacional. 1968. 135p. (Tesis no publicada).
95. Tandon, H.L.S. and L.T. Kurtz. Isotopic exchange characteristics of aluminum- and iron bound fractions of soils phosphorus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32:799-802. 1968.
96. Terman, G.L., D.R. Bouldin and J.R. Lehr. Calcium phosphate fertilizers. I. Availability to plants and solubility in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 22:25-29. 1958.
97. Thompson, L.M., C.A. Black and J.A. Zoelner. Occurrence and mineralization of organic phosphorus in soils with particular reference to association with nitrogen, carbon and pH. Soil Sci. 77:185-196. 1954.
98. Tisdale, S.L. y E.L. Nelson. Soil fertility and fertilizers. 2nd. ed. New York, Mac-Millan. 1966. 694p.

99. Varela, J. Estudio general de suelos del sector -
Pasto-Río Mayo. Bogotá, Inst. Geog. Agustín Co-
dazzi. 1963. 103p.
100. Villota, L. Fraccionamiento de fósforo en los sue-
los del Altiplano de Pasto. Pasto, Instituto -
Tecnológico Agrícola, U. de Nariño. 1969 (Te-
sis en realización).
101. Wallace, C.B.E. The diagnosis of mineral deficien-
cies in plants by visual symptoms. 3rd. ed. -
London, Curwen Press. 1961. 125p.
102. Walkley, A. and I.A. Black. An examination of the
Degtjarev method for determining soil organic ma-
tter and proposed modification of the chromic a-
cid titration method. Soil Sci. 37:29-38. -
1934.
103. Weir, C.C. and R.J. Soper. Solubility studies of
phosphorus in some calcareous Manitoba soils. -
Jour. Soil Sci. 14:256-261. 1963.
104. Westin, F.C. and G.J. Buntley. Soil phosphorus in
South Dakota. III. Phosphorus fractions of so-
me Borolls and Ustolls. Soil Sci. Soc. Amer. -
Proc. 31:521-528. 1966.

105. Wey, R. Etude de la retention des anions phosphoriques par les argiles. Ann. Agric. 1:55-74. 1956.
106. Wier, D.R. and C.A. Black. Mineralization of organic phosphorus in soils as affected by addition of inorganic phosphorus. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32:51-55. 1968.
107. Williams, C.H. Nitrogen, sulphur and phosphorus - their interactions and availability. Soil Chem and Fert. Intern. Soil Sci. Trans. Aberdeen. 1967. pp. 93-111.
108. Zauscher, F.A. y L.Y. Ponce. Determinación de la aptitud de varios métodos de análisis químicos para medir el fósforo asimilable en suelos arroceros de Colombia. Bogotá, Fac. de Química, U. Nacional. 1964. 47p. (En Rev. Tecnología 7 - (34):28-42. 1965)

A P E N D I C E

T A B L A I

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUELOS DE
BOSQUE (A) Y CULTIVOS (B)

P.	A Total ppm.	P.	B Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d ²
	608,88		494,21	114,67	166,263	27643,385
	614,04		628,20	-14,16	37,433	1401,229
	565,93		600,71	-34,78	16,813	282,676
	525,82		460,35	65,47	117,063	13703,745
	413,48		412,69	0,79	52,383	2743,978
	578,36		443,32	135,04	186,633	34831,876
	265,28		452,85	-187,57	-135,977	18489,744
	482,09		411,14	70,95	122,543	15016,786
	598,67		1213,42	-614,75	-563,157	317145,806
$\Sigma A =$	4652,55	$\Sigma B =$	5116,89	$\Sigma D =$	-464,34	$\Sigma d =$ 0,007
						$\Sigma d^2 =$ 431259,225
$\bar{A} =$	516,95	$\bar{B} =$	568,54	$\bar{d} =$	-51,593	

SD = 73,421 ppm.

S $\bar{d}$ = 24,473 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 2,108 N.S.

"t" requerido : Al nivel del 5% para 8 G. L. = 2,31

Al nivel del 1% para 8 G. L. = 3,36

T A B L A II

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUELOS DE
PRADERA (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Total ppm.	B P. Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d ²
615,24	494,21	121,03	105,976	11231,76
389,03	628,20	-239,17	-254,224	498469,77
306,25	236,61	69,64	54,586	2980,07
636,33	600,71	35,62	20,566	423,12
565,73	460,35	105,38	90,326	8159,51
813,19	412,69	400,50	385,446	148571,70
595,94	443,32	152,62	137,566	18925,50
474,01	452,85	21,16	6,106	37,33
434,39	411,14	23,25	8,196	67,24
673,93	1213,42	-539,49	-554,544	275037,31
$\Sigma A = 5504,04$	$\Sigma B = 5353,50$	$\Sigma D = 150,54$	$\Sigma d = 0,000$	$\Sigma d^2 = 963903,31$
$\bar{A} = 550,40$	$\bar{B} = 535,35$	$\bar{d} = 15,05$		

SD = 327,262 ppm.
S $\bar{d}$ = 103,500 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,145 N.S.
"t" requerido : Al nivel del 5% para 9 G. L. = 2,26
Al nivel del 1% para 9 G. L. = 3,25

T A B L A III

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUELOS DE
BOSQUE (A) Y PRADERA (B)

P. A Total ppm.	P. B Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
608,88	615,24	-6,36	54,221	2939,916
614,04	389,03	225,01	285,591	81562,219
565,93	636,33	-70,40	-9,819	96,412
525,82	565,73	-39,91	20,671	427,290
413,48	813,19	-399,71	-339,129	115008,478
578,36	595,94	-17,58	43,001	1849,086
265,28	474,01	-208,73	-148,149	21948,126
482,09	434,39	47,70	108,281	11724,774
598,67	673,92	-75,25	-14,669	215,179
$\Sigma A = 4652,55$	$\Sigma B = 5197,78$	$\Sigma D = -545,23$	$\Sigma d = -0,001$	$\Sigma d^2 = 235771,480$
$\bar{A} = 516,95$	$\bar{B} = 577,53$	$\bar{d} = -60,581$		

SD = 171,672 ppm.
S $\bar{d}$ = 57,224 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 1,058 N.S.

"t" requerido : Al nivel del 5% para 8 G. L. = 2,31
Al nivel del 1% para 8 G. L. = 3,36

T A B L A IV

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUBSUELOS DE
BOSQUE (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Total ppm.	B P. Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
496,95	391,72	105,23	126,885	16099,803
440,18	346,90	93,28	114,935	13210,054
367,32	383,59	-16,27	5,385	28,998
249,73	323,12	-73,39	-51,735	2676,510
536,88	366,98	169,90	191,555	36693,318
588,38	341,03	247,35	269,005	72363,690
210,30	210,60	-0,30	21,355	456,036
142,23	841,27	-699,04	-677,385	458850,438
$\Sigma A = 3031,97$	$\Sigma B = 3205,21$	$\Sigma D = -173,24$	$\Sigma d = 0,000$	$\Sigma d^2 = 600378,847$
$\bar{A} = 378,99$	$\bar{B} = 400,65$	$\bar{d} = -21,655$		

SD = 292,862 ppm.
s $\bar{d}$ = 103,557 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,209 N.S.

"t" requerido : Al nivel del 5% para 7 G. L. = 2,36
Al nivel del 1% para 7 G. L. = 3,50

T A B L A V

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUBSUELOS DE
PRADERA (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Total ppm.	B P. Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
363,69	391,72	-28,03	-18,571	344,882
322,23	346,90	-24,67	-15,211	231,374
285,52	214,56	70,96	80,419	6467,215
440,88	593,73	-152,85	-143,391	20560,978
384,02	383,59	0,43	9,889	97,792
629,89	323,12	306,77	316,229	100000,780
332,40	366,98	-34,58	-25,121	631,064
422,40	341,03	81,37	90,829	8249,907
201,55	210,60	-9,05	0,409	0,167
536,33	841,27	-304,94	-295,481	87309,021
$\Sigma A = 3918,91$	$\Sigma B = 4013,50$	$\Sigma D = -94,59$	$\Sigma d = 0,000$	$\Sigma d^2 = 223893,180$
$\bar{A} = 391,89$	$\bar{B} = 401,35$	$\bar{d} = -9,459$		

SD = 157,724 ppm.
S $\bar{d}$ = 52,576 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,179 N.S.
"t" requerido :
Al nivel del 5% para 9 G. L. = 2,26
Al nivel del 1% para 9 G. L. = 3,25

T A B L A VI

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-TOTAL EN LOS SUBSUELOS DE
BOSQUE (A) Y PRADERA (B)

P. A Total ppm.	P. B Total ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
496,94	363,69	133,26	153,327	23509,168
440,18	322,23	117,95	138,017	19048,692
367,32	384,02	-16,70	3,367	11,336
249,73	629,89	-380,16	360,093	129666,968
536,88	332,40	204,48	224,547	50421,355
588,38	422,40	165,98	186,047	34613,486
210,30	201,55	8,75	28,817	830,419
142,23	536,33	-394,10	-374,033	139900,685
$\Sigma A = 3031,97$	$\Sigma B = 3192,51$	$\Sigma D = -160,54$	$\Sigma d = 0,004$	$\Sigma d^2 = 398002,109$
$\bar{A} = 378,99$	$\bar{B} = 399,06$	$\bar{d} = -20,067$		

SD = 238,448 ppm.
S $\bar{d}$ = 84,316 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,238 N.S.
"t" requerido : Al nivel del 5% para 7 G. L. = 2,36
Al nivel del 1% para 7 G. L. = 3,50

T A B L A VII

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-ORGANICO EN LOS SUELOS DE
BOSQUE (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Org. ppm.	B P. Org. ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d ²
61,22	66,06	-4,84	-6,563	43,072
63,40	75,38	-11,98	-13,703	187,772
41,98	60,60	-18,62	-20,343	413,837
36,00	23,40	12,60	10,877	118,309
58,28	28,82	29,46	27,737	769,341
147,63	126,73	20,90	19,177	367,757
131,05	125,36	5,69	3,967	15,737
26,24	14,17	12,07	10,347	107,060
101,64	131,41	-29,77	-31,493	991,809
$\Sigma A = 667,44$	$\Sigma B = 651,93$	$\Sigma D = 15,51$	$\Sigma d = 0,003$	$\Sigma d^2 = 3014,694$
$\bar{A} = 74,16$	$\bar{B} = 72,44$	$\bar{d} = 1,723$		

SD = 19,412 ppm.

S $\bar{d}$ = 6,47 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,465 N.S.

"t" requerido : Al nivel del 5% para 8 G. L. = 2,31

Al nivel del 1% para 8 G. L. = 3,36

T A B L A VIII

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-ORGANICO EN LOS SUELOS DE
PRADERA (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Org. ppm.	B P. Org. ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d ²
61,12	66,06	-4,94	-19,534	381,577
40,57	75,38	-34,81	-49,404	2440,755
39,31	22,48	16,83	2,236	4,999
58,95	60,60	-1,65	-16,244	263,867
104,14	23,40	80,74	66,146	4375,293
114,90	28,82	86,08	71,486	5110,248
141,79	126,73	15,06	0,466	0,217
91,86	125,36	-33,50	-48,094	2313,032
44,67	14,17	30,50	15,906	253,000
123,04	131,41	-8,37	-22,964	527,345
$\Sigma A = 820,35$	$\Sigma B = 674,41$	$\Sigma D = 145,94$	$\Sigma d = 0,000$	$\Sigma d^2 = 15670,333$
$\bar{A} = 82,03$	$\bar{B} = 67,44$	$\bar{d} = 14,594$		
SD	=	41,727 ppm.		
S $\bar{d}$	=	13,196 ppm.		

Prueba de "t"

"t" obtenido = 1,105 N.S.
 "t" requerido : Al nivel del 5% para 9 G. L. = 2,26
 Al nivel del 1% para 9 G. L. = 3,25

T A B L A X

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-ORGANICO EN LOS SUBSUELOS DE
BOSQUE (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Org. ppm.	B P. Org. ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
61,39	48,09	13,30	-2,032	4,129
73,36	74,00	-0,64	-15,972	255,104
27,71	27,85	-0,14	-15,472	239,382
20,50	25,84	-5,34	-20,672	427,124
143,52	70,24	73,28	57,948	3357,970
65,90	52,42	13,48	-1,852	3,429
14,02	9,82	4,20	-11,132	123,921
40,34	15,82	24,52	9,188	84,419
$\Sigma A = 446,74$	$\Sigma B = 324,08$	$\Sigma D = 122,66$	$\Sigma d = 0,004$	$\Sigma d^2 = 4495,478$
$\bar{A} = 55,84$	$\bar{B} = 40,51$	$\bar{d} = 15,332$		

SD = 25,342 ppm.
S $\bar{d}$ = 8,961 ppm.

Prueba de "t"

"t" obtenido = 1,710 N.S.
"t" requerido: Al nivel del 5% para 7 G.L. = 2,36
Al nivel del 1% para 7 G.L. = 3,50

T A B L A XI

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-ORGANICO EN LOS SUBSUELOS DE PRADERA (A) Y CULTIVOS (B)

A P. Org. ppm-	B P. Org. ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d^2
65,19	48,09	17,10	-1,256	1,577
47,35	74,00	-26,65	-45,006	2025,540
17,27	18,77	-1,50	-19,856	394,260
28,06	40,48	-12,42	-30,776	947,162
148,39	27,85	120,54	102,184	10441,569
95,18	25,84	69,34	50,984	2599,368
81,94	70,24	11,70	-6,656	44,302
38,02	52,42	-14,40	-32,756	1072,955
5,47	9,82	-4,35	-22,706	515,562
40,02	15,82	24,20	5,844	34,152
$\Sigma A = 566,9$	$\Sigma B = 383,3$	$\Sigma D = 183,56$	$\Sigma d = 0,000$	$\Sigma d^2 = 18076,447$
$\bar{A} = 56,69$	$\bar{B} = 38,33$	$\bar{d} = 18,356$		
SD				
$S\bar{d}$	=	44,816 ppm.		
	=	14,171 ppm.		
Prueba de "t"				
"t" obtenido =		1,248 N.S.		
"t" requerido :		Al nivel del 5% para 9 G. L. = 2,26		
		Al nivel del 1% para 9 G. L. = 3,25		

T A B L A XII

COMPARACION DEL CONTENIDO DE P-ORGANICO EN LOS SUBSUELOS DE
BOSQUE (A) Y PRADERA (B)

A P. Org. ppm.	B P. Org. ppm.	D = A - B	d = D - $\bar{d}$	d ²
61,39	65,19	-3,80	5,552	30,824
73,36	47,35	26,01	35,362	1250,471
27,71	148,39	-120,68	-111,328	12393,923
20,50	95,18	-74,68	-65,328	4267,747
143,52	81,94	61,58	70,932	5031,348
65,90	38,02	27,88	37,232	1386,221
14,02	5,47	8,55	17,902	320,481
40,34	40,02	0,32	9,672	93,547

$$\Sigma A = 446,74 \quad \Sigma B = 521,56 \quad \Sigma D = -74,82 \quad \bar{d} = -0,004 \quad \Sigma d^2 = 24774,562$$

$$\bar{A} = 55,84 \quad \bar{B} = 65,19 \quad \bar{d} = -9,352$$

$$SD = 59,491 \text{ ppm.}$$

$$S\bar{d} = 21,036 \text{ ppm.}$$

Prueba de "t"

"t" obtenido = 0,444 N.S.

"t" requerido : Al nivel del 5% para 7 G. L. = 2,36

Al nivel del 1% para 7 G. L. = 3,50

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
T
546.17 Inventario: 57289
P864 Autor: Carlos Pantoja López
Título:



T
546.17
P864
Ej.1

57289

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO

5 7 2 8 9

57289