

AN
T
443
67

FRACCIONAMIENTO DEL NITROGENO EN SUELOS DEL ALTIPLANO
DE IPIALES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, COLOMBIA.

POR

FRANCO HEBAL BENAVIDES

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

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

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

HERNAN BURBANO ORJUELA, I. A.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

Pasto-Colombia

1971

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

Artículo I del acuerdo N° 324 del 11 de Octubre de 1.966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

A MIS HIJOS

A MI HERMANA

A MIS AMIGOS

DEDICO :

FRANCO HEBAL BENAVIDES.

SUMARIO.

	Pgs.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
AGRADECIMIENTOS A:	
1. Autoridades de la casa estudiada...	3
1.1. Obisado y vicario.....	3
RICARDO GUERRERO R., I. A., M. Sc.	
1.2. Escuela / Instituto.....	3
HERNAN BURBANO O., I. A.	
1.3. Geología y geología.....	3
JOAQUIN GAMBOA J., I. A., M. Sc.	
2. Generalidades del nitrogeno.....	4
2.1. Transformación del nitrogeno en	
el suelo.....	5
JORGE CASTRO I. A.	
LUIS NAVAS I. A.	
2.2. Fijación del nitrogeno.....	6
FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
2.3. Investigaciones sobre el nitrogeno	
en suelos Colombianos.....	8
Y a todas las personas que colabora-	
ron en el presente trabajo.	
III. MATERIALES.....	10
1. Materiales.....	10
2. Método.....	10
2.1. Aplicación física general.....	10
2.1.1. Descripción.....	10
2.1.2. Características.....	10
2.1.3. Ventajas.....	10
2.1.4. Desventajas del método.....	10
2.1.5. Aspecto económico.....	10
2.1.6. Aspecto técnico.....	10

CONTENIDO.

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. Generalidades de la zona estudiada...	3
1.1. Ubicación y extensión.....	3
1.2. Ecología y climatología.....	3
1.3. Geología y suelos.....	3
2. Generalidades del nitrógeno.....	4
2.1. Transformación del nitrógeno en el suelo.....	5
2.2. Fijación del nitrógeno.....	6
2.3. Investigaciones sobre el nitróge no en suelos Colombianos.....	8
III. MATERIALES Y METODOS.....	12
1. Materiales.....	12
2. Métodos.....	12
2.1. Análisis físico-químico general.	12
2.1.1. Humedad.....	12
2.1.2. Color.....	12
2.1.3. Textura.....	12
2.1.4. Reacción del suelo.....	13
2.1.5. Carbono Orgánico.....	13
2.1.6. Materia Orgánica.....	13

	Pág.
2.1.7. Relación Carbono- nitrógeno.....	13
2.1.8. Capacidad Catiónica de cambio y Cationes cambiables.....	13
2.2. Fraccionamiento del Nitrógeno.	13
2.2.1. Nitrógeno Total.....	13
2.2.2. Nitrógeno Inorgánico....	14
2.2.3. Nitrógeno Orgánico.....	14
2.2.4. Nitrógeno Intercambiable	14
2.2.5. Nitrógeno Nativo Fijo..	15
2.2.6. Nitrógeno Amoniacal....	15
2.3. Métodos Estadísticos.....	15
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	16
1. Resultados.....	16
2. Discusión.....	16
2.1. Nitrógeno Total.....	16
2.2. Nitrógeno Orgánico.....	35
2.3. Nitrógeno Inorgánico.....	36
2.4. Nitrógeno Intercambiable.....	37
2.5. Nitrógeno Nativo Fijo.....	39
2.6. Nitrógeno Amoniacal.....	40
2.7. Resultados Estadísticos.....	41
V. CONCLUSIONES.....	50

	Pág.
VI. RESUMEN.....	51
SUMMARY.....	53
VII. BIBLIOGRAFIA.....	54
Figura 1 Distribución porcentual de las fracciones de Nitrógeno en los suelos bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	55
Figura 2 Distribución porcentual de las fracciones de Nitrógeno en los suelos bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	56
Figura 3 Comparación del contenido porcentual del Nitrógeno Total e Intercambiable en los suelos y substratos bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	57
Figura 4 Comparación del contenido porcentual del Nitrógeno Total y Nitrógeno Orgánico en los suelos y substratos bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	58
Figura 5 Relación de las fracciones de Nitrógeno Total e Intercambiable en los suelos en las condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	59
Figura 6 Relación de las fracciones de Nitrógeno Total e Intercambiable en los substratos bajo condiciones de cultivo, Pradera y Bosque.....	60

ILUSTRACIONES.

		Pág.
Figura 1	Contenido promedio de las fracciones de Nitrógeno en los Suelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	31
Figura 2	Contenido promedio de las fracciones de Nitrógeno en los subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	32
Figura 3	Comparación del contenido promedio del Nitrógeno Total e Intercambiable en suelos y subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	33
Figura 4	Comparación del contenido promedio del Nitrógeno Total y Nitrógeno Orgánico en los suelos y subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	34
Figura 5	Relación de las fracciones de Nitrógeno Total e Intercambiable en los suelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	46
Figura 6	Relación de las formas de Nitrógeno Total e Intercambiable en los subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	47

Figura 7	Relación de las fracciones de Nitrógeno Total y Orgánico en los Suelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque..	48
Figura 8	Relación de las fracciones de Nitrógeno Total y Orgánico en los Subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque	49
TABLA I.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA II.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA III.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA IV.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA V.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA VI.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA VII.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13
TABLA VIII.	Algunas características generales de los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	13

TABLAS.

		Pág.
TABLA I.	Algunas características generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	17
TABLA II.	Algunas características generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	18
TABLA III.	Algunas características generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	19
TABLA IV.	Algunas características generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, + Pradera + Bosque.....	20
TABLA V.	Algunas características generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	21
TABLA VI.	Algunas características generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	22
TABLA VII.	Algunas características generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	23
TABLA VIII.	Algunas características generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	24

	Pág.
TABLA IX. Algunas características generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	25
TABLA X. Algunas características generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	26
TABLA XI. Formas de Nitrógeno en los suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	27
TABLA XII. Formas de Nitrógeno en los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque.....	28
TABLA XIII. Contenido Máximo, Promedio y Mínimo en ppm. de las fracciones de Nitrógeno en los Suelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	29
TABLA XIV. Contenido Máximo, Promedio y Mínimo en los Subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.....	30
TABLA XV. Resumen de las relaciones estadísticas entre Nitrógeno Total y Nitrógeno Intercambiable en Suelos y Subsuelos de Cultivo, Pradera y Bosque.....	43
TABLA XVI. Resumen de las relaciones estadísticas entre Nitrógeno Total y Nitrógeno Orgánico	

	Pág.
co en Suelos y Subsuelos de Cultivo, Pradera y Bosque.....	44
TABLA XVII. Relación entre los coeficientes de correlación y los porcentajes de asociación en Suelos y Subsuelos estudiados en Cultivos, Pradera y Bosque.....	45

El análisis químico de las diferentes fracciones de un terreno es un medio de la zona del Altiplano de Apizaco, constituye un renglón necesario para lograr la investigación de un elemento indispensable en el desarrollo de las plantas.

La presente investigación en unión de anteriores trabajos dan una información sobre el estado actual de los suelos de Apizaco.

En el departamento de Verano existen en la actualidad una serie de investigaciones sistemáticas de suelos, sobre el progreso y otros elementos que pueden dar un concepto global de los suelos de Verano geológico y geográfico de Apizaco.

(1) Tesis de grado presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, en la Universidad de Ricardo Gutiérrez No. 1, A. D. S. S.

FRACCIONAMIENTO DEL NITROGENO EN SUELOS DEL ALTIPLANO
DE IPIALES, DEPARTAMENTO DE NARIÑO, COLOMBIA. (").

POR

FRANCO HEBAL BENAVIDES

I. INTRODUCCION.

El análisis químico de las diferentes fracciones de nitrógeno en los suelos de la zona del Altiplano de Ipiales, constituye un renglón necesario para integrar la investigación de un elemento indispensable en el desarrollo de las plantas.

La presente investigación en unión de anteriores trabajos dan una información básica sobre el estado actual de los suelos de Nariño.

En el departamento de Nariño existen en la actualidad una serie de investigaciones sistemáticas de suelos, sobre el nitrógeno y otros elementos que pueden dar un concepto global sobre el desarrollo genético y geológico de dichos suelos volcánicos.

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

Con la presente investigación y otras complementarias, se podría integrar un Atlas de Suelos sobre el departamento de Nariño, por regiones y/o municipios; también permitiría formular recomendaciones de fertilización nitrogenada en los cultivos. De allí que la presente investigación se justifique ampliamente.

El Antipasto de Cisales tiene una latitud de $10^{\circ} 49' 20''$ Norte y una longitud de $77^{\circ} 58' 14''$ Oeste. Respecto al meridiano de Bogotá, Colombia, su ubicación es $30^{\circ} 38' 23''$ (Salas y Marroquin, 1971).

1.2. Biología y climatología.

La zona de estudio tiene un clima húmedo de tierras frías, con una temperatura media anual de 11 a $13^{\circ} C$, y un rango térmico entre 2.000 y 2.500 horas de sol sobre el nivel del mar. El número de días con heladas anuales no llega entre tres expresiones: en la parte occidental del Antipasto de Cisales entre 200 a 250 días; en la parte central del Antipasto de Cisales 100 a 150 días y en el sector oriental, 150 a 200 días con heladas anuales (Salas y Marroquin, 1971).

II. REVISION DE LITERATURA.

1. Generalidades de la zona estudiada.

1.1. Ubicación y extensión.

El Altiplano de Ipiiales tiene una latitud de $10^{\circ} 49' 30''$ Norte y una longitud de $77^{\circ} 38' 14''$ Este. Respecto al meridiano de Bogotá, Colombia, su ubicación es $30^{\circ} 38' 23''$ (Dulce y Narváez, 29).

1.2. Ecología y climatología.

La zona de estudio tiene un clima húmedo de tierra fría, con una temperatura media aproximada de 11 a 13° C. y un piso térmico entre 2.900 y 3.200 metros de altura sobre el nivel del mar. El número de días con lluvias anuales se halla entre tres expresiones: en la parte sud-oriental dicho número oscila entre 200 a 250 días; en la parte central del Altiplano de Ipiiales 100 a 150 días y en el sector occidental, 150 a 200 días con lluvias anuales (Dulce y Narváez, 29).

Toda la extensión del Altiplano de Ipiiales se encuentra situada en bosque húmedo montano, bosque pluvial montano y bosque húmedo montano bajo, en el límite con el Ecuador. Hidrográficamente y zoográficamente, el Altiplano pertenece a la Hoya del Patía, al Altiplano de los Pastos y matices hipsométricos entre 3.000 y 4.000 metros (25).

1.3. Geología y suelos.

Parte del Altiplano está conformado por esquistos clo -

ríticos, micasitas, de una y dos micas, andesitas, basaltos y tobas de edad Cenozoica. Pertenece a la faja axial Andina.

Tectónicamente se sitúa en la sismografía normal (25).

En estudio general de suelos se encuentran aquí clasificados suelos de páramo, andosoles, latosoles, del Paleozoico como del Cenozoico (Mora y Legarda, 50).

2. Generalidades del nitrógeno.

El nitrógeno es un componente característico de las emanaciones volcánicas, de naturaleza desconocida (Bremner, 18, 19, 20), que está en la atmósfera y en el suelo, siendo atmófilo, magnético, biófilo, oxífilo (Rankama, 56) y elusivo (Rhai, 57). Está en los compuestos orgánicos de los sedimentos y de las rocas sedimentarias (Rankama, 56) e íntimamente relacionado con la acumulación de materia orgánica (Stevenson, 69).

Rayleigh, citado en Rankama (56) dice que las rocas sedimentarias contienen por término medio el 0,00463 % de nitrógeno, siendo una parte de éste de origen meteórico en los gases volcánicos, los cuales en Hawaii, según Graton (Rankama, 56) tienen un 7,65 % de nitrógeno en volumen y un 7,93 % en peso. El mismo autor indica que en las rocas ígneas el contenido de nitrógeno es constante.

Para Hutchinson, mencionado en Rankama (56), el contenido medio en nitrógeno de los sedimentos es de 510 g/ton. de los cuales 460 g/ton. son de nitrógeno fósil, perdido en la biosfera.

Bonner (16) explica que todo el nitrógeno del suelo se deriva del que existe en la atmósfera, siendo que este nitrógeno molecular atmosférico representa en cada hectárea de terreno 336.000.000 de Kg., para un suelo típico. Fearon, citado por Rankama (56) demuestra que el contenido de nitrógeno en los organismos varía del 1 al 60 %, al igual que el H, C, N, O y P, mientras que el contenido del nitrógeno en el humus oscila entre el 3-6 % (Rankama, 56). En el agua lluvia el nitrógeno se encuentra en cantidad equivalente a 0.278 ppm.

En las plantas, hay un promedio aproximado del 16 % de nitrógeno junto con sustancias hidrogenadas que forman del 5 al 30 % del peso total de los tejidos vegetales (Bonner, 16). Con estos compuestos ocurren dos tipos generales de reacciones enzimáticas: sintéticas y simplificadoras, como son la aminización, amonificación, nitrificación y reducción (Buckmann, 23).

2.1. Transformación del nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno incorporado al suelo, sufre una serie de reacciones químicas complejas y continuas en las cuales se hallan involucrados compuestos inorgánicos (Rodríguez, 59) y orgánicos, ya de constitución proteínica (Allison et al., 5) o lignoamoniacaes (Stevenson, 68), como también de aminoazúcares (Bremner y Shaw, 21; Adams et al., 1) siendo estas sustancias lábiles, sometidas a continua destrucción y resíntesis (Bonner, 16).

Los compuestos del nitrógeno se separan de las rocas en

la meteorización (Rankama, 56; Adams y Stevenson, 2) a través de varios tipos de reacciones enzimáticas. Uno de los compuestos del nitrógeno, la fracción orgánica, está asociada a las partículas del polvo atmosférico y su ocurrencia en la precipitación conduce a la redistribución del nitrógeno terrestre (Stevenson, 68).

En la formación de los sedimentos, el nitrógeno se incorpora a las rocas depositadas en forma de compuestos orgánicos (Rankama, 56) sufriendo amonificación, la cual se entiende como la conversión de compuestos orgánicos nitrogenados en amoniacó; y nitrificación, comprendida como la conversión de amoniacó en nitratos (Blasco, 14). La nitrificación es a menudo impedida por exceso de humedad (Birch, 9, 10, 11, 12, 13), lo cual provoca una disminución en los niveles de nitratos y amoniacó (Ekpete y Cornfield, 31).

El ciclo total del nitrógeno envuelve compuestos inorgánicos nitrogenados, como el amoniacó, (NH_3); la hidroxilamina (NH_2OH); el ácido nitroso (HNO_2); el ácido nítrico (HNO_3) y las sales (nitritos y nitratos) de estos ácidos; también aquellos compuestos orgánicos de importancia biológica, como el ácido cianhídrico (HCN); la urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) y varias aminos, aminoácidos, etc. Los compuestos orgánicos complejos de nitrógeno comprenden las purinas, porfirinas, proteínas y otros muchos (Rankama, 56).

2.2. Fijación del nitrógeno.

Por fijación del nitrógeno se entiende el paso del nitró

geno atmosférico al suelo y puede ocurrir como fijación fotoquímica (Rao y Dhar, 54; Rao, 55; Tandon y Dhar, 72), que es el paso directo por acción de la luz: fijación microbial (Alexander, 3; Russel y Smith, 61; Simpson, 66; Robinson, 58; Hagenzieker, 39; Stephens, 67; Greenland, 38), lo cual ocurre por la acción de los microorganismos del suelo; fijación indirecta por acción de los materiales del suelo (Buckman, 23; Fassbender, 34; Rankama, 56).

La fijación fotoquímica del nitrógeno puede ser disminuida por el Rhizobium, al incrementarse los niveles de nitrógeno en el suelo (Fassbender, 34; Thornton, 73). Para Dhar (27), la fijación fotoquímica del nitrógeno aumenta por cada gramo de carbono oxidado en relación directa con la intensidad de la luz y disminuye cuando aumenta la nitrificación.

La nitrificación y la fijación del nitrógeno se producen en los suelos minerales solo a valores de pH por encima del 5,5 (Buckman, 23), el cual puede ser aumentado a causa del desprendimiento de amoníaco de los compuestos nitrogenados. Existe la posibilidad de una mayor fijación en los suelos normales que en los alcalinos; siendo que la pérdida del nitrógeno tiene lugar al mismo tiempo que la fijación (Mitra y Shanker, 47).

La fijación simbiótica del nitrógeno en las leguminosas por la bacteria del género Rhizobium (Alexander, 3) y algunas especies que viven en los nódulos radiculares del género Casuarina (Stevenson, 69) y en los nódulos foliares de algunas

plantas tropicales de los géneros Paretta, Chomelia, Psychoria (Blasco, 14) han contribuido a incrementar los contenidos de nitrógeno en un 50 %, en suelos forestales de Colombia (Jenny, 43).

Bonner (16) indica que la fijación no simbiótica del nitrógeno, produce una ganancia de nitrógeno de 28 Kg. ha/año, con una relación 2:1 como mínimo entre la pérdida y la entrada del nitrógeno en el suelo. Estos valores como otros diferentes (Moore, 49; Sen y Paul, 63; Jaiyebo y Moore, 42) están sujetos a error por la imprecisión en las medidas, como lo afirma Nutman (52).

En relación a la fijación directa de nitrógeno por el suelo, Singh y Kanehiro (64) concluyen, en una investigación reciente, que la adsorción de nitratos por un suelo caolinitico de Hawaii, se incrementa consistentemente cuando aumenta la concentración de nitrógeno en la atmósfera y cuando disminuye el pH. Los mismos autores concluyen que la adsorción de NO_3 se debe a fuerzas de Van der Wall y electrostáticas.

2.3. Investigaciones sobre el nitrógeno en suelos Colombianos.

En el Altiplano de Ipiales no existe un estudio pormenorizado sobre fraccionamiento de nitrógeno. En otras regiones del departamento de Nariño, Molina (48) verificó una investigación sobre algunos aspectos del nitrógeno en los suelos volcánicos del Altiplano de Pasto, hallando que el promedio del nitrógeno total se aproxima al 0,4 % en el suelo, a 0,26 % en el subsuelo, siendo su distribución cuantitativamente homogénea. Del nitrógeno total, 95 % resultó orgánico y 4,1 % nitró-

geno inorgánico; el nitrógeno intercambiable representó el 1,6 % del nitrógeno total en los suelos y el 1,8 % en los subsuelos. El $N-NH_3$ se aproximó al 0,25 % del nitrógeno total.

Rosero (60) concluyó que el contenido de nitrógeno total en suelos de clima medio de Nariño se aproximó a 3.200,00 ppm. y bajó a 1.300,00 ppm. en los subsuelos. Afirma que la alta temperatura de la zona disminuye el nitrógeno orgánico y que el nitrógeno inorgánico fué más alto que en otros suelos volcánicos previamente investigados en Colombia. El $N-NH_4^+$ nativo fijo representó, en promedio, del 3,23 al 10,40 % del nitrógeno total, y la concentración del nitrógeno intercambiable osciló entre el 3,25 y el 7,12 % del nitrógeno total. El $N-NH_3$ varió entre el 0,7 y el 1,6 % del nitrógeno total.

En el piso tropical del departamento de Nariño, llanura del Pacífico, Angulo et al. (6) han investigado el fraccionamiento del nitrógeno y concluyen que el nitrógeno total es alto para las condiciones tropicales del área. La fracción orgánica es elevada (96 % del nitrógeno total) debido ya a influencia de la materia orgánica o por la acción de la alofana tan común en los suelos de origen volcánico. Los contenidos de nitrógeno inorgánico fueron: 4,00; 12,27 y 21,10 % en el primer, segundo y tercer horizonte, respectivamente. Los porcentajes para el nitrógeno intercambiable fueron: 1,43; 5,45 y 8,89 % en los horizontes respectivos, indicando que hay considerable volatilización, ocurridas por acción de la precipitación y la temperatura del medio ambiente. El amoníaco nativo fijo repre-

sentó el 2,57; el 6,82 y el 12,21 % del nitrógeno total en los tres primeros horizontes.

En el Putumayo, Escobar y Martínez (33) verificaron efectos de las adiciones de calcio y celulosa en la amonificación y nitrificación. Afirman que los niveles de nitrógeno amoniacal son superiores a los de $H-NO_3$. El amoniaco aumentó significativamente con el tiempo de incubación, disminuyendo el nitrógeno nítrico. Al cambiar temperatura, adicionando carbonato de calcio, aumentó la amonificación, no significativamente, disminuyendo el amoniaco con la celulosa, en relación con el testigo.

En los suelos del Valle de Sigundoy, Intendencia del Putumayo, Bastidas et al. (8) concluyen que el contenido del nitrógeno total es muy alto, 0,5 - 0,9 % en el suelo y en el subsuelo, respectivamente. El nitrógeno orgánico representó el 96,70 % del nitrógeno total. El $N-NH_4$ intercambiable osciló entre el 0,46 y 1,71 % del nitrógeno total.

Para complementar el estudio de suelos de la Intendencia Nacional del Putumayo, Matta y Palacios (46) concluyeron que el contenido de nitrógeno total es bajo. El nitrógeno orgánico representó el 96 % para el suelo y el 68 % en el subsuelo, del nitrógeno total. Reportaron que el nitrógeno inorgánico superó al nitrógeno orgánico, en promedio, siendo que los porcentajes de nitrógeno intercambiable oscilaron entre 4 % (primera capa) y 5,82 % (tercera capa). El nitrógeno nativo fijo representó porcentajes de 3,57; 18,41 y 21,16 % para los tres primeros horizontes. En cambio, el $N-NH_3$ osciló entre 0,90;

1,90 y 1,62 %, en muestras estudiadas en condiciones de cultivo, bosque y pradera.

Ampliando el área bibliográfica sobre el estudio del nitrógeno en Colombia, en los suelos del Valle del Cauca, Blasco (14) encontró que el nitrógeno total, tiene un promedio de 2.454 ppm., del cual 93,8 % era orgánico. El $N-NO_3$ osciló entre 18,8 y 2,8 ppm.

Fue bajo el promedio del nitrógeno total (1.319,6 ppm.) encontrado por Tafur y Blasco (70), en el Valle del Cesar. El nitrógeno inorgánico presentó el 21,84 % del nitrógeno total. El intercambiable y el $N-NH_3$, presentaron el 5,99 y 0,59 %, respectivamente, del nitrógeno total.

Durán (30) en la Guajira obtuvo un promedio de 1.948,6 ppm. para el nitrógeno total, del cual 89,7 % era orgánico; un 10,3 % del total correspondió a la fracción inorgánica. El nitrógeno nativo fijo y el intercambiable, representaron el 7,5 y el 2,7 %, en su orden, del nitrógeno total.

III. MATERIALES Y METODOS.

1. Materiales.

El área escogida para esta investigación, correspondió a una región fría, el Altiplano de Ipiales, del departamento de Nariño.

El muestreo se realizó en suelos y subsuelos de terrenos cultivados, pradera y bosque, en sectores cercanos a carreteras troncales y principales del Altiplano mencionado (Aldana, taja Ipiales, Pupiales, etc.), anotándose las características generales de cada perfil (Dulce y Santacruz, 28).

2. Métodos.

Las muestras se secaron al aire, molieron, tamizaron (tamiz N^o 10 de 2 mm.) y se aplicó a ellas diversas determinaciones generales de tipo físico y químico.

2.1. Análisis físico-químico general.

2.1.1. Humedad.

Se determinó en base a suelo seco en la estufa a 105^o C., durante 24 horas (Silva et al., 65).

2.1.2. Color.

Se tomó en el campo bajo condiciones de hume-dad y en el laboratorio, en las mismas muestras secas al ai-re. Se identificó el color por medio de la carta Munsell (51).

2.1.3. Textura.

Se realizó por el método Bouyoucos (17).

2.1.4. Reacción del suelo.

El pH se determinó mediante un potenciómetro tipo Beckman H-2, utilizando una mezcla suelo:agua 1:1 (Silva et al., 65).

2.1.5. Carbono Orgánico.

Se logró mediante el método de Walkley-Black (77).

2.1.6. Materia Orgánica.

Se verificó por la multiplicación del porcentaje de carbono orgánico por el factor 1,724 (Jackson, 41).

2.1.7. Relación Carbono-Nitrógeno.

Se obtuvo por división del porcentaje de carbono orgánico por el porcentaje de nitrógeno.

2.1.8. Capacidad Catiónica de cambio y Cationes cambiables.

Esta determinación se hizo por el método del acetato de amonio normal y neutro de Schollenberger y Simon (62).

2.2. Fraccionamiento del nitrógeno.

2.2.1. Nitrógeno total.

Se determinó según el método de Kjeldhal modificado, mediante oxidación del material nitrogenado. Se llevó a digestión con ácido sulfúrico concentrado, luego se destiló con hidróxido de sodio al 40% y se recogió el $N-NH_3$ en una solución de ácido bórico al 4%. El amoniaco del destilado se tituló con ácido sulfúrico 0,01 N. Como indicador se usó el rojo de metilo y azul de metileno (Bremner, 22; Cornfield, 26).

2.2.2. Nitrógeno Inorgánico ($N-NH_4^+$).
Se procedió según el método de Bremner (22), agitando 5 gr. de suelo con 100 ml. de la mezcla extractora HCL N: HF N, durante 24 horas. Se filtró y del filtrado se tomaron 25 ml. los que se neutralizaron añadiendo cuidadosamente NaOH 2N y usando un potenciómetro Beckmann para determinar el pH. Los 25 ml. neutralizados se llevaron a destilación con 50 ml. de borato amortiguado más agua destilada. El destilado se recogió en ácido bórico al 1 % que se tituló con ácido clorhídrico 0,01 N. Se usó como indicador rojo de metilo y azul de metileno.

2.2.3. Nitrógeno Orgánico.

Se lo obtuvo por diferencia entre la determinación del nitrógeno total y el nitrógeno inorgánico de los suelos (Blasco, 14).

2.2.4. Nitrógeno Intercambiable ($N-NH_4^+$).

Se siguió la marcha analítica propuesta por Blasco y Cornfield (15); se tomaron 5 gr. de suelo y se agitaron con 100 ml. de Cl_2Ca N por 24 horas. Se filtraron y neutralizaron 25 ml. con NaOH 2N, luego se destiló y siguió el procedimiento indicado en el nitrógeno inorgánico.

2.2.5. Nitrógeno Nativo Fijo ($N-NH_4^+$).

Se lo obtuvo mediante la diferencia entre el nitrógeno inorgánico y el nitrógeno intercambiable (Blasco, 14).

2.2.6. Nitrógeno Amoniacal ($N-NH_3$).

Se determinó por el método de microdifusión propuesto por Bremner y Shaw (21) utilizando las celdas de Conway.

Se tomaron 5 gr. de suelo y se agitaron durante 15 minutos con 25 ml. de una solución de $ClNa$ N, luego se filtró. Se tomó una alícuota de 5 ml. del extracto, se lavó con 3 ml. de una suspensión de MgO al 12 %, previamente se había agregado ácido bórico al 2 % en la celda interior. La cámara se cerró y se dejó en reposo por 48 horas. Luego se tituló la celda interior con ácido clorhídrico 0,01 N, se usó como indicador rojo de metilo y azul de metileno.

2.3. Métodos Estadísticos.

En la correlación y regresión simple, se uso el método de los Mínimos Cuadrados (Fisher, 36).

2. Nitrogeno

En términos generales, las diversas fracciones de nitrógeno presentan resultados similares a los obtenidos en investigaciones efectuadas en otros regiones (4, 8, 14, 20, 23, 28, 50, 70), aunque también se observaron algunas diferencias.

2.1. Nitrogeno Total.

En lo que respecta a este fracción, para las condiciones de cultivo, pérdida y manejo, el promedio fue de 0,071, cuando el suelo de Iquitos tiene el 0,070, y el de la alta concentración (14,77,00 ppm) y el de la baja concentración (11,40,00 ppm) bajo condiciones de cultivo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

1. Resultados.

Las características generales de los suelos y subsuelos estudiados aparecen en las Tablas I a X. Los resultados de las propiedades físicas se hallan en las investigaciones de Dulce y Santacruz (28) y en Gonzáles (37). Las gráficas correspondientes al contenido promedio de las fracciones de nitrógeno, se distribuyen en las Figuras 1 a 4. Las Figuras 5 a 8 indican las relaciones de las diferentes formas de nitrógeno. Los porcentajes de asociación (r^2) se comparan con las regresiones (r) en la Tabla XVII.

2. Discusión.

En términos generales, las diversas fracciones de nitrógeno presentan resultados similares a los obtenidos en investigaciones efectuadas en otras regiones (6, 8, 14, 30, 33, 48, 60, 70), aunque también en algunas fracciones se encontraron marcadas diferencias.

2.1. Nitrógeno Total.

En lo que respecta a esta fracción, para las condiciones de cultivo, pradera y bosque, el promedio fué de 4.071,63 ppm., siendo el suelo de Ipiales Seis el que contiene la más baja concentración (1.157,00 ppm.) y el de Pupiales Siete la más alta (11.465,00 ppm.) bajo condiciones de pradera.

El promedio para los subsuelos fué de 2.567,21 -

TABLA I

Algunas Características Generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Aldana (Pradera)	San Luis (Cultivo)	Carlosama Uno (Pradera)	Carlosama Dos (Bosque)
Prof. cms.	0-40	0-45	0-40	0-30
Humedad %	9,68	9,00	19,42	12,62
pH.	6,25	6,30	5,90	5,50
Arenas %	76,44	69,44	72,44	74,44
Limos %	15,00	20,00	14,50	15,00
Arcillas %	8,56	10,56	13,06	10,56
Textura	Arn. Fco.	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.
C. Orgánico %	3,00	0,70	2,22	5,81
N. Total %	0,3439	0,5769	0,2207	0,6117
C/N..	8,73	1,22	10,07	9,49
M. O. %	5,18	1,21	3,81	10,00
C.I.C. me/100 gr..	21,056	15,565	18,151	32,65
K. cambiabile ppm.	510,00	390,78	162,41	599,69
Na. cambiabile ppm.	145,32	170,72	18,15	37,73
Ca. cambiabile ppm.	970,64	568,46	718,30	1772,34
Mg. cambiabile ppm.	2560,65	167,01	121,98	221,58

TABLA II

Algunas Características Generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo.

Características	Ipiales uno (Cultivo)	Ipiales dos (Cultivo)	Ipiales tres (Cultivo)	Ipiales cuatro (Cultivo)
Prof. cms.	0-40	0-20	0-50	0-20
Humedad %	10,27	19,38	28,65	4,33
pH.	6,75	7,30	5,30	6,80
Arenas %	70,44	65,94	55,44	65,94
Limos %	20,00	19,50	35,00	19,50
Arcillas %	9,56	14,56	9,56	14,56
Textura	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.
C. Orgánico %	0,98	3,56	5,91	1,74
N. Total %	0,2408	0,8691	0,7708	0,1315
C/N.	2,91	4,09	7,66	13,27
M. O. %	1,69	6,13	10,18	3,01
C. I. C. me/100 gr.	16,540	35,337	36,535	14,914
K. cambiabile ppm.	690,52	1102,49	993,02	425,15
Na. cambiabile ppm.	38,82	31,04	26,37	25,56
Ca. cambiabile ppm.	1567,51	2533,28	1112,78	834,65
Mg. cambiabile ppm.	313,72	627,13	325,38	322,24

TABLA III

Algunas Características Generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo.

Características	Ipiales Cinco (Cultivo)	Ipiales Seis (Cultivo)	Ipiales Siete (Cultivo)	Ipiales Ocho (Cultivo)
Prof. cms.	0-50	0-30	0-30	0-60
Humedad %	9,86	8,70	8,15	13,02
pH.	6,45	6,40	6,25	5,50
Arenas %	40,94	70,94	70,94	16,44
Limos %	39,56	14,50	19,50	30,00
Arcillas %	19,56	14,56	9,56	8,56
Textura	Fco.	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.
C. Orgánico %	1,84	0,99	0,76	4,29
N. Total %	0,2399	0,1157	0,1999	0,4557
C/N.	7,65	8,57	3,78	9,42
M. O. %	3,16	1,71	1,30	7,40
C. I. C. me/100 gr.	21,202	11,739	10,815	25,881
K. cambiabile ppm.	54,99	228,27	221,17	275,20
Na. cambiabile ppm.	30,21	25,33	14,06	18,31
Ca. cambiabile ppm.	1087,59	750,01	702,98	1096,28
Mg. cambiabile ppm.	387,40	240,56	147,29	151,17

TABLA IV

Algunas Características Generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Pupiales Uno (Cultivo)	Pupiales Dos (Cultivo)	Pupiales Tres (Pradera)	Pupiales Cuatro (Bosque) tro.
Prof. cms.	0-20	0-40	0-40	0-30
Humedad %	6,68	13,08	15,49	14,23
pH.	4,19	5,40	4,24	4,94
Arenas %	80,44	40,94	51,44	66,94
Limos %	15,00	29,00	30,00	14,50
Arcillas %	4,56	30,06	18,56	18,56
Textura	Arn.Fco.	Fco.Arc.	Fco.	Fco.Arn.
C. Orgánico %	2,43	3,13	2,46	2,86
N. Total %	0,2001	0,2311	0,3525	0,2367
C/N.	12,15	13,55	6,97	12,10
M. O. %	4,19	5,40	4,24	4,94
C. I. C. me/100 gr.	13,655	22,163	28,641	29,585
K. cambiabile ppm.	425,12	633,24	900,34	688,47
Na. cambiabile ppm.	31,15	18,32	18,71	43,75
Ca. cambiabile ppm.	394,72	1108,17	1050,94	959,53
Mg. cambiabile ppm.	132,32	234,76	440,96	330,59

TABLA V

Algunas Características Generales de los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Pupiales Cinco (Cultivo)	Pupiales Seis (Cultivo)	Pupiales Siete (Pradera)
Prof. cms.	0-50	0-40	0-20
Humedad %	8,59	36,16	23,70
pH.	6,10	5,60	5,65
Arenas %	75,94	61,44	66,94
Limos %	19,50	29,00	19,50
Arcillas %	4,56	9,56	13,56
Textura	Arn.Fco.	Fco.Arn.	Fco.Arn.
C. Orgánico %	3,33	4,94	7,77
N. Total %	0,2797	0,4651	1,1465
C/N.	11,92	10,62	6,78
M. O. %	5,75	3,52	13,40
C.I.C. me/100 gr.	19,43	25,59	34,88
K. cambiabile ppm.	515,78	672,37	179,37
Na. cambiabile ppm.	23,98	24,10	21,90
Ca. cambiabile ppm.	1449,62	1136,96	692,73
Mg. cambiabile ppm.	374,99	271,54	243,68

TABLA VI

Algunas Características Generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Aldana (Pradera)	San Luis (Cultivo)	Carlosama Uno (Pradera)	Carlosama Dos (Bosque)
Prof. cms.	40-80	45-95	40-X	30-150
Humedad %	6,11	2,82	19,76	12,96
pH.	5,50	5,70	5,90	4,90
Arenas %	64,94	66,44	61,44	66,44
Limos %	25,00	20,00	25,00	24,50
Arcillas %	10,06	13,56	13,56	9,06
Textura	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.
C. Orgánico %	4,02	0,25	0,49	3,55
N. Total %	0,3090	0,2246	0,0905	0,1296
C/N.	13,00	1,11	5,40	4,47
M. O. %	6,92	0,43	0,83	6,12
C.I.C. me/100 gr.	21,11	15,11	29,34	30,04
K. cambiabile ppm.	82,76	114,13	787,88	227,89
Na. cambiabile ppm.	140,58	35,99	50,90	48,01
Ca. cambiabile ppm.	751,23	826,66	867,64	681,18
Mg. cambiabile ppm.	196,12	161,88	329,11	222,53

TABLA VII

Algunas Características Generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Ipiales Uno (Cultivo)	Ipiales Dos (Cultivo)	Ipiales Tres (Cultivo)	Ipiales Cuatro (Cultivo)
Prof. cms.	40-60	20-80	50-80	20-X
Humedad %	13,22	8,05	16,34	4,80
pH.	6,90	7,15	5,35	5,50
Arenas %	87,44	60,94	76,44	181,44
Limos %	4,00	24,00	10,00	15,00
Arcillas %	8,56	15,06	13,56	3,56
Textura	Arrn.Fco.	Fco.Arn.	Fco.Arn.	Arrn.Fco.
C. Orgánico %	0,09	2,52	3,09	0,96
N. Total %	0,637	0,3721	0,6124	0,2758
C/N.	2,43	6,78	5,05	3,47
M. O. %	0,16	14,35	5,33	1,65
C.I.C.me/100 gr.	9,05	25,82	17,80	14,67
K. cambiabile ppm.	360,04	997,87	66,90	131,00
Na. cambiabile ppm.	28,08	65,37	75,04	22,85
Ca. cambiabile ppm.	220,78	1954,69	245,44	484,07
Mg. cambiabile ppm.	88,11	525,57	268,79	149,10

TABLA VIII

Algunas Características Generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Ipiales Cinco (Cultivo)	Ipiales Seis (Cultivo)	Ipiales Siete (Cultivo)	Ipiales Ocho (Cultivo)
Prof. cms.	50-70	30-50	30-150	60-120
Humedad %	20,86	10,42	31,12	5,42
pH.	6,30	6,20	6,50	5,50
Arenas %	65,94	61,44	86,44	70,94
Limos %	24,50	20,00	4,50	19,50
Arcillas %	9,56	18,56	9,06	9,56
Textura	Fco.Arn.	Fco.Arn.	Arn.Fco.	Fco.Arn.
C. Orgánico %	1,29	2,85	3,11	2,72
N. Total %	0,1151	0,1051	0,1175	0,4279
C/N.	11,18	19,62	26,48	4,66
M. O. %	2,22	4,91	5,36	4,69
C.I.C. me/100 gr.	31,66	15,01	39,86	19,60
K. cambiabile ppm.	679,85	233,54	952,08	102,79
Na. cambiabile ppm.	84,44	52,45	97,29	28,99
Ca. cambiabile ppm.	1450,36	663,62	1579,36	1054,19
Mg. cambiabile ppm.	437,97	290,02	679,23	184,59

TABLA IX

Algunas Características Generales de los Subsuelos estudiados en condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Pupiales Uno (Cultivo)	Pupiales Dos (Cultivo)	Pupiales Tres (Pradera)	Pupiales cua- (Bosque) tro.
Prof. cms.	20-60	40-X	40-X	30-X
Humedad %	4,62	17,75	13,37	4,79
pH.	5,50	5,45	5,30	5,90
Arenas %	70,94	49,44	66,44	66,94
Limos %	19,00	30,00	20,00	19,50
Arcillas %	10,06	20,56	13,56	13,56
Textura	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Fco. Arn.
C. Orgánico %	3,42	2,06	0,79	2,78
N. Total %	0,1670	0,2637	0,3412	0,1147
C/N.	20,47	7,80	1,53	30,56
M. O. %	5,55	3,55	1,36	4,79
C.I.C. me/100 gr.	12,65	32,14	27,88	12,78
K. cambiabile ppm.	68,01	403,28	687,34	487,21
Na. cambiabile ppm.	10,22	30,85	48,18	38,24
Ca. cambiabile ppm.	564,96	1018,50	952,28	361,48
Mg. cambiabile ppm.	89,06	469,62	496,28	109,57

TABLA X

Algunas Características Generales de los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Características	Pupiales Cinco (Cultivo)	Pupiales Seis (Cultivo)	Pupiales Siete (Pradera)
Prof. cms.	50-120	40-60	20-60
Humedad %	4,65	17,99	18,90
pH.	5,85	6,00	5,45
Arenas %	77,44	71,44	89,44
Limos %	15,00	20,00	5,00
Arcillas %	8,56	8,56	5,06
Textura	Fco. Arn.	Fco. Arn.	Arn.
C. Orgánico %	2,31	2,63	4,98
N. Total %	0,2608	0,1487	0,4062
C/N.	8,84	17,72	12,26
M. O. %	3,97	2,63	8,58
C.I.C. me/100 gr.	15,27	29,02	29,13
Ka. cambiabile ppm.	171,41	848,45	185,84
Na. cambiabile ppm.	49,71	100,48	31,15
Ca. cambiabile ppm.	821,49	1253,63	814,48
Mg. cambiabile ppm.	89,08	298,43	115,67

TABLA XI

Formas de Nitrógeno en los Suelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque. Resultados en ppm.

Muestra	N Total	N Orgánico	N Inorgánico	N-NH ₄ Fijo	N-NH ₄ Intercambiable	N-NH ₃
1	3.439,00	2.892,37	546,62	353,15	193,46	23,03
2	5.769,00	3.901,09	1.867,90	1.742,76	125,13	43,60
3	2.207,00	1.685,38	521,61	361,12	160,49	58,50
4	6.117,00	5.530,49	586,50	482,45	104,05	28,37
5	2.886,00	2.317,87	568,12	444,61	123,50	44,76
6	8.691,00	8.329,99	361,00	183,84	177,16	20,05
7	7.708,00	7.387,41	320,58	208,92	111,66	37,82
8	1.315,00	911,86	403,13	277,52	125,61	27,75
9	2.399,00	1.823,78	575,21	396,80	178,40	24,60
10	1.157,00	901,74	255,65	88,26	167,39	24,34
11	1.999,00	1.665,89	333,10	190,77	142,32	31,79
12	4.557,00	4.120,29	436,70	310,12	126,58	34,80
13	2.001,00	782,28	1.218,71	1.051,30	167,40	17,92
14	2.311,00	2.064,03	246,96	98,15	148,81	17,41
15	3.525,00	2.742,45	782,54	607,92	174,61	14,55
16	2.367,00	1.711,31	655,68	486,16	169,51	23,98
17	2.797,00	2.188,92	608,07	486,46	121,61	31,92
18	4.651,00	4.262,12	388,87	263,06	125,81	36,21
19	11.465,00	10.290,82	1.174,17	1.025,23	148,93	38,09
Promedio :	4.071,63	3.447,95	623,74	476,76	146,97	30,49
% N.						
Total:	100,00	82,75	14,96	11,44	3,52	0,93

TABLA XII

Formas de Nitrógeno en los Subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo + Pradera + Bosque. Resultados en ppm.

Muestra	N Total	N Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico	N-NH ₄ Fijo	N-NH ₄ Intercambiable	N-NH ₃
1	3.090,00	2.038,27	1.051,72	840,78	210,93	16,33
2	2.246,00	1.664,46	581,53	483,65	97,88	23,03
3	905,00	120,35	784,64	653,87	130,77	23,47
4	4.617,00	4.129,89	487,10	265,69	221,41	20,55
5	637,00	142,44	494,55	377,25	117,29	31,70
6	3.721,00	3.236,92	484,07	396,34	87,73	66,56
7	6.124,00	5.125,19	998,80	755,67	243,13	1,64
8	2.758,00	2.194,61	563,38	278,76	284,62	10,26
9	1.151,00	761,82	389,17	199,66	189,51	1,08
10	1.051,00	550,13	500,86	349,36	151,49	2,76
11	1.175,00	826,21	348,78	110,14	238,64	69,36
12	4.279,00	3.765,40	513,59	383,72	129,87	29,51
13	1.670,00	498,22	1.171,77	1.045,80	125,96	21,97
14	2.637,00	1.591,89	1.045,10	933,01	112,09	49,45
15	3.412,00	2.942,20	469,79	342,82	126,97	26,98
16	1.147,00	202,33	944,66	803,84	140,82	13,20
17	2.608,00	2.101,08	506,91	404,36	102,55	23,54
18	1.487,00	978,23	508,76	409,65	99,11	49,55
19	4.062,00	3.043,24	1.018,75	898,89	119,85	34,95
Promedio						
dio : 2.567,21		1.890,15	677,04	522,80	154,24	27,15
% N.						
Total: 100,00		71,82	25,72	19,86	5,86	1,03

TABLA XIII

Contenido Máximo, Promedio y Mínimo en ppm. de las fracciones de Nitrógeno en los Suelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Fracciones	Máximo	Promedio	Mínimo
Nitrógeno Total	11.465,00	4.071,63	1.157,00
Nitrógeno Orgánico	10.290,82	3.447,95	782,28
Nitrógeno Inorgánico, N-NH ₄	1.867,90	623,74	246,96
Nitrógeno Fijo, N-NH ₄	1.742,76	476,76	88,26
Nitrógeno Intercambiable, N-NH ₄	193,46	146,97	104,05
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃	58,50	30,49	14,55

TABLA XIV

Contenido Máximo, Promedio y Mínimo en ppm. de las fracciones de Nitrógeno en los Subsuelos bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Fracciones	Máximo	Promedio	Mínimo
Nitrógeno Total	6.124,00	2.567,21	637,00
Nitrógeno Orgánico	5.125,19	1.890,15	120,35
Nitrógeno Inorgánico, N-NH ₄	1.171,77	677,04	348,78
Nitrógeno Fijo, N-NH ₄	1.045,80	522,80	110,14
Nitrógeno Intercambiable, N-NH ₄	284,62	154,24	87,73
Nitrógeno Amoniacal, N-NH ₃	69,36	27,15	1,08

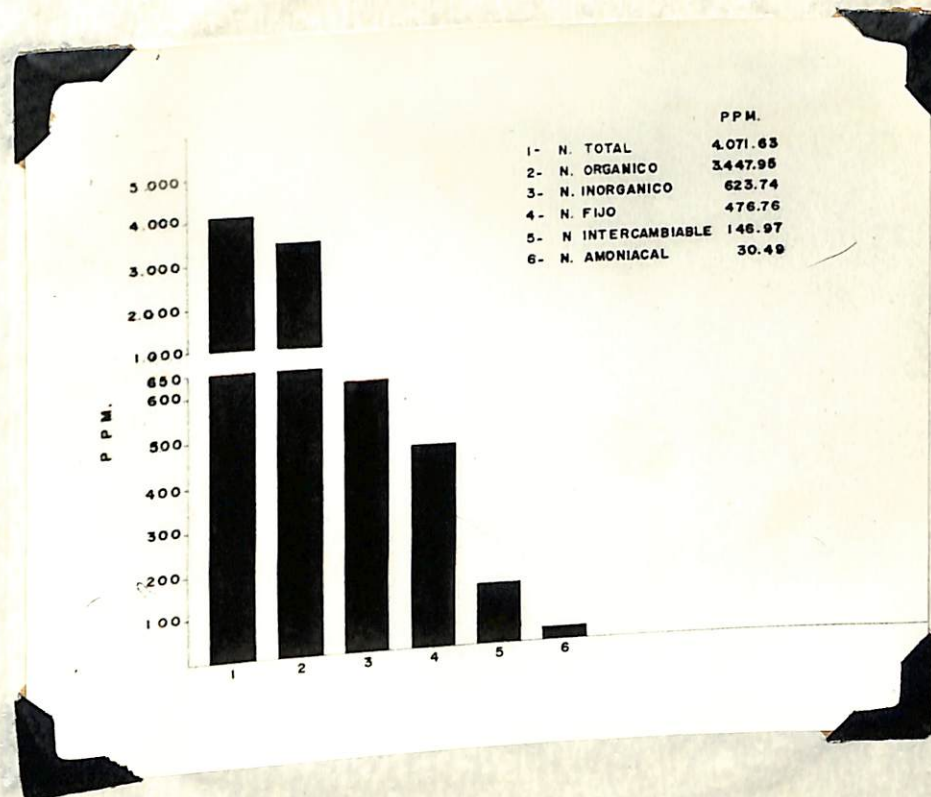


Figura 1. Contenido promedio (en p.p.m.) de las fracciones de nitrógeno en los suelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: Ar. Mosquera.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA E
PASTO - COLOMBIA
BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

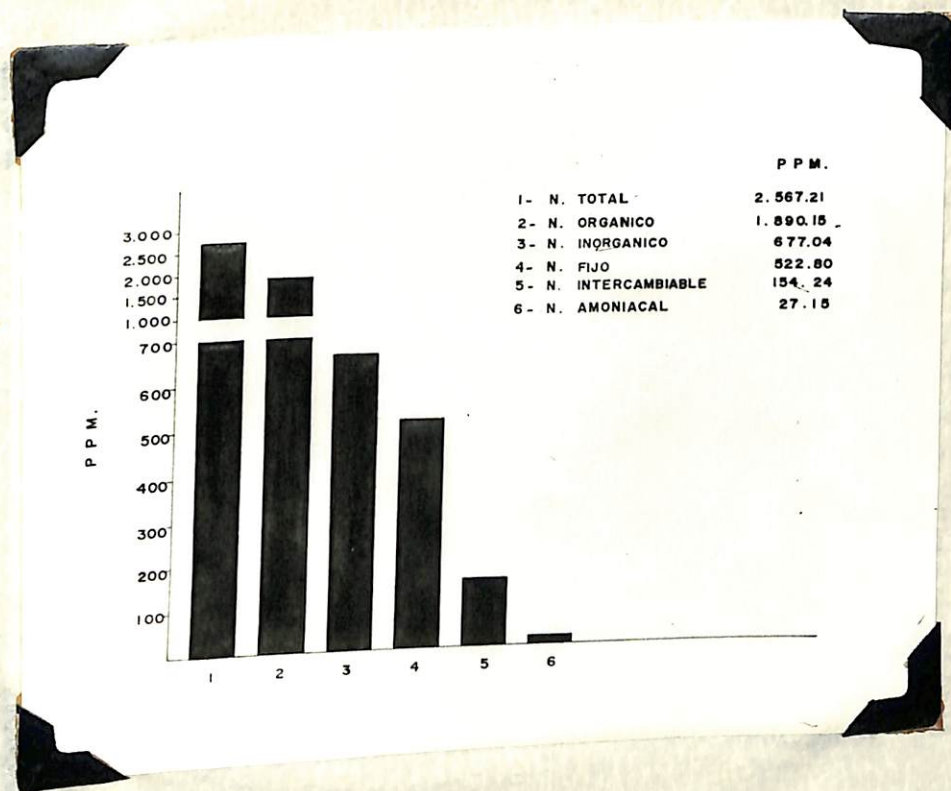


Figura 2. Contenido promedio (en p.p.m.) de las fracciones de nitrógeno en los subsue-
los bajo condiciones de cultivo, pra-
dera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

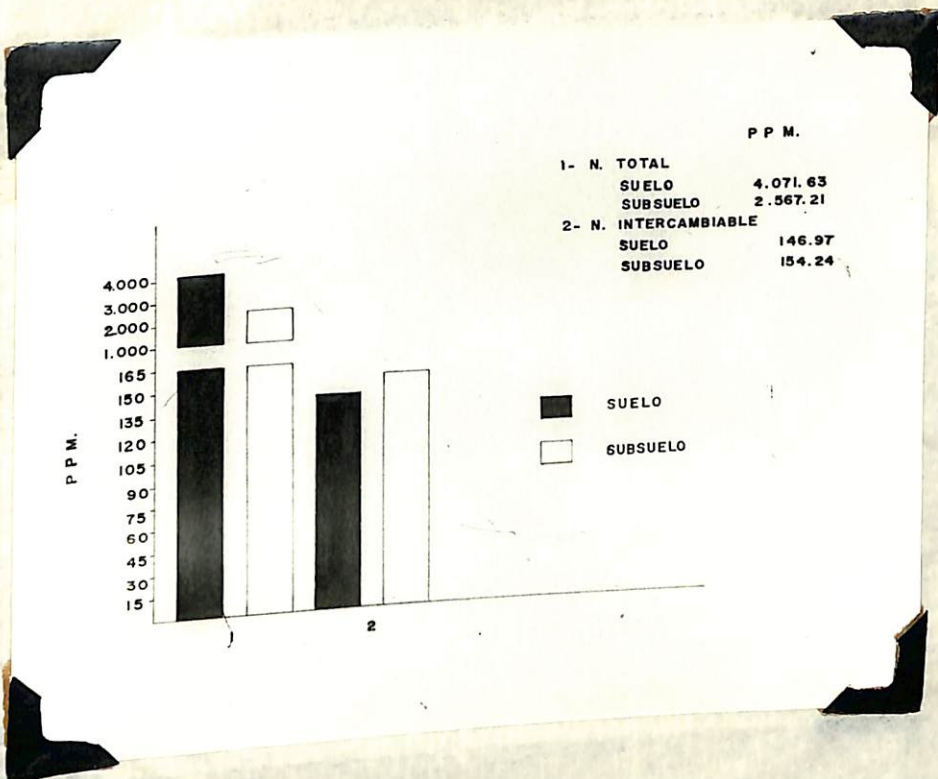


Figura 3. Comparación del contenido promedio (en p.p.m.) del nitrógeno total e intercambiable en suelos y subsuelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

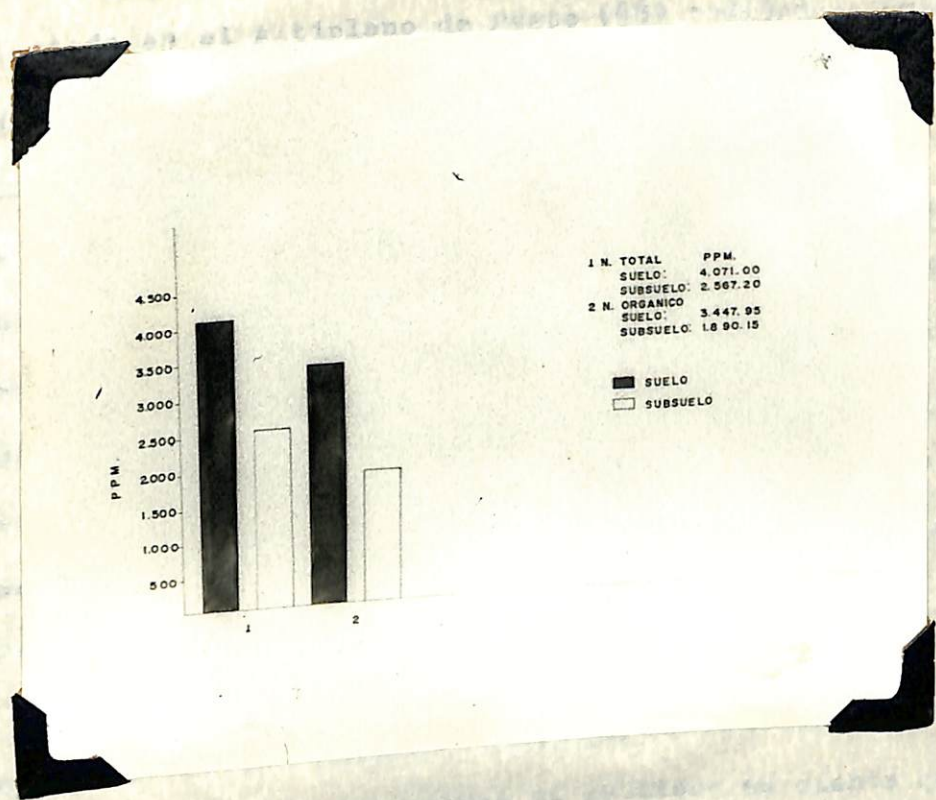


Figura 4. Comparación del contenido promedio (en p.p.m.) del nitrógeno total y nitrógeno orgánico en los suelos y subsuelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

ppm. con un máximo de 6.124,00 ppm. en Ipiiales Tres (cultivo) y un mínimo de 637,00 ppm. en Ipiiales Uno (pradera).

Los resultados demuestran que el nitrógeno total en regiones de clima frío registran concentración standar, similar a la detectada en el Altiplano de Pasto (48) pudiéndose catalogar como alta (0,4 %). Posiblemente, esta concentración de nitrógeno total se debe a los altos porcentajes de alofana en los suelos de origen volcánico que conservan la materia orgánica, manteniéndola en altas cantidades (Blasco, 14). Esta situación no se produce en los suelos de clima medio, investigados por Rose-ro (60) donde las concentraciones de nitrógeno total son menores debido tanto al diferente nivel de meteorización como a los cambios de temperatura que inciden en la disminución de la materia orgánica (Birch, 9).

En lo concerniente al nitrógeno total del subsuelo, esta concentración disminuye en un 50 % aproximadamente. Este resultado puede tomarse como normal si se tiene en cuenta que el nitrógeno total de los suelos disminuye al aumentar la profundidad del perfil (8, 14, 30, 60, 70). Las excepciones fueron: Ipiiales Dos, con 2.311,00 ppm. y 2.737,00 ppm. en el suelo y subsuelo, respectivamente, e Ipiiales Cuatro, con 1.315,00 ppm. en el suelo y 2.758,00 ppm. en el subsuelo, lo cual se podría explicar como una diferencia de horizontes producida por descomposiciones sucesivas de cenizas volcánicas (Molina, 48).

2.2. Nitrógeno Orgánico.

El resultado promedio de esta fracción en los -

suelos fué 3.447,95 ppm.; su máximo correspondió a Pupiales Siete (pradera) con 10.290,82 ppm. y la mínima concentración se encontró en Pupiales Uno (cultivo) con 782,28 ppm. Para el subsuelo, el promedio equivalió a 1.890,15 ppm. con un máximo en Ipiiales Tres (cultivo) de 5.125,19 ppm. y el contenido mínimo en Carlosama Uno (pradera) de 120,35 ppm.

Experimentalmente, el nitrógeno orgánico de acuerdo a algunos autores (Blasco, 14; Durán, 30; Tafur y Blasco, 70) disminuye con la profundidad, siendo diferente el resultado de este estudio en el promedio del subsuelo (1.890,15 ppm.), cuyo valor es aún alto, debido posiblemente a la presencia de alofana y sesquióxidos que actúan como retenedores de materia orgánica (Tokudome y Kanno, 74).

El porcentaje de Nitrógeno orgánico en suelos del Altiplano de Pasto (95 %) fué el más alto, en clima frío, con respecto al de la Sabana de Túquerres que representó el 91 % y al de la presente investigación (82,75%), lo cual se deba posiblemente a la formación de complejos proteino-montmorilloníticos, que según varios autores (Ensminger, 32; Linch et al., 45; Pinch et al., 53) implican una menor mineralización de la materia orgánica.

2.3. Nitrógeno Inorgánico.

En promedio, esta fracción representó para el suelo y subsuelo el 14,96 y 25,72 % del nitrógeno total, respectivamente, porcentajes que son similares a los reportados por otros autores (8, 14, 21, 30, 44, 48, 70). La concentración más alta para los suelos se halló en San Luis (cultivo) con 1.867,90 ppm. y

el nivel más bajo en Pupiales Uno (cultivo) con 246,90 ppm. Para el subsuelo, el valor más alto se encontró en Pupiales Uno (cultivo) 1.171,77 ppm. y el mínimo en Pupiales Siete (cultivo) 348,78 ppm.

La mayoría de los suelos mostraron un porcentaje de nitrógeno inorgánico similar al de los subsuelos. Posiblemente esta similitud se deba a la presencia de las tarakanitas que son, de acuerdo a Tamini et al. (71) complejos insolubles de amonio con sílice, hierro hidratado y fósforo, que retienen fácilmente el amonio. Lo anterior indicaría que la mayoría de las muestras analizadas fueron influenciadas por este complejo.

El promedio del nitrógeno inorgánico del presente trabajo (623,00 ppm.) es cinco veces mayor que el del Altiplano de Pasto (166,00 ppm.) y tres veces superior que el encontrado por Feuillet y Feuillet (35) en la Sabana de Túquerres (262,00 ppm.), no obstante que las condiciones del medio ambiente son similares en las tres investigaciones.

Es interesante anotar que las concentraciones mayores y las mínimas de nitrógeno inorgánico en las muestras se hallaron en zonas de cultivo, lo cual comprueba la opinión de Allison et al. (4) de que las pérdidas de nitrógeno en suelos cultivados son menores que en suelos desnudos. Es además factible lo que afirma Greenland (38) que en suelos tropicales cultivados se presentan más pérdidas por lixiviación.

2.4. Nitrógeno Intercambiable.

Para los suelos, el promedio de las cantidades de

nitrógeno intercambiable fué de 146,97 ppm. El máximo correspondió a Aldana (pradera) con 193,46 ppm. y el mínimo a Carlosama Dos (bosque) con 104,05 ppm.

El promedio en los subsuelos fué de 154,24 ppm. con una máxima concentración en Ipiales Cuatro (cultivo) de 284,62 ppm. y una mínima de 87,73 ppm. en el perfil de Ipiales Dos (cultivo).

Las concentraciones máxima y mínima en el suelo (193,46-104,05 ppm.) se pueden considerar aceptables, ya que sobrepasan las 75,00 ppm. consideradas como nivel crítico de nitrógeno intercambiable ("). Una comparación con los diversos trabajos efectuados en el Altiplano de Pasto, (Molina, 48), en suelos de clima medio (Rosero, 60) Llanura del Pacífico (Angulo et al., 6), Valle de Sibundoy (Bastidas et al., 8), demuestran una similitud de concentración. Lo anterior indica que la respuesta a aplicaciones de nitrógeno puede ser, posiblemente, regular.

Para el subsuelo, en condiciones de cultivo, la concentración osciló entre 284,62 y 87,73 ppm., mayor que en los suelos. Este resultado puede ser explicado por la lixiviación que presenta esta forma de nitrógeno. Se sabe que tanto el $N-NH_4$ como el NO_3 , que son los iones más asequibles por la planta, en condiciones de buen drenaje y precipitación, pueden ser trasladados fácilmente a horizontes inferiores (Blasco, 14).

Aunque algunas investigaciones, como la de Rosero (60), presentan mayores valores promedios de nitrógeno intercambiable en condiciones de bosque (152,00), en el presente caso se encon-

(") Comunicación personal del Dr. Joaquín Gamboa, I. A. M. Sc.

traron en condiciones de cultivo, tanto en el suelo como en el subsuelo. La explicación de lo anterior se podría basar en las condiciones ecológicas; en clima medio la erosión hídrica afecta el horizonte superficial, siendo mayores las pérdidas del $N-NH_4^+$. inter cambiabile, no así en condiciones de bosque en donde el suelo está permanentemente defendido de la acción de la lluvia, ya sea por las copas de los árboles o por la hojarasca que cubre el suelo. Pa ra las condiciones del Altiplano de Ipiales donde la topografía ge neralmente es ondulada, las pérdidas por erosión, en condiciones de cultivo, pueden ser relativamente menores, lo mismo que en condi ciones de bosque.

Si se compara con otras investigaciones efectuadas sobre suelos de diferentes regiones de Colombia, como valle del Cesar (70), Guajira (30), Valle del Cauca (14), se observa que los valores detectados en la presente investigación son menores. Es probable que esta concentración esté influenciada por factores de índo le biológica o física, en los primeros se podría presentar una ba ja mineralización o también procesos de reducción, en el segundo caso fenómenos de lixiviación. Por otra parte, la presencia de alo fana tan común en estos suelos, podría incidir en una lenta minera lización.

2.5. Nitrógeno Nativo Fijo.

En el suelo se presentó un promedio de 476,76 ppm. para las 19 muestras con un máximo de 1.742,76 ppm. en San Luis (cultivo) y una mínima concentración en Ipiales Seis (cultivo) de 88,26 ppm. Al subsuelo correspondió un promedio de 522,80 ppm. La

concentración máxima se limitó a 1.045,80 ppm. en Pupiales Uno (cultivo) y la mínima 110,14 ppm. en Ipiales Siete (cultivo). Todos los valores extremos fueron detectados en cultivos, lo cual indica una factible presencia de arcillas del tipo 2:1 (illita, vermiculita, montmorillonita) que como lo expresan varios autores (Allison y Doetsch, 4; Blasco y Cornfield, 15; Hanway y Scott, 40) tienen la característica de retener el NH_4 dentro de su interfase. En las partes donde la concentración fué baja es probable que predomine la caolinita sobre las arcillas anteriormente mencionadas.

Es radical la diferencia entre los valores máximos adquiridos en clima frío en el departamento de Nariño, por Molina (48) en el Altiplano de Pasto (208,00 ppm.), Feuillet y Feuillet (35) en la Sabana de Túquerres (291,00 ppm.) y los del presente trabajo (1.742,00 ppm.). Sobre este valor se puede indicar que la mayoría de la concentración del nitrógeno inorgánico (1.867,90 ppm.) está fijado como N-NH_4 fijo.

Llama la atención que las muestras Aldana, Carlosama Uno, Ipiales Dos, Ipiales Tres, Ipiales Seis, Ipiales Ocho, Pupiales Uno, Pupiales Dos, Pupiales Cuatro y Pupiales Seis, presenten un mayor nivel en la concentración del nitrógeno nativo fijo a medida que aumenta la profundidad del perfil del suelo. Lo anterior concuerda con las investigaciones efectuadas por Aomine (7), Walsh (78) y Rodriguez (59) teniendo en cuenta que la concentración de arcillas en muchos casos aumenta con la profundidad.

2.6. Nitrógeno Amoniacal.

El promedio para el nitrógeno amoniacal en los sue-

los fué de 30,49 ppm. y en el subsuelo 27,15 ppm.; el valor máximo para el suelo se halló en Carlosama Uno (pradera) y en el subsuelo en Ipiiales Siete (cultivo) con 58,50 ppm. y 69,36 ppm., respectivamente. Los mínimos valores reportaron 14,55 ppm. en Pupiales Tres (pradera) para el suelo y 1,08 ppm. en Ipiiales Cinco (cultivo) para el subsuelo.

Es de anotar que el nitrógeno amoniacal tuvo solo como concentraciones máximas o mínimas los perfiles tomados en cultivos o pradera, excluyéndose de estos extremos los de bosque, ya que según Vlassak (76), la nitrificación en cultivo o pradera es rápida y en bosque la mayor parte del nitrógeno mineralizado es amoniacal.

Por otra parte, la concentración promedio del nitrógeno amoniacal en los suelos estudiados fué alta (0,93 %) respecto a las reportadas en el Altiplano de Pasto (48) que oscilaron entre 0,19 % (bosque) y 0,41 % (pradera), lo cual indica que los suelos del Altiplano de Ipiiales tienen un contenido bastante adecuado de nitrógeno amoniacal, y una buena nitrificación, semejante a las formas amoniacales determinadas por Rosero (60) en suelos de clima medio. Similares deducciones se pueden aplicar a los subsuelos en el fraccionamiento del nitrógeno amoniacal.

2.7. Resultados Estadísticos.

Al efectuar análisis de regresión y correlación entre el nitrógeno total y el nitrógeno intercambiable, se encontró que no hay correlación significativa entre estas dos variables en suelos y subsuelos (Figuras 5-6). Estos resultados concuerdan con

los obtenidos por Molina (48), Rosero (60), Angulo et al. (6), Matta y Palacios (46), confirmando el concepto de que la determinación del nitrógeno total no es un buen índice de la cantidad de nitrógeno aprovechable.

En las Figuras 7 y 8 se presenta la relación existente entre el nitrógeno total y el nitrógeno orgánico en suelos y subsuelos. Los coeficientes indican que hay una correlación altamente significativa entre estas dos variables, tanto en suelos como en subsuelos.

Los porcentajes de Asociación (98,7 y 96,6 %) para el suelo y subsuelo respectivamente, están indicando que la fracción orgánica contribuyó en un alto porcentaje en la presencia del nitrógeno total, correspondiéndole 1,3 y 3,4 % a la influencia de la fracción inorgánica.

TABLA XV

RESUMEN DE LAS RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE: N. TOTAL
Y N. INTERCAMBIABLE EN SUELOS Y SUBSUELOS DE CULTIVO, PRADERA Y BOSQUE.

	Línea de Regresión	"r" Obtenido	"r" Tabulado	G.L.
			$\frac{5\%}{1\%}$	
SUELO :				
Cultivo + Pradera	$Y = 187,68 - 0,01 X$	-0,2305 NS	0,4555	0,5751 17
+ Bosque.				
SUBSUELO:				
Cultivo + Pradera	$Y = 0,009 X + 131,14$	0,3842 NS	0,4555	0,5751 17
+ Bosque.				

NS = No Significativo.

TABLA XVI

RESUMEN DE LAS RELACIONES ESTADISTICAS ENTRE: N. TOTA L
Y N. ORGANICO EN SUELOS Y SUBSUELOS DE CULTIVO, PRADERA Y BOSQUE.

	Línea de Regresión	"r" Obtenido	"r" Tabulado $\frac{5\%}{1\%}$	G.L.
SUELO :				
Cultivo + Pradera + Bosque.	$Y = 0,96 X - 460,81$	0,9929 ⁺⁺	0,4555	0,5751 17
SUBSUELO:				
Cultivo + Pradera + Bosque.	$Y = 0,96 X - 574,36$	0,9830 ⁺⁺	0,4555	0,5751 17

++ = Altamente Significativo.

TABLA XVII

Relación entre los coeficientes de correlación (r) y los porcentajes de asociación en los suelos y subsuelos estudiados bajo condiciones de Cultivo, Pradera y Bosque.

Prof.	Fracciones	r	r ² %
A.	N. Total - N. Intercambiable	-0,2305	0,5
B.	N. Total - N. Intercambiable	0,3842	14,7
A.	N. Total - N. Orgánico	0,9939	98,7
B.	N. Total - N. Orgánico	0,9830	96,6

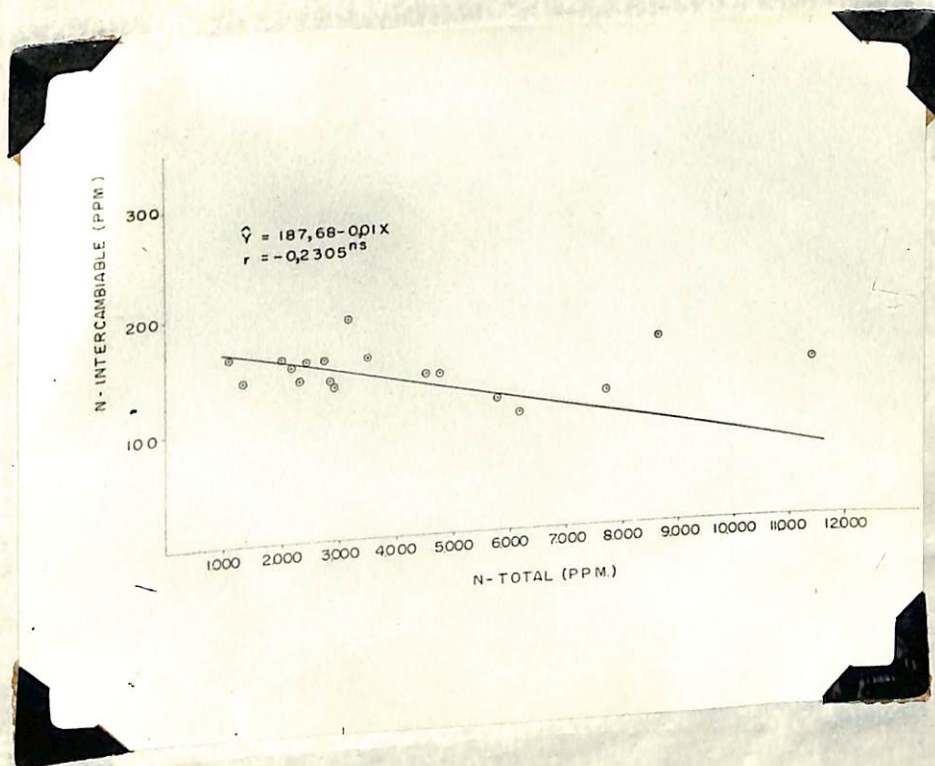


Figura 5. Relación de las fracciones de nitrógeno total e intercambiable en los suelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

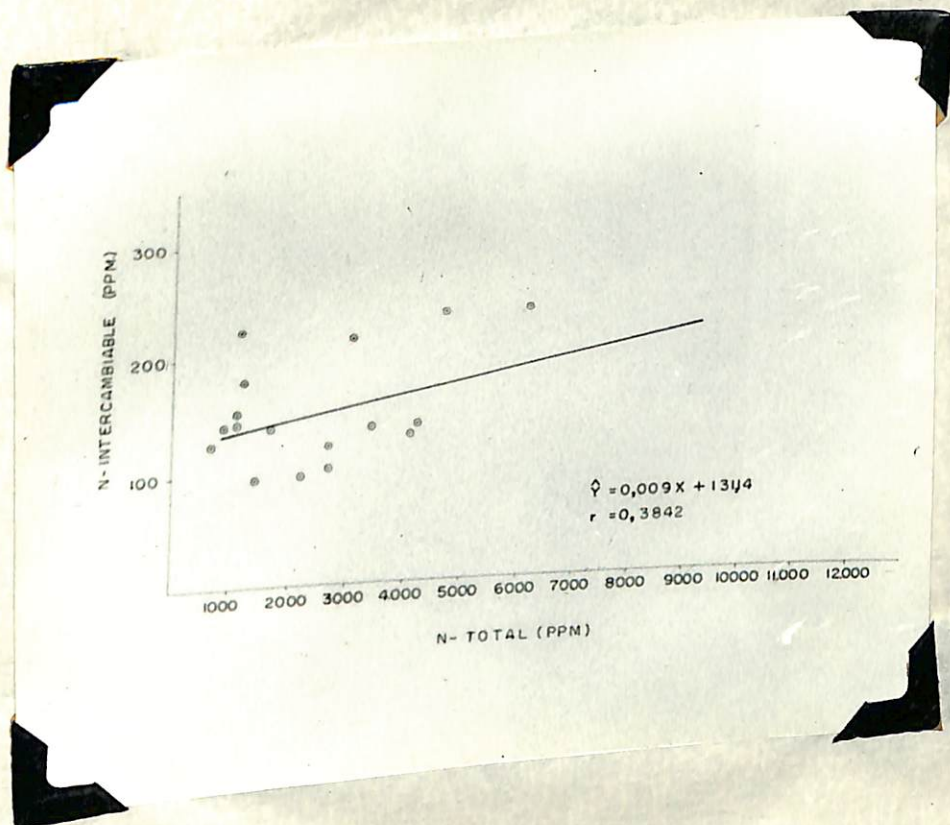


Figura 6. Relación de las formas de nitrógeno total e intercambiable en los suelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

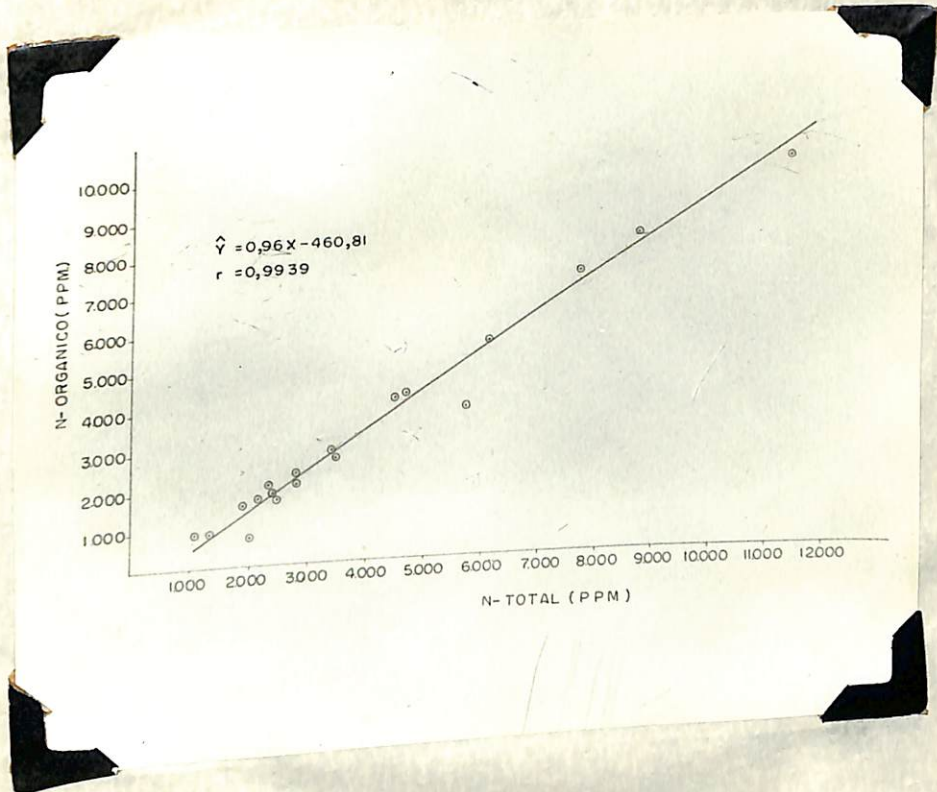


Figura 7. Relación de las fracciones de nitrógeno total y orgánico en los suelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.
Foto: A. Mosquera.

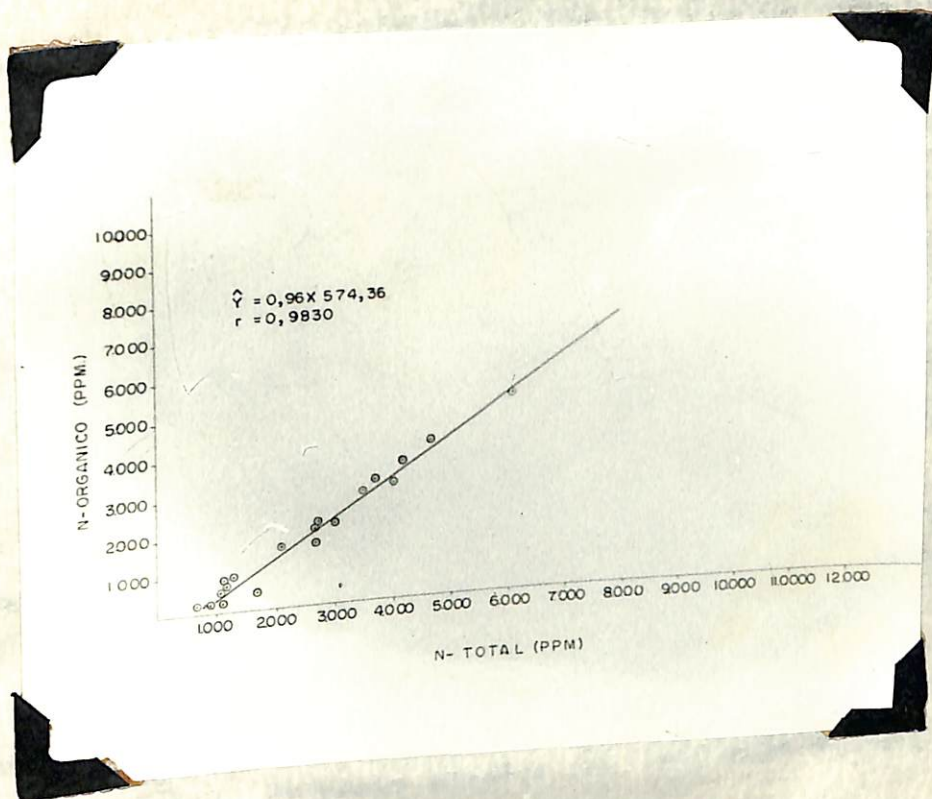


Figura 8. Relación de las fracciones de nitrógeno total y orgánico en los subsuelos bajo condiciones de cultivo, pradera y bosque.

Foto: A. Mosquera.

V. CONCLUSIONES.

1. Los suelos del Altiplano de Ipiales presentan un alto porcentaje de nitrógeno total.
2. Las diferentes fracciones reportan el siguiente orden de predominancia: nitrógeno orgánico > nitrógeno inorgánico > nitrógeno nativo fijo > nitrógeno intercambiable > nitrógeno amoniacal.
3. Los subsuelos presentaron una concentración de nitrógeno mayor que las detectadas en otras regiones con características ecológicas y cultivos muy similares.
4. La fracción inorgánica registró una similitud de concentración tanto en el suelo como en el subsuelo.
5. El nitrógeno intercambiable se puede considerar como aceptable. Se puede esperar una respuesta mediana a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.
6. Los resultados del nitrógeno nativo fijo demuestran un posible predominio de las arcillas del tipo 2:1 sobre las de 1:1.
7. Los procesos de mineralización se pueden catalogar como medianos.

VI RESUMEN.

En la presente investigación se analizaron algunos suelos volcánicos correspondientes al Altiplano de Ipiales (Nariño, S. O. de Colombia), con una temperatura media aproximada de 11 a 13° C. y un piso térmico entre 2.900 a 3.200 metros sobre el nivel del mar.

El contenido de N- Total en los suelos analizados es alto en promedio, 4.071,00 ppm. en los suelos y 2.567,21 ppm. en los subsuelos. El resultado promedio del nitrógeno orgánico en la primera capa fué 3.447,95 ppm., y en la segunda 1.890,15 ppm.

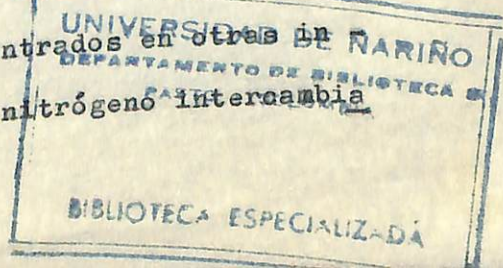
El promedio de N-NH₄ inorgánico total, de este trabajo fué de 623,74 ppm. para el primer horizonte y de 677,04 ppm. para el segundo horizonte. Las cantidades de N-NH₄ intercambiable, en promedio para los suelos fueron: 146,97 ppm. y en los subsuelos 154,24 ppm.

El nitrógeno nativo fijo en el primer horizonte presentó un promedio de 476,76 ppm. para 19 muestras. Para el subsuelo correspondió un promedio de 522,80 ppm.

El nitrógeno amoniacal tuvo como valores promedios, en el suelo 30,49 ppm. y en el subsuelo 27,15 ppm.

Ninguna correlación estadística se halló entre el nitrógeno total y el N-NH₄ intercambiable.

En general, el nitrógeno total fue alto en promedio, el inorgánico muy similar a los datos encontrados en otras investigaciones de suelos nariñenses. El nitrógeno intercambiable



ble se puede considerar aceptable; siendo los procesos de mineralización medianos.

In the present investigation we analyzed some volcanic soils corresponding to the highplateau of Ipiales (Nariño, South-East of Colombia), with an average temperature of about 13.5 °C, and the thermal floor of about between 2,000 and 3,000 meters above sea level.

The total contents of nitrogen in the analyzed soils is in the average high, 4,071.00 ppm in the soils and 3,367.21 ppm in the sub-soils. The average result of the organic nitrogen in the first layer was 3,447.95 ppm and in the second one 1,890.43 ppm.

The average of the inorganic total of N-Ni₂ for the soils in average was 1,623.07 ppm and in the sub-soils 1,476.74 ppm.

The organic fixed nitrogen in the first layer was 3,447.95 ppm and in the sub-soils 1,890.43 ppm. The average of the inorganic total of N-Ni₂ for the soils in average was 1,623.07 ppm and in the sub-soils 1,476.74 ppm.

The available nitrogen and its average values 30.49 ppm in the soils and 27.15 in the sub-soils.

No statistical correlation was found between the total nitrogen and the interconvertible N-Ni₂.

In general, the total contents of nitrogen was high in the average, the inorganic total, similar to the calculation found in other volcanic soils of highland soils. The interconvertible nitrogen is considered acceptable, being the process of mineralization median.

SUMMARY.

In the present investigation were analyzed some volcanic soils corresponding to the high-plateau of Ipiiales (Nariño, South-West of Colombia), with an average temperature of about 11 - 13° C. and the thermic floor of about between 2.900 and 3.200 meters above sea level.

The total contents of nitrogen in the analyzed soils is in the average high, 4.071,00 ppm. in the soils and 2.567,21 ppm. in the sub-soils. The average result of the organic nitrogen in the first layer was 3.447,95 ppm. and in the second one 1.890,15 ppm.

The average of the inorganic total of $N-NH_4$ for the soils in average were: 146,97 ppm. and in the sub-soils 154,24 ppm.

The native fixed nitrogen in the first horizon showed an average of 476,76 ppm. in 19 samples. For the sub-soils corresponded an average of 522,80 ppm.

The amoniacal nitrogen had as average values 30,49 ppm. in the soils and 27,15 in the sub-soils.

No statistical correlation was found between the total nitrogen and the interchangeable $N-NH_4$.

In general, the total contents of nitrogen was high in the average, the inorganic very similar to the calculation found in other investigations of nariñenses soils. The interchangeable nitrogen is considered acceptable; being the processes of medium mineralization.

VII BIBLIOGRAFIA.

1. ADAMS, A. P., V. W. BARTHOLOMEW and F. E. CLARK. Measurement of nucleic acid components in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18: 40-46. 1954.
2. ADAMS, R. and F. J. STEVENSON. Ammonium sorption and release from rocks and minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 345-351. 1964.
3. ALEXANDER, M. Introduction to soil microbiology. New York, J. Wiley. 1964. 472 p.
4. ALLISON, F. E., J. H. DOETSCH and E. M. ROLLER. Ammonium fixation and availability in harpester clay leam. Soil Sci. Soc. Amer. 75: 173-200. 1951.
5. ALLISON, F. E., M. KEFAUVER and E. M. ROLLER. Ammonium fixation in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 17: 107-110. 1953.
6. ANGULO, R. N., L. R. NAVAS y A. VILLAMIL. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño, llanura del Pacífico. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1970. 116 p. (Mecanografiada).
7. AOMINE, S. The fixation of ammonium in soils. I. Ammonium fixation of some soils in Southeastern provinces of Japan. 23: 83-87. 1951. (Original no consultado; compendiado en

Abs. Soils and Fertilizers. 15: 1952).

8. BASTIDAS, O., A. CAICEDO y F. ROMO. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio, en los suelos del Valle de Sibundoy. Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Nariño. 1970. 203 p. (Mecanografiada).
9. BIRCH, H. F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil* 10 (1): 9-13. 1958.
10. _____ . Further observations in humus decomposition and nitrification. *Plant and Soil* 11 (3): 262-286. 1959.
11. _____ . Simultaneous decomposition processes in soil. *Nature* 183: 1415. 1959.
12. _____ . Nitrification in soil after different periods of dryness. *Plant and Soil* 12 (1): 81-96. 1960.
13. _____ . Mineralization of plant nitrogen following alternate wet and dry conditions. *Plant and Soil* 20 (1): 43-49. 1964.
14. BLASCO, M. Studies of some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Ph. D. Thesis. London. University of London. 1966. 311 p. (Mimeografiada).
15. BLASCO, M. and A. H. CORNFIELD. Effects of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralizing

- characteristic of the Colombian soils. *Geoderma* 1 (1): 19-25. 1967.
16. BONNER, J. y A. W. GALSTON. *Principios de Fisiología Vegetal*. Madrid, Aguilar. 1950. 845 p.
17. BOUYOUCOS, G. H. A comparison between the pippete method and hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Soil Sci.* 38: 335-343. 1943.
18. BREMNER, J. M. The amino-acid composition of the protein material in soil. *Biochem. Jour.* 47: 538-542. 1950.
19. _____ . Amino-acids in soil. *Nature* 165: 367. 1951.
20. _____ . The nature of soil nitrogen complexes. *Jour. Sci. Food Agric.* 3: 497-500. 1952.
21. _____ and K. SHAW. Studies on the estimation and descomposition of amino sugars in the soil. *Jour. Agric. Sci.* 44: 152-159. 1955.
22. _____ . Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. *Jour. Agric. Sci.* 55: 11-33. 1960.
23. BUCKMAN, H. y N. C. BRADY. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Trad. del inglés por R. S. Barceló. México. Unión Tipográfica. Ed. Hispano Americana. 1965. 590 p.
24. CATALINA, L. El vanadio y la reducción de nitratos en las plantas. *Anales de Edafología y Agrobiología*. (Madrid) 25 (11-12): 611-760. 1966.

25. COLOMBIA. Atlas de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. Lit. Arco. 1967. 263 p.
26. CORNFIELD, A. H. Laboratory manual agricultural chemistry. Imperial College. London University. 1966. 75 p.
27. DHAR, N. R. Sustancias orgánicas y fosfatos cálcicos utilizados para aumentar la fertilidad. Anales de Edafología y Fisiología Vegetal. (Madrid) 13 (2): 418-462. 1959.
28. DULCE, A. J. y M. SANTACRUZ. Propiedades físicas de algunos suelos del Altiplano de Ipiiales. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 1971. 70 p. (Mecanografiada).
29. DULCE, H. G. y G. NARVAEZ. Síntesis geográfica, económica y administrativa del Departamento de Nariño. Pasto, Colombia. Imprenta del Departamento. 1967. 275 p.
30. DURAN, N. Principales características químicas de los suelos de la región algodonera del sur de la Guajira. Tesis Ing. Agr. Palmira, Colombia. Fac. Agr. Universidad Nacional. 1968. 75 p. (Mimeografiada).
31. EKPETE, D. N. and A. H. CORNFIELD. Effects of varying static and changing moisture contents during incubation on ammonia and nitrate levels in soils. Jour. Agric. Sci. 66: 205-209. 1942.
32. ENSMINGER, L. and H. GIESEKING. Resistance of clay adsor -

bed proteins to proteolytic hydrolysis. Soil Sci. 53: 205

-209. 1942.

33. ESCOBAR, H. y B. MARTINEZ. Efecto de las adiciones de calcio y celulosa sobre la amonificación y nitrificación de los suelos del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 1970. 72 p. (Mecanografiada).

34. FASSBENDER, H. W. Química de suelos. IICA, Turrialba. 1969. 266 p.

35. FEUILLET B., C. y A. FEUILLET S. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Túquerres bajo condiciones de pradera. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 1971. 109 p. (Mecanografiada).

36. FISHER, R. y F. YATES. Tablas estadísticas para investigadores científicos. Trad. del inglés por Juan Ruiz y Juan J. Ruiz. 3a ed. Madrid, Aguilar. 1963. 131 p.

37. GONZALES, G. Estudio del fósforo en suelos del Altiplano de Ipiiales. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño. 1971. 75 p. (Mecanografiada).

38. GREENLAND, D. J. Nitrogen gains and losses in tropical soils. Proc., 3th. Soils Conf. Ghana. v.1. p. 531-535. 1959. (Original no consultado; compendiado en Soils and Fertilizers)

37. zers 25 (1): 10. 1961).
39. HAGENZIEKER, F. Soil nitrogen studies at Urambo, Tanganyika territory, East Africa. *Plant and Soil* 9 (2): 97-113. 1957.
40. HANWAY, J. H. and A. B. SCOTT. Ammonium Fixation and release in certain Iowa soils. *Soil Sci.* 82: 379-386. 1956.
41. JACKSON, M. L. Soil chemical analysis. 2nd. ed. New York, Prentice Hall. 1960. 498 p.
42. JAIYEBO, E. O. and A. W. MOORE. Soil nitrogen accretion under different covers in a tropical rain-forest environment. *Nature* 197: 317-318. 1963.
43. JENNY, H. Causes of the high nitrogen and organic matter content of certain tropical forest soils. *Soil Sci.* 69 (1): 63-69. 1950.
44. KONONOVA, M. M. Soil organic matter. 2nd. ed. Oxford, Pergamon Press. 1966. 544 p.
45. LINCH, D. L. and COTNOIR Jr., L. J. The influence of clay minerals on the breakdown of certain organic substrats. *Soil Sci. Amer. Proc.* 20: 367-370. 1956.
46. MATTA, I. A. y J. PALACIOS. Estudio del nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1970. 148 p. (Mecanografiada).

47. MITRA, S. P. y H. SHANKER. Estudio acerca de la influencia de diferentes materiales orgánicos sobre el nivel de nitrógeno y pH de los suelos alcalinos. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. (Madrid). 16 (9-10): 971-981. 1957.
48. MOLINA, C. Estudio sobre algunos aspectos del nitrógeno en los suelos del Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1969. 68 p. (Mimeografiada).
49. MOORE, A. W. Nitrogen fixation in latosolic soil under grass. *Plant and Soil* 19 (1): 127-138. 1963.
50. MORA, E. y L. LEGARDA. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Nariño relacionadas con las formas ecológicas. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1969. 179 p. (Mecanografiada).
51. MUNSELL. Soil color chart. Baltimore, Munsell Color. 1945. (Sin paginación).
52. NUTMAN, P. S. Symbiotic nitrogen fixation. In Bartholomew, W. E. and E. F. Clark, eds. Soil nitrogen. Amer. Soc. Agr. Agronomy Series No 10. 1965. 615 p.
53. PINCK, L. A., R. S. DYAL and F. E. ALLISON. Protein-montmorillonitic complexes, their preparation and the effect of soil microorganisms on their decomposition. *Soil Sci.* 78: 109-118. 1954.

54. RAO, G. G. and N. R. DHAR. Photosensitized oxidation of ammonia and ammonium salts and the problem of nitrification in soils. *Soil Sci.* 31: 379-384. 1931.
55. _____ . Newer aspects of nitrification I. *Soil Sci.* 38 (2): 143-158. 1934.
56. RANKAMA, K. y G. SAHAMA. *Geoquímica*. Aguilar, Madrid. 862 p. 1954.
57. RHAI, M. M. El efecto de dosis crecientes de sulfato amónico y materia orgánica en la pérdida de nitrógeno. *Anales de Edafología y Fisiología Vegetal*. (Madrid) 3 (2): 693-699. 1959.
58. ROBINSON, D. B. Nitrogen studies in a coffee soil. I. Seasonal trends of natural soil nitrate and ammonia in relation to crop, growth, soil moisture and rainfall. *Journ. Agr. Sci.* 55: 333-338. 1960.
59. RODRIGUEZ, G. Fixed ammonia in tropical soils. *Journ. Soil Sci.* 5 (2): 264-274. 1964.
60. ROSERO, C. E. Fraccionamiento de nitrógeno en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. Instituto Tecnológico Agrícola, Universidad de Nariño. 1970. 90 p. (Mecanografiada).
61. RUSSELL, E. J. and N. SMITH. On the question whether nitrates or nitrates are produced by non-bacterial processes in the soil. *Journ. Agr. Sci.* 1: 444-453. 1906.

62. SCHOLLENBERGER, D. J. and M. SIMON. Determination of cation exchange properties of soil by ammonium acetate method. Soil Sci. 59: 14. 1945.
63. SEN, A. and N. B. PAUL. Changes in nitrogen and organic matter contents of soil associated with the growth of some summer wild legumes. Ind. Journ. Agric. Sci. 29 (2-3): 140-146. 1959.
64. SINGH, B. R. and B. KANEHIRO. Adsorption of nitrate in amorphous and kaolinitic Hawaiian soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33 (5): 681-683. 1969.
65. SILVA, F. et al. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 2a ed. Bogotá, Agustín Codazzi. 1964. 183 p.
66. SIMPSON, J. R. The mechanism of surface nitrate accumulation on a bare fallow soil in Uganda. Journ. Soil Sci. 11 (1): 45-60. 1960.
67. STEPHENS, D. Upward movement of nitrate in a bare soil in Uganda. Journ. Soil Sci. 13 (1): 52-59. 1952.
68. STEVENSON, F. J. Distribution of the forms of nitrogen in some profiles. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21: 283-287. 1957.
69. _____ . Origin and distribution of nitrogen in soil. In Bartholomew, W. E. and E. F. Clark, eds. Soil nitrogen. Amer. Soc. Agr. Series No 10. 1965. 615 p.

70. TAFUR, N. y M. BLASCO. El nitrógeno en los suelos del Valle del Cesar. *Acta Agronómica*. 18: 7-16. 1968.
71. TAMINI, Y. N., K. KANEHIRO, and G. SHERMAN. Ammonium fixation in amorphous Hawaiian soils. *Soil Sci.* 95: 426-430. 1963.
72. TANDON, S. P. and N. R. DHAR. Influence of temperature on bacterial nitrification in tropical countries. *Soil Sci.* 38: 183-199. 1934.
73. THORNTON, I. Nutrient content of rainwater in the Gambia. *Nature* 205: 1205. 1965.
74. TOKUDOME, S. and I. KANNO. Nature of the humus himic allophane soil in Japan. II. Some physico-chemical properties of humic and fulvic acids. *Soil Sci. and. Plant Nutrition.* 11 (5): 1-8. 1965.
75. VISSER, S. A. Origin of nitrates in tropical rainwater. *Nature* 201: 35-36. 1964.
76. VLASSAK, K. Total soil nitrogen and nitrogen mineralization. *Plant and Soil* 32: 27-32. 1970.
77. WALKLEY, A. and I. BLACK. An examination of the Degtjarev method for determining soil organic matter and proposed modification on the chromic acid nitration method. *Soil Sci.* 37: 29-38. 1934.
78. WALSH, L. M. and K. T. MURDOCK. Native ammonium and fixation -

tion of applied ammonium in several Wisconsin soils. Soil
Sci. 89: 183-193. 1960.

REVISED

APENDICE.

100,000	100,000
200,000	200,000
300,000	300,000
400,000	400,000
500,000	500,000
600,000	600,000
700,000	700,000
800,000	800,000
900,000	900,000
1,000,000	1,000,000
1,100,000	1,100,000
1,200,000	1,200,000
1,300,000	1,300,000
1,400,000	1,400,000
1,500,000	1,500,000
1,600,000	1,600,000
1,700,000	1,700,000
1,800,000	1,800,000
1,900,000	1,900,000
2,000,000	2,000,000
2,100,000	2,100,000
2,200,000	2,200,000
2,300,000	2,300,000
2,400,000	2,400,000
2,500,000	2,500,000
2,600,000	2,600,000
2,700,000	2,700,000
2,800,000	2,800,000
2,900,000	2,900,000
3,000,000	3,000,000
3,100,000	3,100,000
3,200,000	3,200,000
3,300,000	3,300,000
3,400,000	3,400,000
3,500,000	3,500,000
3,600,000	3,600,000
3,700,000	3,700,000
3,800,000	3,800,000
3,900,000	3,900,000
4,000,000	4,000,000
4,100,000	4,100,000
4,200,000	4,200,000
4,300,000	4,300,000
4,400,000	4,400,000
4,500,000	4,500,000
4,600,000	4,600,000
4,700,000	4,700,000
4,800,000	4,800,000
4,900,000	4,900,000
5,000,000	5,000,000
5,100,000	5,100,000
5,200,000	5,200,000
5,300,000	5,300,000
5,400,000	5,400,000
5,500,000	5,500,000
5,600,000	5,600,000
5,700,000	5,700,000
5,800,000	5,800,000
5,900,000	5,900,000
6,000,000	6,000,000
6,100,000	6,100,000
6,200,000	6,200,000
6,300,000	6,300,000
6,400,000	6,400,000
6,500,000	6,500,000
6,600,000	6,600,000
6,700,000	6,700,000
6,800,000	6,800,000
6,900,000	6,900,000
7,000,000	7,000,000
7,100,000	7,100,000
7,200,000	7,200,000
7,300,000	7,300,000
7,400,000	7,400,000
7,500,000	7,500,000
7,600,000	7,600,000
7,700,000	7,700,000
7,800,000	7,800,000
7,900,000	7,900,000
8,000,000	8,000,000
8,100,000	8,100,000
8,200,000	8,200,000
8,300,000	8,300,000
8,400,000	8,400,000
8,500,000	8,500,000
8,600,000	8,600,000
8,700,000	8,700,000
8,800,000	8,800,000
8,900,000	8,900,000
9,000,000	9,000,000
9,100,000	9,100,000
9,200,000	9,200,000
9,300,000	9,300,000
9,400,000	9,400,000
9,500,000	9,500,000
9,600,000	9,600,000
9,700,000	9,700,000
9,800,000	9,800,000
9,900,000	9,900,000
10,000,000	10,000,000

7 114,97

17 17,4,5.
18 17,4,5.

TABLA I

RELACION : N. TOTAL - N. INTERCAMBIABLE
EN SUELOS DE CULTIVO + PRADERA + BOSQUE.

N. TOTAL X ppm.	N. INTERCAMBIABLE Y ppm.	XY	X ²	Y ²
3.439	193,46	665.308,94	11.826.721	37.426,77
5.769	125,13	721.874,97	33.281.361	15.657,51
2.207	160,49	354.201,43	4.870.849	25.757,04
6.117	104,05	636.473,85	37.417.689	10.826,40
2.886	123,50	356.421,00	8.328.996	15.252,25
8.691	177,16	153.969,75	75.533.481	31.385,66
7.708	111,66	860.675,28	59.413.264	12.467,95
1.315	125,61	165.177,15	1.729.225	15.777,87
2.399	178,40	427.981,60	5.755.201	31.826,56
1.157	167,39	193.670,23	1.338.649	28.019,41
1.999	142,32	259.121,75	3.996.001	20.254,98
4.557	126,58	576.825,06	20.766.249	16.022,49
2.001	167,40	334.984,00	4.004.001	28.022,76
2.311	148,81	343.902,45	5.340.721	22.144,41
3.525	174,61	615.500,25	12.425.625	30.488,65
2.367	169,51	401.230,17	5.602.689	28.733,64
2.797	121,61	340.143,17	7.823.209	14.788,99
4.651	125,81	585.142,31	21.631.801	15.828,15
11.465	148,93	1.707.482,45	131.446.225	22.180,14
77.361	2.792,43	9.700.085,81	452.531.957	422.861,63
		$\bar{X} = 4.071,63$	$\bar{Y} = 146,97$	

"r" Obtenido = -0,2305 NS.

"r" Tabulado = 0,4555 al nivel del 5% para 17 G.L.

= 0,5751 al nivel del 1% para 17 G.L.

NS = No Significativo.

TABLA II

RELACION : N. TOTAL - N. INTERCAMBIABLE
EN SUBSUELOS DE CULTIVO + PRADERA + BOSQUE.

N. TOTAL X ppm.	N. INTERCAMBIABLE Y ppm.	XY	X ²	Y ²
3.090	210,93	651.773,70	9.548.100	44.491,46
2.246	97,88	219.838,48	5.044.516	9.580,49
905	130,77	118.346,85	819.025	17.100,79
4.617	221,41	1.022.249,97	21.316.689	49.022,38
637	117,29	74.713,73	405.769	13.756,94
3.721	87,73	326.443,33	13.845.841	7.696,55
6.124	243,13	1.488.928,12	37.503.376	59.112,19
2.758	284,62	784.981,96	7.606.564	81.008,54
1.151	189,51	218.126,01	1.324.801	35.914,04
1.051	151,49	159.215,99	1.104.601	22.949,22
1.175	238,64	280.402,00	1.380.625	56.949,04
4.279	129,87	555.713,73	18.309.841	16.866,21
1.670	125,96	210.353,20	2.788.900	15.865,92
2.637	112,09	295.581,33	6.953.769	12.564,16
3.412	126,97	433.221,64	11.641.744	16.121,38
1.147	140,82	161.520,54	1.315.609	19.830,27
2.608	102,55	267.450,40	6.801.664	10.516,50
1.487	99,11	147.376,57	2.211.169	9.822,79
4.062	119,85	486.830,70	16.499.844	14.364,02
48.777	2.930,62	7.903.068,25	166.422.447	513.532,89
		$\bar{X} = 2.567,20$	$\bar{Y} = 154,24$	

"r" Obtenido = 0,3842 NS.

"r" Tabulado = 0,4555 al nivel del 5% para 17 G.L.
= 0,5751 al nivel del 1% para 17 G.L.

NS : No Significativo.

TABLA III
 RELACION : N. TOTAL - N. ORGANICO
 EN SUELOS DE CULTIVO + PRADERA + BOSQUE.

N. TOTAL X ppm.	N. ORGANICO Y ppm.	XY	X ²	Y ²
3.439	2.892,37	9.946.860,43	11.826.721	8.365.804,21
5.769	3.901,09	22.505.388,21	33.281.361	15.218.503,18
2.207	1.685,38	3.719.633,66	4.870.849	2.840.505,74
6.117	5.531,49	33.830.007,33	37.417.689	30.597.381,62
2.886	2.317,87	6.689.372,82	8.328.996	5.372.521,33
8.691	8.329,99	72.395.943,09	75.533.481	69.388.733,40
7.708	7.387,41	56.942.156,28	59.413.264	54.573.826,50
1.315	911,86	1.199.095,90	1.729.225	831.488,65
2.399	1.823,78	4.375.248,22	5.755.201	3.326.173,48
1.157	901,74	1.043.313,18	1.338.649	813.135,02
1.999	1.665,89	3.330.114,11	3.996.001	2.775.189,49
4.557	4.120,29	18.776.161,53	20.766.249	16.976.789,68
2.001	782,28	1.565.342,28	4.004.001	611.961,99
2.311	2.064,03	7.080.973,33	5.340.721	4.260.219,84
3.525	2.742,45	9.667.136,25	12.425.625	7.521.032,00
2.367	1.711,31	2.339.360,77	5.602.689	2.928.581,91
2.797	2.188,92	6.122.409,24	7.823.209	4.791.370,76
4.651	4.262,12	19.823.120,12	21.631.801	18.165.666,89
11.465	10.290,82	117.984.251,30	131.446.225	105.900.976,27
77.361	65.511,09	399.335.888,05	452.531.957	355.259.861,96

$$\bar{X} = 4.071,63$$

$$\bar{Y} = 3.447,95$$

"r" Obtenido = 0,9939 ++

"r" Tabulado = 0,4555 al nivel del 5% para 17 G.L.
 0,5751 al nivel del 1% para 17 G.L.

++ = Altamente Significativo.

TABLA IV
 RELACION : N. TOTAL - N. ORGANICO
 EN SUBSUELOS DE CULTIVO + PRADERA + BOSQUE.

N. TOTAL X ppm.	N. ORGANICO Y ppm.	XY	X ²	Y ²
3.090	2.038,27	6.298.254,30	9.548.100	4.154.544,59
2.246	1.664,46	3.738.377,16	5.044.516	2.770.427,09
905	120,35	108.916,75	819.025	14.484,12
4.617	4.129,89	19.067.702,13	21.316.689	17.055.991,41
637	142,44	90.734,28	405.769	20.289,15
3.721	3.236,92	12.044.579,32	13.845.841	10.477.651,08
6.124	5.125,19	31.386.663,56	37.503.376	26.267.572,53
2.758	2.194,61	6.052.734,38	7.606.564	4.816.313,05
1.151	761,82	876.854,82	1.324.801	580.369,71
1.051	550,13	578.186,63	1.104.601	302.643,01
1.175	826,21	970.796,75	1.380.625	682.622,96
4.279	3.765,40	16.112.146,60	18.309.841	14.178.237,16
1.670	498,22	832.027,40	2.788.900	248.223,16
2.637	1.591,89	4.197.813,93	6.953.769	2.534.113,77
3.412	2.942,20	10.038.786,40	11.641.744	8.656.540,84
1.147	202,33	232.072,51	1.315.609	40.937,42
2.608	2.101,08	5.479.616,64	6.801.664	4.414.537,16
1.487	978,23	1.454.628,01	2.211.169	956.933,29
4.062	3.043,24	12.361.640,88	16.499.844	9.261.309,69
48.777	35.912,88	131.922.532,45	166.422.447	107.433.741,19
		$\bar{X} = 2.567,20$	$\bar{Y} = 1.890,15$	

"r" Obtenido = 0,9830⁺⁺

"r" Tabulado = 0,4555 al nivel del 5% para 17 G.L.
 = 0,5751 al nivel del 1% para 17 G.L.

++ = Altamente Significativo.

T
631.84
B456
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
Inventario: 15145
Autor: Franco Hebal Benavides
Título: Fraccionamiento del



T
631.84
B456
Ej.1

15145

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

15145

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO