

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

Franco Hebal Benavides Ricardo Guerrero Riascos****

I. INTRODUCCION

El análisis químico de las diferentes fracciones del 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 la planta.

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.

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

II. — REVISION DE LITERATURA

El nitrógeno es un componente característico de las emanaciones volcánicas, de naturaleza desconocida (11, 12, 13, 15) que está en la atmósfera y en el suelo, siendo atmófilo, magmático, biófilo, oxífilo (30), y elusivo (31). Está en los compuestos orgánicos de los sedimentos y de las rocas sedimentarias (30) e íntimamente relacionado con la acumulación de materia orgánica (35).

* Parcial de la tesis de grado presentada por el primer autor bajo la dirección del segundo.

** Profesor especial Departamento de Biología y Profesor asistente Departamento de Fitotecnia, respectivamente. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia.

En las plantas, hay un promedio aproximado de 16% de nitrógeno junto con sustancias hidrogenadas que forman del 5 al 30% del peso total de los tejidos vegetales (10).

El nitrógeno incorporado al suelo sufre una serie de reacciones químicas complejas y continuas, en las cuales se hallan involucrados compuestos inorgánicos (32), y orgánicos, ya de constitución proteínica (3) o lignoamoniaca (36), como también de aminoazúcares (14), siendo estas sustancias lábiles, sometidas a continua destrucción y resíntesis (10).

En la formación de los sedimentos, el nitrógeno se incorpora a las rocas depositadas en forma de compuestos orgánicos (30), sufriendo amonificación, la cual se entiende como la conversión de compuestos orgánicos nitrogenados en amoniaco; y nitrificación, comprendida como la conversión de amoniaco en nitratos (8).

La fijación fotoquímica del nitrógeno puede ser disminuída por el *Rhizobium*, al incrementarse los niveles de nitrógeno en el suelo (20, 39). Para Dhar (16), la fijación fotoquímica del nitrógeno aumenta, por cada gramo de carbonato 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 sólo a valores de pH por encima del 5,5 (8), el cual puede ser aumentado a causa del desprendimiento de amoniaco 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 (8).

La fijación simbiótica del nitrógeno en las leguminosas por las bacterias del género *Rhizobium* (2) y algunas especies que viven en los nódulos radiculares del género *Casuarina* (36) y en los nódulos foliares de algunas plantas tropicales del géneros *Paretta*, *Chomelia*, *Psychoria* (8) han contribuído a incrementar los contenidos del nitrógeno en un 50% en los suelos forestales de Colombia (25).

En relación a la fijación del nitrógeno por el suelo, Sinhg y Kanehiro (34) concluyen, en una investigación reciente que la absorción de nitratos por un suelo coalítico 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 Wan der Wall y electrostáticas.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área y muestreo.

El área escogida para esta investigación, correspondió a una región fría, el Altiplano de Ipiales, del Departamento de Nariño, localizada en la parte meridional de la cuenca interandina. Su temperatura oscila entre 6 y 14°C y su precipitación promedio anual varía en-

tre los 500 y 1.000 m.m./año. De acuerdo al sistema de Holdridge, en el altiplano se encuentran las siguientes formaciones vegetales: bosque húmedo montano y bosque seco montano bajo.

3.2 Suelos.

Son suelos volcánicos, relativamente jóvenes, del tipo morfológico A(B)C y que podrían clasificarse de acuerdo al sistema séptima aproximación dentro del orden inceptisoles, suborden andepts.

Las propiedades generales de los suelos estudiados fueron determinadas por González (2), Dulce y Santacruz (17). Un resumen de los resultados se presenta en la Tabla I.

— T A B L A I —

Algunas características generales de los suelos estudiados

CARACTERISTICA	SUELO			SUBSUELO		
	Máximo	Promedio	Mínimo	Máximo	Promedio	Mínimo
Textura	FA		AF	FA		AF
pH (agua 1:1)	7,30	6,10	5,30	7,15	5,84	4,90
%C	7,77	3,09	0,70	4,98	2,31	0,09
C/N	13,55	8,47	1,22	30,56	10,68	1,11
K-camb (ppm.)	1.102,49	534,60	162,41	997,87	399,80	66,90
Ca-camb (ppm.)	1.567,51	1047,31	394,72	1954,69	877,05	245,44
Mg-camb (ppm.)	2.560,65	400,80	121,98	679,23	263,20	88,11
C.I.C. (me/100g)	36,54	22,89	10,82	39,86	22,53	9,06

3.3 Métodos.

Nitrógeno Total.

Se determinó según el método de Kjeldhal modificado, mediante oxidación del material nitrogenado.

Nitrógeno Inorgánico (N-NH₄)

Se procedió según el método de Bremmer (13), agitando 5 g. de suelo con 100 ml. de la mezcla extractora HCL N: HF N, durante 24 horas.

Nitrógeno Intercambiable.

Se siguió la marcha analítica de Blasco y Cornfield (9). Nitrógeno nativo fijo (N-NH₄).

Se lo obtuvo mediante la diferencia entre el nitrógeno inorgánico y el nitrógeno intercambiable (8).

Nitrógeno Amoniacal. (N-NH₃).

Se determinó por el método de microdifusión propuesto por Bremner y Shaw (14).

— T A B L A II —

Formas de Nitrógeno en los suelos estudiados. Resultados en ppm.

LOCALIDAD	N Total	N Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico	N-NH ₄ fijo	N-NH ₄ Intercam- biable.	N-NH ₃
ALDANA	3.439,00	2.892,37	546,62	353,15	196,46	23,03
SAN LUIS	5.769,00	3.901,09	1.867,90	1.742,76	125,13	43,60
CARLOSAMA 1	2.207,00	1.685,38	521,61	361,12	160,49	58,50
CARLOSAMA 2	6.117,00	5.530,49	586,50	482,45	104,05	28,37
IPIALES 1	2.886,00	2.317,87	568,12	441,61	123,50	44,76
IPIALES 2	8.691,00	8.329,99	361,00	183,84	177,16	20,05
IPIALES 3	7.708,00	7.387,41	320,58	208,92	111,66	37,82
IPIALES 4	1.315,00	911,86	403,13	277,52	125,61	27,75
IPIALES 5	2.399,00	1.823,78	575,21	396,80	178,40	24,60
IPIALES 6	1.157,00	901,74	255,65	88,26	167,39	24,34
IPIALES 7	1.999,00	1.675,89	333,10	190,77	142,32	31,90
IPIALES 8	4.557,00	4.120,29	436,70	310,12	126,58	34,80
PUPIALES 1	2.001,00	782,28	1.218,71	1.051,30	167,40	17,92
PUPIALES 2	2.311,00	2.064,03	246,96	98,15	148,81	17,41
PUPIALES 3	3.525,00	2.742,45	782,54	607,92	174,61	14,55
PUPIALES 4	2.367,00	1.711,31	655,68	486,16	169,11	23,98
PUPIALES 5	2.797,00	2.188,92	608,07	486,46	121,61	31,92
PUPIALES 6	4.651,00	4.262,12	388,87	263,06	125,81	36,21
PUPIALES 7	11.465,00	10.290,82	1.174,17	1.025,23	148,93	38,09
PROMEDIO	4.071,63	3.477,95	623,74	476,76	146,97	30,49
% N. Total	100,00	82,75	14,96	11,44	3,52	0,93
MAXIMO	11.465,00	10.290,82	1.867,90	1.742,76	193,46	58,50
MINIMO	1.157,00	782,28	246,96	88,26	104,05	14,55

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas II y III, se presentan los resultados generales del estudio.

En términos generales, las diferentes fracciones del nitrógeno presentan resultados similares a los obtenidos en investigaciones verificadas en otras regiones (4, 6, 18, 21, 27, 28, 33, 37) aunque también en algunas fracciones se encontraron marcadas diferencias.

4.1. Nitrógeno Total.

En lo que respecta a esta fracción, para las condiciones de cultivo, pradera y bosque, el promedio fue de 4.071,63 ppm., siendo el suelo de Ipiiales 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.

— T A B L A III —

Formas de Nitrógeno en los subsuelos estudiados. Resultados en ppm.

LOCALIDAD	N Total	N Orgánico	N-NH ₄ Inorgánico	N-NH ₄ fijo	N-NH ₄ Intercam- biable.	N-NH ₃
ALDANA	3.090,00	2.038,37	1.051,72	840,78	210,93	16,33
SAN LUIS	2.246,00	1.664,46	581,53	483,65	97,88	23,03
CARLOSAMA 1	905,00	120,35	784,64	683,87	130,77	23,47
CARLOSAMA 2	4.617,00	4.129,89	487,10	265,69	221,41	20,55
IPIALES 1	637,00	142,44	494,55	377,25	117,29	31,70
IPIALES 2	3.721,00	3.236,92	484,07	396,34	87,73	66,56
IPIALES 3	6.124,00	5.125,19	998,80	755,67	243,13	1,64
IPIALES 4	2.758,00	2.194,61	563,38	278,76	284,62	10,26
IPIALES 5	1.151,00	761,82	389,17	199,66	189,51	1,08
IPIALES 6	1.051,00	550,13	500,86	349,36	151,49	2,76
IPIALES 7	1.175,00	826,21	348,78	110,14	238,64	69,36
IPIALES 8	4.279,00	3.765,40	513,59	383,72	129,87	29,51
PUPIALES 1	1.670,00	498,22	1.171,77	1.045,80	125,96	21,97
PUPIALES 2	2.673,00	1.591,89	1.045,10	933,01	112,09	49,45
PUPIALES 3	3.412,00	2.942,20	469,79	342,82	126,97	26,98
PUPIALES 4	1.147,00	202,33	944,66	803,84	140,82	13,20
PUPIALES 5	2.608,00	2.101,08	506,91	404,36	102,55	23,54
PUPIALES 6	6.487,00	978,23	508,76	409,65	99,11	49,55
PUPIALES 7	4.062,00	3.043,24	1.018,75	898,89	119,85	34,95
PROMEDIO	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
MAXIMO	6.124,00	5.125,19	1.171,77	1.045,80	284,62	69,36
MINIMO	637,00	120,35	348,78	110,14	87,73	1,08

El promedio para los subsuelos fue de 2.567,21 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 "standard", similar a la detectada en el Altiplano de Pasto, (28) 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 (8). Esta situación no se produce en los suelos de clima medio, investigados por Rosero (33), donde la concentración de nitrógeno total es menor debido tanto a diferentes niveles de meteorización como a los cambios de temperatura que inciden en la disminución la materia orgánica. (7).

En lo concerniente al nitrógeno total del subsuelo, su 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, 18, 33).

Las excepciones fueron: Pupiales Dos, con 2.311,00 ppm. en el suelo y 2.673 ppm. en el subsuelo e Ipiales 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 deposiciones sucesivas de cenizas volcánicas (28).

4.2. Nitrógeno orgánico.

El resultado promedio de esta fracción en los suelos fue de 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 Ipiales 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 (8, 18, 37), 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 la materia orgánica (40).

El porcentaje de nitrógeno orgánico en relación al N-total, en suelos del Altiplano de Pasto (95%) fue más alto, en clima frío, con respecto a la Sabana de Túquerres que presentó el 91% y al de la presente investigación (82,75%) lo cual se debe, posiblemente, a la formación de complejos proteínico-montmorilloníticos que, según varios autores (19, 26, 29), implican una menor mineralización de la materia orgánica.

4.3 Nitrógeno Inorgánico.

En promedio, esta fracción representó para el suelo y el subsuelo el 14,96 y 25,72% del nitrógeno total, respectivamente, porcentajes que son similares a los reportados por otros autores (4, 6, 18, 27, 28, 33, 37). La concentración más alta para los suelos se halló en San Luis (cultivo) con 1.867,90 ppm. Para el subsuelo, el valor más alto se encontró en Pupiales Uno (cultivo) 1.171,77 ppm. y el mínimo en Ipiales 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 tarakanitas que son, de acuerdo a Tamini et al (38), 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

(21) 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 (3) de que las pérdidas de nitrógeno en suelos cultivados son menores que en suelos desnudos. Es, además, factible lo que afirma Greenland (23) que en suelos tropicales cultivados se presentan más pérdidas por lixiviación.

4.4. Nitrógeno intercambiable.

Para los suelos, el promedio de las cantidades de nitrógeno intercambiable fue de 146,97 ppm. El máximo correspondió a Aldana (pradera) con 193,46 ppm. y el mínimo de Carlosama Dos (bosque) con 104,05 ppm.

El promedio de los subsuelos fue 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, (28) en suelos de clima medio (33), Llanura del Pacífico (4), Valle de Sibundoy (6), 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 estas formas 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 (8).

Aunque algunas investigaciones, como la de Rosero (33), presentan mayores valores promedio de nitrógeno intercambiable en condiciones de bosque (152,00 ppm.), en el presente caso se encontraron bajo 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 $N-NH_4$ intercambiable, 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. Para las condiciones del Altiplano de Ipiales, donde la topografía generalmente es ondulada, las pérdidas por erosión, en condiciones de cultivo, pueden ser relativamente menores, lo mismo que en condiciones de bosque.

Si se compara con otras investigaciones efectuadas sobre suelos de diferentes regiones de Colombia, como Valle del Cesar (37), Guajira (18), Valle del Cauca (8), se observa que los valores detectados en la presente investigación son menores. Es probable que esta concentración esté influenciada por factores de índole biológica o física, en los primeros se podría presentar una baja mineralización o también procesos de reducción, en el segundo caso fenómenos de lixiviación. Por otra parte, la presencia de alofana, tan común en estos suelos, podría incidir en una lenta mineralización.

4.5. 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 (3, 9, 24) tienen la característica de retener el NH_4^+ dentro de su interfase. En las partes donde la concentración fue baja es probable que predomine la coalinita sobre las arcillas antes mencionadas.

Es radical la diferencia entre los valores máximos obtenidos en clima frío en el Departamento de Nariño, por Molina (28), en el Altiplano de Pasto (208,00 ppm.), Feuillet y Feuillet (21) en la Sabana de Túquerres (291,00 ppm.) y los del presente trabajo (1.742,00 ppm.).

Sobre este particular se puede indicar que la mayor parte 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 en el perfil. Lo anterior concuerda con las investigaciones efectuadas por Aomine (5), Walsh (42) y Rodríguez (32) teniendo en cuenta que la concentración de arcillas en muchos casos aumenta con la profundidad.

4.6. Nitrógeno amoniacal.

El promedio para el nitrógeno amoniacal en los suelos fue 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 Ipiales 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 Ipiales Cinco cultivo para el subsuelo.

Es de anotar que el nitrógeno amoniacal tuvo sólo para concentración máximas o mínimas los perfiles tomados en cultivo o pradera, excluyéndose en estos extremos los de bosque, ya que según Vlassak (41), la nitrificación en cultivo o pradera es rápida y en bos-

que la mayor parte del nitrógeno mineralizado es amoniacal.

Por otra parte, la concentración promedio del nitrógeno amoniacal en los suelos estudiados fue alta (0,93%), respecto a los reportados en los suelos del Altiplano de Pasto (28) que oscilaron entre 0,19% (bosque) y 0,41% (pradera), lo cual indica que los suelos del Altiplano de Ipiales tienen un contenido bastante adecuado de nitrógeno amoniacal, lo que supone una buena mineralización, ya que sus concentraciones se asemejan a las determinadas por Rosero (33) en suelos de clima medio. Similares deducciones se pueden aplicar a los subsuelos.

4.7. 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. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Molina (28), Rosero (33), Angulo et al (4), Matta y Palacios (27), confirmando el concepto de que la determinación del nitrógeno total no es un buen índice de la cantidad de nitrógeno aprovechable.

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 presentan 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 tipo 2:1 sobre las de 1:1, ya que las concentraciones de esa fracción son particularmente altas.
- 7.— Los procesos de mineralización se pueden catalogar como medianos.

VI. RESUMEN

En la presente investigación se analizaron las fracciones de nitrógeno en algunos suelos volcánicos correspondientes al Altiplano

de Ipiiales (Nariño, S. O. de Colombia), con una temperatura media aproximada de 11 a 13°C y una altitud entre 2.900 a 3.200 metros sobre el nivel del mar.

El contenido de nitrógeno total en los suelos analizados es alto, en promedio, 4.071 ppm. en los suelos y 2.567,21 ppm. en el subsuelo. El resultado promedio del nitrógeno orgánico en la primera capa fue de 3.447,95 ppm. y en el segundo 1.890,15 ppm.

El promedio de nitrógeno inorgánico total fue de 623,74 ppm. para el primer horizonte y de 677,04 ppm. para el segundo horizonte. Las cantidades de nitrógeno 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 nitrógeno intercambiable.

VII. SUMMARY

Nitrogen fractionation in the volcanic soils of the Highlans of Ipiiales, Nariño, Colombia

Total-N concentration, on average, was 4071 ppm. in soil and 2567 ppm in subsoils. Organic-N represented, on average, 82,7% and 71,8% while inorganic-N fraction was 17,3% and 28,2% of total-N in soils and subsoils, respectively. Exchangeable N-NH₄ varied from 104 to 193 ppm. in soils and 87.7 to 234 ppm. in subsoils. No correlation was found between total-N and exchangeable N- NH₄.

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. ALEXANDER, M.— Introduction to soil microbiology. New York, J. Wiley. 1964. 472 p.
3. ALLISON, F. E., J. H. DOETSCH and E. M. ROLLER.— Ammonium fixation and availability in harpster clay loam. *Soil Sci. Soc. Amer.* 75: 173-200. 1951.
4. 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).

5. AOMINE, S.— The fixation of ammonium in soils. I ammonium fixation of some soils in Southeastern provinces of Japan. 23: 83-87. 1851. original no consultado, compendiado or *Abs. soils and Fertilizers.* 15: 1952).
6. 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).
7. BIRCH, H. F.— Nitrification in soil after different periods of dryness. *Plant and Soil* 12 (1): 81-96. 1960.
8. BLASCO, M. Studies of some aspects of nitrogen in soils of Colombia. Ph. D. Thesis. London. University of London. 1966. 311 p.
9. BLASCO, M. and A. H. CORNFIELD.— Effects of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralizing characteristic of the Colombia soils. *Geoderma* 1 (1.): 19-25. 1967.
10. BOHNER, J. y A. W. GALSTON.— Principios de fisiología vegetal. Madrid, Aguilar, 1950. 845 p.
11. BREMMER, J. M.— The amino-acid composition of the protein material in soil| *Biochem. Jour.* 47: 538-542. 1950.
12. ————.— Amino-acid in soil. *Nature* 165: 167 - 1951.
13. ————.— The nature of soil nitrogen complexes *Jour Sci. Food Agri.* 3: 497-500. 1952.
14. ———— and K. SHAW.— Studies on the estimation and descomposition of amino sugars in the soil. *Jour. Agric. Sci.* 44: 152-159. 1955.
15. ————.— Determination of nitrogen in soil by the Kjeldhal method. *Jour. Agri. Sci.* 55: 11-33. 1960.
16. 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.
17. 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).
18. DURAN, N.— Principales características químicas de los suelos de la región aldonera del sur de la Guajira, Tesis Ing. Agr. Palmira, Colombia. Fac. Agr. Universidad Nacional. 1968. 75 p. (mecanografiada).
19. ENSMINGER, L. and H. GIESEKING.— Resistance of clay adsorbed proteins to proteolytic hydrolysis. *Soil Sci.* 53: 205-209. 1942.
20. FASSBENDER, H. W.— Química de Suelos. IICA. Turrialba, 1969. 266 p.
21. FEUILLET B., y A. FEUILLET S.— Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Tóquerres bajo condicio-