

EFECTOS DE LA GLUCOSA, NITRATO DE AMONIO Y
SULFATO DE AMONIO SOBRE LA MINERALIZACION
DE CARBONO Y NITROGENO EN SUELOS DEL ALTIPLA
NO DE PASTO

Por //
ALFONSO CANO CORDOBA

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

Art. 13 del Decreto No 224 del 11 de Octubre
de 1958, expedido del Honorable Consejo Rector
de la Universidad de Nariño

Presidente de Tesis

MARIO BLASCO LAMENCA I.A., Ph.D.

Copresidente

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1973

T
FN
631.41
C227
Ej.1

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

Art. 12 del Acuerdo N° 324 del 11 de Octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

DEBIDO
Alfonso Cano Córdoba

Alfonso Cano Córdoba
Rector

AGRADECIMIENTOS A:

A MIS PADRES

MARIO BLASCO LAMIERA I.A., Ph.D.

FRANCISCO COSTER DE LA ESPINILLA

DEDICO
Alfonso Cano Córdoba

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIONES.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Definiciones e historia.....	3
2.2 Organismos que intervienen en las relaciones.....	3
2.3 Fuentes para la mineralización del nitrógeno.....	3
AGRADECIMIENTOS A:.....	4
2.4 Algunos aspectos de la mineralización del nitrógeno en suelos volcánicos.....	7
2.5 Efectos de los fertilizantes nitrogenados y de la glucosa en la mineralización del nitrógeno.....	9
MARIO BLASCO LAMENCA I.A., Ph.D. FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA	
2.6 Inmovilización del nitrógeno.....	10
2.7 Mineralización del carbono.....	11
III. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1 Materiales.....	13
3.2 Métodos.....	13
3.2.1 Preparación.....	13

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Definiciones e historia.....	3
2.2 Organismos que intervienen en las reacciones.....	3
2.3 Fuentes para la mineralización del nitrógeno.....	3
2.4 Algunos aspectos de la mineralización del nitrógeno en suelos volcánicos.....	7
2.5 Efectos de los fertilizantes nitrogenados y de la glucosa en la mineralización del nitrógeno.....	9
2.6 Inmovilización del nitrógeno.....	10
2.7 Mineralización del carbono.....	11
VII. BIBLIOGRAFIA.....	13
III. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1 Materiales.....	15
3.2 Métodos.....	15
3.2.1 Preparación.....	15

	Pág.
3.2.2 Tratamientos.....	15
3.2.3 Determinación del dióxido de carbono	16
3.2.4 Nitrógeno amoniacal.....	16
3.2.5 Nitrógeno nítrico.....	16
3.2.6 Carbono orgánico.....	17
3.2.7 Análisis de datos.....	17
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
4.1 Amonificación.....	18
4.2 Nitrificación.....	24
4.3 Mineralización e inmovilización.....	27
4.4 Producción de CO ₂	31
V. CONCLUSIONES.....	37
VI. RESUMEN.....	39
SUMMARY.....	40
VII. BIBLIOGRAFIA.....	41
APENDICE.....	51

TABLAS

ILUSTRACIONES

	Pág.
Tabla I. Efectos de los tratamientos sobre la producción de $N-NH_4^+$ en	Pág.
Figura 1. Ubicación del Departamento de Nariño en la República de Colombia, y lugares en que se tomaron las muestras de la presente investigación..	21
Tabla II. Medias de correlación, medias y desviaciones estándar para la producción de $N-NH_4^+$ en los diferentes sustratos y períodos de incubación debido al uso de diferentes tratamientos.....	14 28
Tabla III. Efectos de los tratamientos sobre la producción de $N-NO_3^-$ en los sustratos estudiados durante 3 y 6 semanas de incubación.....	28

FRUCTOS DE LA GLUCOSA, NITRATO DE AMONIO Y SULFATO DE AMONIO SOBRE LA MINERALIZACION DE CARBONO Y NITROGENO EN SUELOS. Pág.

Tabla IV. Matriz de correlación múltiple, medias y desviaciones estandar para la producción de $N-NO_3^-$ en los diferentes suelos y períodos de incubación..... 29

Tabla V. Mineralización o inmovilización netas obtenidas con los tratamientos en los suelos y períodos de incubación..... 33

Tabla VI. Producción de CO_2 en los suelos y períodos de incubación estudiados.. 34

Tabla VII. Porcentajes máximos y mínimos de materia orgánica mineralizada en cada suelo en el período de 6 semanas de incubación..... 36

(*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco Lavaca I.A., Ph.D y Joaquín Santos Jaimez I.A., M.Sc.

- 2 -

EFFECTOS DE LA GLUCOSA, NITRATO DE AMONIO Y SULFATO DE AMONIO SOBRE LA MINERALIZACION DE CARBONO Y NITROGENO EN SUELOS DEL ALTIPLANO DE PASTO (")

Por
ALFONSO CANO CORDOBA

I. INTRODUCCION

Actualmente la productividad agrícola está basada, entre otros factores, en el consumo de grandes dosis de fertilizantes químicos. Sin embargo, el uso de este insumo presenta dos serios problemas. Uno de ellos es el precio prohibitivo para la gran mayoría de los agricultores colombianos y el otro, su escasez. Noticias recientes dan cuenta del agotamiento de los fertilizantes nitrogenados y fosforados, condición que se refleja en continuas alzas de precio que, indudablemente, marginarán a un sector más amplio de agricultores en un futuro muy cercano.

(") Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Mario Blasco Lamenza I.A., Ph.D y Joaquín Gamboa Jaimes I.A., M.Sc.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

De ahí que la investigación deba orientarse a buscar soluciones en los mismos recursos naturales del suelo. Uno de ellos es la materia orgánica. Cuando se conozcan a cabalidad sus reacciones y la forma de inducirlos, puede suministrar parte del nitrógeno, fósforo y azufre que las plantas requieren a través de los conocidos procesos bioquímicos de mineralización.

Al respecto, en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad de Nariño se han adelantado diferentes estudios que han permitido observar la mecánica de algunas reacciones en suelos tropicales

y derivados de cenizas volcánicas del suroeste colombiano, y cuyos datos, en varias ocasiones, han mostrado caminos discordantes con los propuestos para suelos de la zona templada.

Estos y otros trabajos similares, realizados en países de Latinoamérica, han permitido ver que las condiciones de los suelos tropicales difieren mucho de los delineamientos "estandar" propuestos por la ciencia del suelo en los centros de investigación de los países de la zona templada.

Por todo lo anterior, en esta investigación, utilizando suelos del Altiplano de Pasto, se pretende observar el efecto de algunas sales y del azúcar en la producción de amoníaco y nitrato, así como la acción sobre el metabolismo del suelo, expresado en términos de CO_2 .

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Definiciones e Historia

De acuerdo a Blasco (6), amonificación es la conversión de compuestos orgánicos nitrogenados en amoníaco, mientras nitrificación es la conversión de amoníaco en nitrato. La amonificación es un proceso de mineralización. El nitrógeno mineral es la suma de amoníaco, nitritos y nitratos.

Historicamente, Miller y Pasteur fueron los primeros en señalar en el siglo pasado que la nitrificación es un proceso biológico (6). Muntz y Marcano (46) fueron los primeros investigadores que estudiaron la nitrificación en suelos tropicales (Venezuela). Winegradsky (60) es, sin duda alguna, el investigador que más a influido en los estudios de transformaciones bioquímicas del nitrógeno.

2.2 Organismos que intervienen en las reacciones

La amonificación es realizada por gran diversidad de microorganismos: bacterias, hongos, etc., que están capacitados para liberar amoníaco de los compuestos orgánicos nitrogenados, debido a su forma heterotrófica de alimentación (2,7).

Por el contrario, en la nitrificación intervienen microor-

ganismos específicos; quimioautotróficos obligatorios que se dividen en dos grupos:

simples, como puede precisarse en el siguiente ejemplo (49):

A. Oxidadores de amoníaco: comprende los géneros Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrocystes y Nitrosoglea (6,42,60).

B. Oxidadores de nitrito: comprende los géneros Nitrobacter y Nitrocystes (7). Los géneros Bactoderma y Microderma pueden actuar como organismos nitrificantes (59).

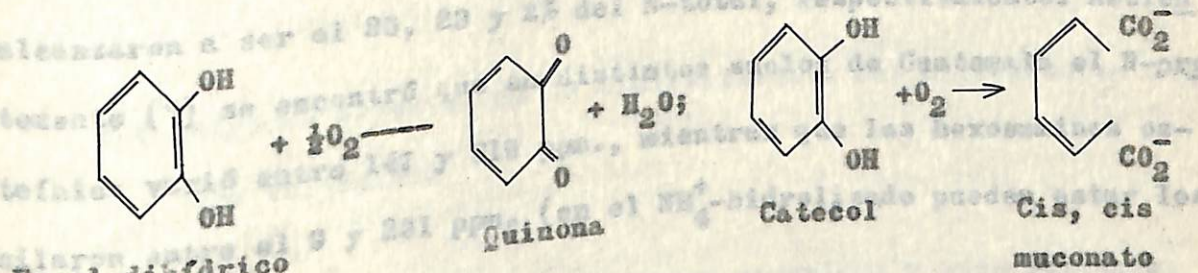
Otros estudios han evidenciado de que parte de la producción de nitratos en los suelos, puede provenir de la actividad de microorganismos heterotróficos, pe. Achromobacter, Corynobacter, Penicillium, Aspergillus y Cephalosporium, entre otros (29,39).

2.3 Fuentes para la mineralización del nitrógeno

De acuerdo a Swift y Posner (54), la descomposición de los compuestos orgánicos frescos es un proceso oxidativo cuyo resultado práctico es la mineralización de distintos elementos y, si bien es un proceso biológico, no debe descartarse que ocurran oxidaciones únicamente químicas. Como norma, un aumento de oxidación en la materia orgánica se traduce en una disminución del peso molecular de los

ácidos húmicos (53), debido a que se produce la oxidación de los núcleos aromáticos del humus, degradándose a compuestos cada vez más simples, como puede precisarse en el siguiente ejemplo(49):

Marifuen y Blasco (41) establecieron que en suelos cacahuteros de Yurriatza el N-proteínico, el NH_4^+ -hidrolizable y las hexosaminas alcanzaron a ser el 23, 23 y 2% del N-total, respectivamente.



En general estos compuestos son más fáciles de descomponer como se veó previamente. No obstante, tanto los aminoácidos como los amino-azúcares pueden presentar algunas proteínas de tipo globular que se estabilizan en polímeros de tipo helice, retorcida, que los protegen de la mineralización (50,51).

Los análisis de Swift y Posner (54) y Cameron, et al (20) confirman que el humus contiene entre alrededor de 1,2% de nitrógeno no amínico y aproximadamente 0,8% de nitrógeno amínico. Al romperse los anillos aromáticos, ese nitrógeno puede ser mineralizado por los microorganismos a formas asequibles por la planta.

Además de esta fuente de nitrógeno, de biodegradabilidad bastante difícil, los microorganismos disponen de otros compuestos orgánicos que generan una cantidad mayor de nitrógeno que el presente en los ácidos húmicos y de más fácil mineralización. Así por ejemplo Suárez (52) encontró que el NH_4^+ hidrolizable de los compuestos orgánicos

nicos en los suelos de la serie Colorado de Costa Rica, representaba alrededor del 30% del N-total, mientras que el N-proteínico y el N-amino-azúcar alcanzaban valores del 44% y 2% del N-total, respectivamente. Martínez y Blasco (41) establecieron que en suelos cacaoteros de Turrialba el N-proteínico, el NH_4^+ -hidrolizado y las hexosaminas alcanzaron a ser el 25, 23 y 2% del N-total, respectivamente. Recientemente (") se encontró que en distintos suelos de Guatemala el N-proteínico varió entre 147 y 619 ppm., mientras que las hexosaminas oscilaron entre el 9 y 231 ppm. (en el NH_4^+ -hidrolizado pueden estar los ácidos nucleicos).

En general estos compuestos son más fáciles de descomponer como se anotó previamente. No obstante, tanto los aminoácidos como los amino-azúcares pueden presentar algunos problemas de biodegradabilidad cuando se estabilizan en polímeros de tipo húmico, retardándose los procesos de mineralización (33,14).

Los residuos vegetales que llegan al suelo tienen diferentes contenidos de nitrógeno en su composición. En forma general, Van Schreven (56) señala que, cuando el contenido del nitrógeno supera el 1,5% la mineralización prevalecerá sobre la inmovilización. Más

(") Comunicación personal de H. Burbano.

recientemente Martínez y Blasco (41) trabajando con muestras de suelos de cacao, encontraron que, cuando el porcentaje de nitrógeno en los residuos vegetales superaba el 1,8% los suelos acumulaban proporcionalmente más nitrógeno que carbono, por lo que la relación C/N se estrechaba dando origen a la mineralización.

Ibarra y Walo (34) y Viveros (57) demostraron estadísticamente que la mineralización del nitrógeno se ve afectada por las adiciones de aluminio, aunque esto

2.4 Algunos aspectos de la mineralización del nitrógeno en suelos volcánicos
Algunos aspectos de la mineralización del nitrógeno en suelos volcánicos, dentro del proceso, la nitrificación tiende a disminuir con el transcurso del tiempo y por el contrario, la nitrificación tiende a aumentar. Del mismo, Urbina et al (35) reporta una buena nitrificación en suelos volcánicos chilenos con alto contenido de aluminio. Es probable que esto se deba a que el aluminio ayuda a neutralizar ciertos radicales ácidos que afectan detrimentalmente la mineralización en suelos volcánicos, como son los utilizados en la presente investigación.

Sin entrar a repetir conceptos conocidos y bien revisados en trabajos precedentes (24,40), se van a destacar algunos aspectos que probablemente afectan en forma significativa los procesos de la mineralización del nitrógeno (8). En este sentido Silva y Schaefer (58) encontraron que cada g. de carbono de la fracción fútil

retiene hasta 300 mg. de aluminio. Por otra parte, Blasco y Cornfield (18) sugieren que el aluminio, al precipitarse, forma una cubierta protectora de los microorganismos nitrificantes impidiendo su actividad y esto podría ser una de las causas que desfavorece la nitrificación.

Como parece bien probado, los suelos derivados de cenizas volcánicas en América son generalmente deficientes en contenido de azufre disponible, y esto podría ser una de las causas que desfavorece la nitrificación, principalmente la nitrificación del nitrógeno en suelos volcánicos (3,19,10). Al respecto, Oke (48) encontró que, si bien la mineralización del nitrógeno no parece depender del azufre ni del fósforo, sin embargo aumentaba más en presencia del azufre que del fósforo. Por otra parte, Viveros (57) determinó que los sulfatos de aluminio aumentan en esta clase de suelos (36). Para distinguir la densidad aparente en esta clase de suelos (36). Para distinguir

provenientes del compuesto $(SO_4)_3 Al_2$ favorecían la acción microbiana en los suelos del Altiplano de Pasto.

Otro aspecto que merece destacarse es la acción del aluminio, elemento abundante en los suelos volcánicos. Ibarra y Melo (34) y Viveros (57) demostraron estadísticamente que la mineralización del nitrógeno no es afectada por las adiciones de aluminio, aunque este último autor dice que, dentro del proceso, la nitrificación tiende a disminuir con el transcurso del tiempo y por el contrario, la amonificación tiende a aumentar. Así mismo, Urbina et al (55) reportan una buena nitrificación en suelos volcánicos chilenos con alto contenido de aluminio. Es probable que esto se deba a que el aluminio ayuda a neutralizar ciertos radicales iónicos que afectan detrimentalmente la mineralización del nitrógeno (9). En este sentido Silva y Schaefer (50) encontraron que cada g. de carbono de la fracción fúlvica retiene hasta 300 mg. de aluminio. De otra parte, Blasco y Cornfield (12) sugieren que el aluminio, al precipitarse, forma una cubierta protectora de los microorganismos nitrificantes impidiendo su destrucción.

Un aspecto que tiende a favorecer la nitrificación en los suelos volcánicos es la, generalmente, buena aireación del perfil que se debe al elevado porcentaje de porosidad, propiciado por la baja densidad aparente común en esta clase de suelos (30). Para distin-

los suelos de Nariño, Escobar et al (26) encontraron una porosidad promedio de 49,4%, un tanto baja en relación al promedio (60-80%) que corresponde a los andosoles. Estos autores consideran que la menor porosidad de los suelos volcánicos de Nariño, se debe al menor grado de meteorización que muestran.

2.5 Efectos de los fertilizantes nitrogenados y de la glucosa en la mineralización del nitrógeno.

Algunos autores como Broadbent et al (16) han encontrado que la aplicación de grandes dosis de fertilizantes amoniacales a suelos de reacción básica demostrarán ser tóxicas para los organismos nitrificantes, disminuyendo por tanto la producción de nitratos. Martínez (40), trabajando en suelos ácidos de Costa Rica con influjo de cenizas volcánicas, encontró que la nitrificación era mejor con aplicaciones de 50kg/ha. de NO_3NH_4 , y que aplicaciones mayores disminuían la producción de nitratos.

La aplicación de glucosa teóricamente favorece la inmovilización del nitrógeno puesto que amplía la relación C/N (7). Sin embargo, dentro del metabolismo general del suelo, la glucosa es una de las fuentes generadoras de energía, ya que por glicólisis dan lugar al ácido pirúvico ($\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$) que al reaccionar con el acetil-

coenzima A, conforma la entrada al ciclo de Krebs, constituyendo la principal fuente de energía en los procesos aeróbicos de descomposición de los metabolitos orgánicos (37). Ello explica que la adición de glucosa a distintos suelos de Costa Rica mejoró la descomposición de la materia orgánica y elevó la producción de fosfatos a través del proceso de mineralización (1).

2.6 Inmovilización del Nitrógeno

La inmovilización representa la asimilación del nitrógeno mineral por los microorganismos para la formación y crecimiento celular (7).

La inmovilización es un fenómeno que se produce tanto a partir del N-mineralizado como en la desnitrificación. En el primer caso parte del nitrógeno liberado de los compuestos orgánicos y pasa a constituir las células (7). Ello significa que en la mineralización del nitrógeno en el suelo, solo se registran cantidades netas y no el total producido por los microorganismos, que vendría representando el total neto mineralizado más el nitrógeno presente en la biomasa. En el caso de la desnitrificación, la inmovilización coincide con la reducción asimilatoria (7).

2.7 Mineralización del carbono

Esta actividad fue confirmada posteriormente por Bernabisa y Pineda (15). Por otra parte, la adición de materiales orgánicos acelera la mineralización del humus (23). Birch (4,5) encontró que el humedecimiento de las muestras de suelo produjo un flujo inicial alto de mineralización de la materia orgánica. De acuerdo a Blasco (6), se debe esperar una mayor producción de dióxido de carbono en los primeros estados de la incubación del suelo y, a medida que el tiempo transcurre, existe la posibilidad de que alguna parte del dióxido de carbono producido sea asimilado por los microorganismos autotróficos.

El metabolismo de los suelos tropicales es mucho más activo que el de los suelos de regiones frías o templadas. Así, Guzmán y Blasco (22), en suelos tropicales de Costa Rica, encontraron que la producción de CO_2 era de 139 mg. por 1000 g. de suelo/día. Y en su vez, Escobar et al. (23) confirmaron en suelos del Putumayo (Colombia) que la producción de CO_2 disminuyó en forma altamente significativa al variar la temperatura de incubación de 36° a 18°C.

En general, la mineralización del carbono aumenta con la humedad del suelo hasta casi alcanzar el punto de saturación, para disminuir después (6,23,43). Debe anotarse que en condiciones de anegamiento no todo el carbono mineralizado pasa a formar dióxido de carbono puesto que, además, se forma metano, ácidos orgánicos y alcoholes (58).

Blasco (6) encontró que la mineralización del carbono disminuye al descender la temperatura, demostrando que la baja temperatura reduce la actividad bacteriana. La aplicación de cal a suelos ácidos no siempre aumenta la mineralización del carbono, explicable por la formación de humatos de calcio que estabilizan la materia orgánica (11).

III. MATERIALES Y NOTAS

Esta explicación fue confirmada posteriormente por Bornemisza y Pineda (15). Por otra parte, la adición de materiales orgánicos acelera la mineralización del humus (38)

En el presente trabajo, se utilizaron muestras de suelos de las Altiplano de Peste, situado en el Departamento de Boyacá, Colombia. Las coordenadas del Departamento son 5° 45' N y 75° 03' W. Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (6). El metabolismo de los suelos tropicales es mucho más acelerado que el de los suelos de regiones frías o templadas. Así, Granada y Blasco (32), en suelos tropicales de Costa Rica, encontraron que la producción de CO_2 era de 139 mg. por 1000 g. de suelo/día. Y, a su vez, Escobar et al (25) confirmaron en suelos del Putumayo (Colombia) que la producción de CO_2 disminuyó en forma altamente significativa al variar la temperatura de incubación de 30° a 15°C.

Las erupciones volcánicas consistentes principalmente de brechas con cantos de andesita, bombas andesíticas, tobas de lapilli y cenizas con diversas grades de compactación (18, 33).

La zona estudiada está situada entre los 2.500 y 2.500 m.s.n.m., con una precipitación promedio de 700 mm. anuales y una temperatura media de 13,5°C. Roldán y Montenegro (21) señalan que la mayor parte del área pertenece a los bosques montanos bajo seco y húmedo.

Los sitios de muestreo se localizan en las regiones de Nandino, Janguvito, Incahuar y Troná, en condiciones de pradera. También las muestras de los primeros 50 cm. de cada perfil.

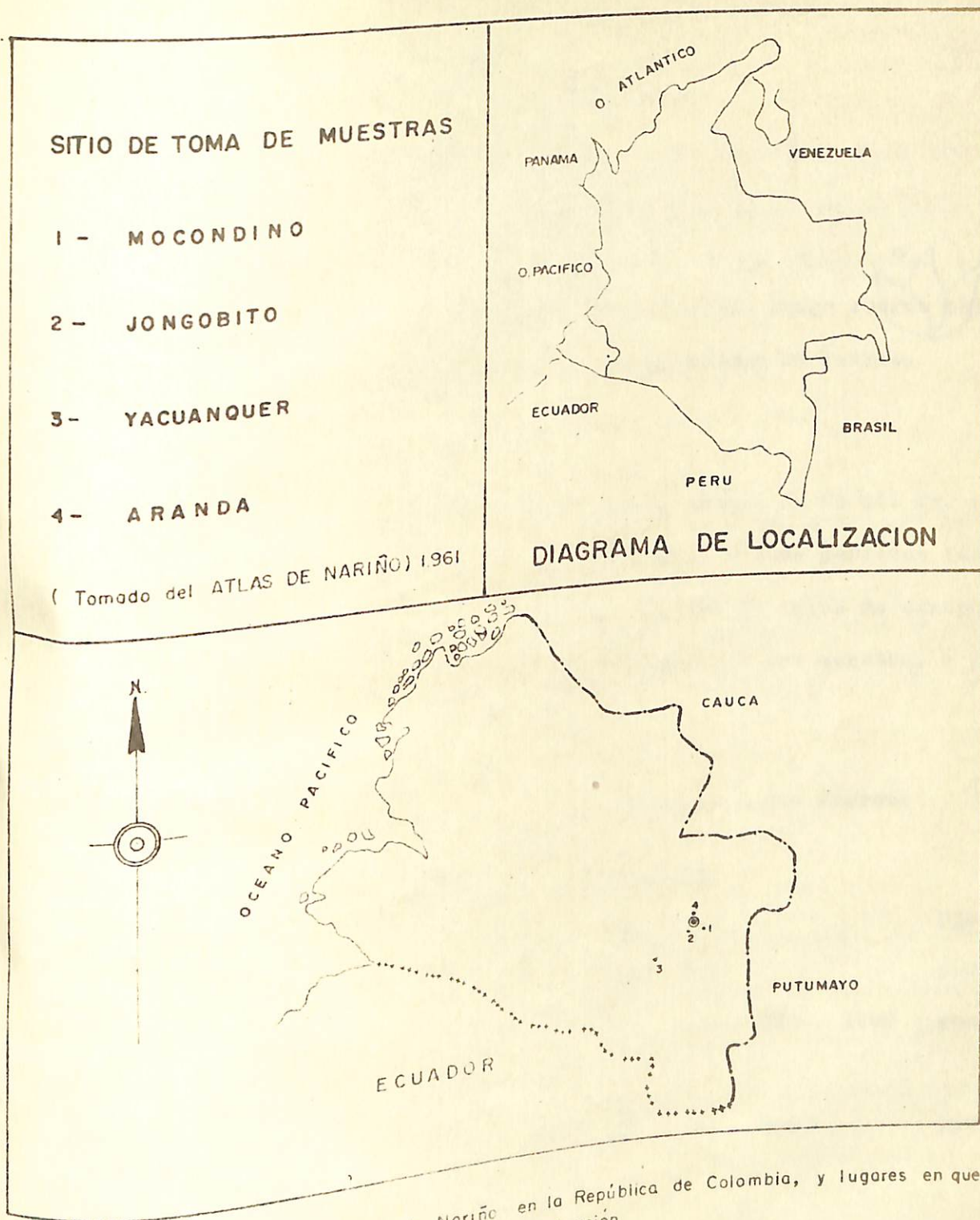


FIG. 1 - Ubicación del Departamento de Nariño en la República de Colombia, y lugares en que se tomaron las muestras de la presente investigación.

Dibujó: El Autor

3.2 Métodos

Sobre las muestras de suelos depositadas en los tarros de ensayo, se colocó en cada uno vial, con 0,3 g. de peróxido de hidrógeno y gotas de solución saturada de hidróxido de bario, para precipitar los fosfatos y otros aniones.

3.2.1 Preparación

Las muestras se secaron al aire, luego fueron molidas y tamizadas. Se guardaron luego en recipientes de vidrio.

3.2.2 Tratamientos

Se dispuso de 176 tubos de ensayo de 25 ml. Por cada período de incubación, se tomaron 88 tubos. Dichos períodos fueron: 3 y 6 semanas a 17,5°C y 75% de humedad. De los 88 tubos de ensayo empleados por período de incubación se tomaron 22 por muestra, a los cuales se les depositó 10 g. de suelo.

Los compuestos y tratamientos usados fueron:

Compuestos	Niveles o Tratamientos					ppm.
	0	25	50	100	500	
NO_3NH_4	0	25	50	100		ppm.
$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	0	25	50	100		ppm.
AZUCAR	0	---	---	---	500 1000	ppm.
NO_3NH_4	0	---	50	---	500	ppm.
+ AZUCAR	0	---	50	---	500	ppm.
$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$	0	---	50	---	500	ppm.
+ AZUCAR	0	---	50	---	500	ppm.

Sobre las muestras de suelos depositadas en los tubos de ensayo, se colocó un pequeño vial, con 0,2 g. de peróxido de bario y gotas de solución saturada de hidróxido de bario, para promover oxígeno y absorber CO_2 (21).

3.2.3 Determinación del dióxido de carbono

Se realizó según el método empleado por Cornfield (22), cuyas lecturas en ml. de CO_2 fueron acumuladas en cada período de incubación y multiplicadas por el factor 2,351, obtenido en condiciones de laboratorio, para convertir mililitros a miligramos de CO_2 por cada 10 g. de suelo.

3.2.4 Nitrógeno amoniacal

Al término de cada período de incubación, se determinó el N-NH_3 por extracción con 25 ml. de cloruro de sodio normal, agitando por 15 minutos y destilando en un aparato semimicro Kjeldhal en presencia de MgO al 12% e hidróxido de sodio de 40%. Posteriormente se tituló con H_2SO_4 0,005 N (13).

3.2.5 Nitrógeno nítrico

Siguiendo la técnica anterior, sobre el residuo, se

adicionó sulfato titanioso $Ti_2(SO_4)_3$ del 15%. El destilado se recibió en ácido bórico (H_3BO_3) con indicador y se tituló con H_2SO_4 0,005 N (13).

3.2.6. Carbono orgánico

Para dicha determinación se empleó el método de Walkley-Black (44). Se tomaron 0,5 g. de suelo, se adicionaron 20 ml. de $K_2Cr_2O_7$ IN y 20 ml. de H_2SO_4 . Se dejó enfriar la mezcla y luego se diluyó con agua hasta 300 ml. Se agregaron 10 ml. de H_3PO_4 concentrado. En seguida se añadieron 3 gotas de difenilamina y por último se tituló con $FeSO_4$ IN, hasta color esmeralda. (34).

3.2.7. Análisis de datos

Los datos de la mineralización del nitrógeno se procesaron en una computadora IBM - 1130 del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, (Costa Rica). Se realizaron pruebas de Duncan, análisis de variancia y matrices de correlación múltiple.

Se realizó el análisis de $N-NH_4^+$ en los cuatro suelos y los dos períodos de incubación con bastante dispersión, como lo denota la matriz de correlación múltiple que aparece en la Tabla II. Solamente las correlaciones de I_1 ...

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

(Tabla 4.1 Amonificación período de incubación) con X_1 (Suelo Jacaravi
ta, segundo período de incubación), X_2 (Suelo Tacaná, primer pe-

Los resultados obtenidos para la producción de $N-NH_4^+$ se pre-
sentan en la Tabla I. Se pudo apreciar que el suelo de Mocondino fue
el que mostró la capacidad amonificante más elevada en ambos perio-
dos de incubación. Los resultados más contrastantes se registraron
en el suelo de Aranda, cuyo poder de amonificación, bastante acepta-
ble en el primer período de incubación, casi desaparece en el segun-
do período. Los otros dos suelos dieron valores intermedios. El ran-
go de los valores encontrados es extremadamente amplio puesto que va
de 0 a 1.645 ppm. En general, los datos de producción de $N-NH_4^+$ se a-
semejan a los reportados en trabajos precedentes (34).

La mayor producción absoluta de $N-NH_4^+$ correspondió al suelo
de Mocondino que también fue el que contuvo el mayor porcentaje de
materia orgánica. Como indica Suárez (52), el mayor volumen de mate-
ria orgánica puede proporcionar al suelo condiciones reductoras que
propician, por tanto, el proceso de amonificación.

La acción de los distintos tratamientos en la acumulación
de $N-NH_4^+$ en los cuatro suelos y los dos períodos de incubación son
bastante dispares, como lo demostró la matriz de correlación multi-
ple que aparece en la Tabla II. Solamente las correlaciones de X_1 --

(Suelo Mocondino, primer período de incubación) con X_4 (Suelo Jongovito, segundo período de incubación), X_5 (Suelo Yacuanquer, primer período de incubación) y X_7 (Suelo Aranda, primer período de incubación) con X_5 (Suelo Yacuanquer, primer período de incubación) y X_3 (Suelo Yacuanquer, primer período de incubación) con X_7 (Suelo Aranda, primer período de incubación) dan valores superiores de 0,50 aunque inferiores a 0,60 y siempre negativas, excepto X_1 con X_5 . En términos generales se podría decir que, en el primer período de incubación el efecto de los tratamientos produce una tendencia un tanto similar en los suelos de Mocondino y Yacuanquer. Por otro lado, los signos negativos están señalando un efecto contrastante; por ejemplo, mientras que en el suelo de Mocondino los tratamientos tienden a aumentar la producción de $N-NH_4^+$, la disminuyen en los suelos de Jongovito y Aranda. En los suelos de Yacuanquer los tratamientos tienden a disminuir la producción de $N-NH_4^+$.

El tratamiento que en conjunto produjo mayor amonificación en los cuatro suelos y en los dos períodos de incubación fue la utilización de $SO_4(NH_4)_2$ en la dosis de 25 ppm., mientras que el tratamiento combinado de 50 ppm. de $SO_4(NH_4)_2$ y 500 ppm. de azúcar fue el que más disminuyó la amonificación. La prueba de Duncan realizada (Tabla II del Apéndice) indicó que el efecto promedio de cada tratamiento en la amonificación es significativamente diferente al nivel 5%. *Comunicación personal de N. Gisano y González.*

Es interesante observar que los mayores promedios de amonificación se consiguieron con las dosis de 25 y 50 ppm. de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ y NO_3NH_4 y no con las dosis de 100 ppm. Es decir, los resultados parecen demostrar que un exceso de fertilizantes amoniacales no originan un flujo grande de amonificación. Como encontraron Broadbent et al (16) es probable que un exceso de sales amoniacales sean tóxicas para los microorganismos.

Por otra parte, puesto que en muchos casos el N-NH_4^+ recuperado fue inferior al N-NH_4^+ adicionado en los tratamientos a los suelos, se puede interpretar como que parte del mismo fue retenido por los compuestos orgánicos o asimilado por los microorganismos, sin descartar algún tipo de retención por parte de las arcillas (17,2). Datos no publicados, (") han mostrado, que los suelos volcánicos son altamente fijadores de N-NH_4^+ .

La utilización del azúcar en combinación con 50 ppm. de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ y NO_3NH_4 dió promedios más bajos de amonificación que el uso de azúcar solo, aún en la dosis de 1000 ppm. y, el empleo de 500 ppm. produjo más N-NH_4^+ que el uso de 100 ppm. de cualquiera de las sales mencionadas. La teoría general de Alexander (2) preconiza que

(") Comunicación personal de M. Blasco y González.

TABLA II
TABLA I

ANÁLISIS DE CORRELACION MULTIPLE, MEDIAS Y DESVIACIONES ESTÁNDAR PARA EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCION DE $N-NH_4^+$ EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DURANTE 3 Y 6 SEMANAS DE INCUBACION (17,5°C DE TEMPERATURA Y 75% DE HUMEDAD RELATIVA). RESULTADOS EN ppm.

TRATAMIENTOS COMPUESTO ppm.	SUELOS								
	MOCONDINO		JONGOVITO		YACUANQUER		ARANDA		
	3 SEMANAS	6	3 SEMANAS	6	3 SEMANAS	6	3 SEMANAS	6	
TESTIGO	0	1607	14	29	22	49	20	78	1
$NO_3 NH_4$	25	1645	113	25	22	78	60	38	1
"	50	1886	1038	78	25	33	45	188	2
"	100	27	439	76	23	38	113	211	9
$SO_4(NH_4)_2$	25	1427	981	37	26	29	82	28	110
"	50	1228	899	42	21	77	120	24	1
"	100	420	279	31	25	36	25	23	1
AZUCAR	500	927	259	72	23	26	118	181	1
"	1000	197	0	33	34	27	78	209	1
$NO_3 NH_4$	50					37	28	189	1
+	30		54	25	28				
AZUCAR	500								
$SO_4(NH_4)_2$	50					29	46	66	1
+	23		21	91	25				
AZUCAR	500								

PERIODO 1 = 3 SEMANAS INCUBACION; PERIODO 2 = 6 SEMANAS INCUBACION.

TABLA II

MATRIZ DE CORRELACION MULTIPLE, MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR PARA LA PRODUCCION DE $N-NH_4^+$ EN LOS DIFERENTES SUELOS Y PERIODOS DE INCUBACION DEBIDO AL USO DE DIFERENTES TRATAMIENTOS

X_1	1,00								
X_2	0,33	1,00							
X_3	-0,36	0,20	1,00						
X_4	-0,53	-0,25	-0,16	1,00					
X_5	0,55	0,08	-0,40	-0,57	1,00				
X_6	0,04	0,38	0,30	-0,17	0,13	1,00			
X_7	-0,54	-0,15	0,33	0,45	-0,50	0,16	1,00		
X_8	0,00	0,47	0,16	-0,04	-0,23	0,39	0,03	1,00	
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	

Nº DE OBSERVACIONES POR VARIABLE = 11

VARIABLE	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
X_1	769,5	623,3
SUELO 1 PERIODO 1 : X_2	370,0	391,2
SUELO 1 PERIODO 2 : X_3	49,0	23,7
SUELO 2 PERIODO 1 : X_4	24,9	3,4
SUELO 2 PERIODO 2 : X_5	41,7	17,9
SUELO 3 PERIODO 1 : X_6	66,1	35,2
SUELO 3 PERIODO 2 : X_7	112,2	78,1
SUELO 4 PERIODO 1 : X_8	2,6	3,2

SUELO 1 = MOCONDINO; SUELO 2 = JONGOVITO; SUELO 3 = YACUANQUER; SUELO 4 = ARANDA.
 PERIODO 1 = 3 SEMANAS INCUBACION; PERIODO 2 = 6 SEMANAS INCUBACION.

Mocondino > Aranda > Yacuanquer > Jongovito, que es el mismo orden establecido para el contenido de materia orgánica (Ver Tabla I del Apéndice). Este resultado puede interpretarse en el sentido de que, aún dentro de una región más o menos homogénea, como es el Altiplano de Pasto, el comportamiento de los suelos es diferente. Es evidente por tanto la diferenciación de los suelos debido a condiciones o factores de microclima, topografía y organismos. Es probable que los otros factores de formación, material parental y edad (36), tengan un menor influjo en la diferenciación puesto que las eyecciones del volcán Galeras, cubren todo el Altiplano y, por otro lado, la velocidad de meteorización (senectud) puede considerarse bastante similar en toda la región. Dada la secuencia paralela de amonificación y contenido de materia orgánica, parece lógico pensar que el factor biológico (organismos) sea el más importante en el proceso de amonificación en el Altiplano. (Tabla IV del Apéndice) demostró que,

al nivel 53, no existe diferencia significativa para la producción de nitrógeno en los suelos, derivada de los distintos tratamientos. Sin embargo, es conveniente citar los resultados de los tratamientos. El efecto de los distintos tratamientos empleados sobre el proceso de la nitrificación aparecen en la Tabla III. Al igual que han encontrado Escobar y Martínez (24), Ibarra y Melo (34) y Viveros (57) en distintos suelos ácidos colombianos, la nitrificación en los suelos estudiados del Altiplano es aceptable, con la exclusión del comportamiento de el suelo de Aranda en el segundo período de incubación

donde la cantidad de $N-NO_3^-$ obtenida es extremadamente baja. Como seña la Jackson (35) muchas razas de microbios nitrificantes se adaptan a medios ácidos y pueden seguir los procesos de conversión de los compuestos orgánicos a $N-NO_3^-$ sin mayor dificultad.

La matriz de la Tabla IV solo muestra una correlación elevada (0,73) entre X_3 (suelo Jongovito, primer período de incubación) y X_8 (suelo Aranda, segundo período de incubación), y una correlación media (0,59) entre X_4 (suelo Jongovito, segundo período de incubación) y X_6 (suelo Yacuanquer, segundo período de incubación). En conjunto se puede decir que no hubo similitud de respuesta en la producción de $N-NO_3^-$ ocasionada por los distintos tratamientos en los suelos y períodos de incubación observados.

La prueba de Duncan (Tabla IV del Apéndice) demostró que, al nivel 5%, no existe diferencia significativa para la producción promedio de $N-NO_3^-$ en los suelos, derivada de los distintos tratamientos. Sin embargo, es conveniente anotar que cualquiera de los tratamientos produjo más $N-NO_3^-$ que el testigo. El promedio más elevado corresponde al tratamiento de 500 ppm. de azúcar (33,5 ppm.) pues si bien es superado por el tratamiento de 50 ppm. de NO_3NH_4 (34,6 ppm.) ello se debe al contenido de $N-NO_3^-$ presente en este compuesto.

De acuerdo a Still y Wang (51), el azúcar es fácilmente me

tabolizado por los microorganismos. Al respecto, Alcoforado (1), estudiando el metabolismo del fósforo en algunos suelos de Costa Rica, encontró que la adición de azúcar mejoraba el contenido de fósforo disponible. Estos trabajos demuestran que el azúcar no solamente debe ser considerado como fuente de carbono para las necesidades protoplasmáticas de los microorganismos sino como uno de los principios energéticos. Muy posiblemente en suelos de escasa actividad microbial (por ejemplo suelos de regiones frías) la adición de un principio energético ayude a mejorarla, cosa que probablemente no ocurrirá en suelos de elevada actividad biológica en donde la aplicación de compuestos carbonáceos tenderá a causar inmovilización.

No se pretende deducir que se requiere recomendar al azúcar como fertilizante, sino que éste y otros principios energéticos deben ser explorados para procurar soluciones propias sustituyendo la importación de productos inorgánicos que cada vez escasean más en el mundo. Hasta ahora el uso del azúcar ha demostrado que no ocasiona inmovilización, efecto que se preconiza en la literatura de suelos de la zona templada. El déficit de población microbial en muchos suelos del trópico puede ser compensado en número y en potencial metabólico con el uso de sustancias que procuren la energía que pudieran faltarle al suelo.

En la Tabla V del Apéndice, la prueba de Duncan señaló que

TABLA III

los suelos de Jongovito y Yacuanquer se comportaron similarmente en cuanto al promedio de producción de $N-NO_3^-$ ocasionado por los diferentes tratamientos. Es interesante destacar que, al revés de lo que ocurrió para la amonificación, la nitrificación fue mayor en los suelos de menor contenido de materia orgánica.

Es un resultado dentro de la lógica puesto que a medida que aumenta el porcentaje de materia orgánica hay mayores posibilidades que desarrollen condiciones de acidez y anaerobismo (52) que son más favorables al proceso de amonificación que al de nitrificación.

Se pudo apreciar también que la aplicación de NO_3NH_4 tendió a favorecer la nitrificación un poco más que el $SO_4(NH_4)_2$. Esta diferenciación coincide con lo expresado por Eno y Blue (28) y por Jackson (35), ya que el $SO_4(NH_4)_2$ crea un medio más ácido que el NO_3NH_4 y por tanto impide su más rápida oxidación a nitratos.

4.3 Mineralización e inmovilización

En la Tabla V se presentan las ganancias o mineralización y las pérdidas o inmovilización causadas por los tratamientos en relación al testigo. En el suelo Mocondino durante el primer período de incubación domina la inmovilización para pasar a mineralización

TABLA III

EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE LA PRODUCCION DE $N-NO_3^-$ EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DURANTE 3 Y 6 SEMANAS DE INCUBACION (17,5°C DE TEMPERATURA Y 75% DE HUMEDAD RELATIVA). RESULTADOS EN ppm.

TRATAMIENTOS	SUELOS									
	MOCONDINO				JONGOVITO		YACUANQUER		ARANDA	
	COMPUESTO	ppm.	3 SEMANAS	6 SEMANAS	3 SEMANAS	6 SEMANAS	3 SEMANAS	6 SEMANAS	3 SEMANAS	6 SEMANAS
TESTIGO	0	25	0	38	32	39	32	29	1	
NO_3NH_4	25	20	32	40	31	48	39	44	2	
"	50	27	25	74	28	45	31	43	4	
"	100	31	25	35	37	46	64	24	1	
$SO_4(NH_4)_2$	25	35	35	26	20	39	27	37	1	
"	50	9	43	48	25	38	25	33	1	
"	100	28	37	42	34	31	28	33	2	
AZUCAR	500	39	43	55	33	34	27	36	1	
"	1000	41	0	44	34	37	27	36	1	
NO_3NH_4	50			43	28	35	26	28	1	
+ AZUCAR	35		36							
AZUCAR	500									
$SO_4(NH_4)_2$	50			55	31	30	38	37	2	
+ AZUCAR	35		1							
AZUCAR	500									

SUELO 1 = MOCONDINO; SUELO 2 = JONGOVITO; SUELO 3 = YACUANQUER;
 SUELO 4 = ARANDA.
 PERIODO 1 = 3 SEMANAS INCUBACION; PERIODO 2 = 6 SEMANAS INCUBACION.

TABLA IV

MATRIZ DE CORRELACION MULTIPLE, MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR PARA LA PRODUCCION DE $N-NO_3^-$ EN LOS DIFERENTES SUELOS Y PERIODOS DE INCUBACION

X_1	1,00								
X_2	-0,30	1,00							
X_3	-0,03	-0,04	1,00						
X_4	0,24	-0,34	0,09	1,00					
X_5	-0,36	0,08	-0,06	-0,01	1,00				
X_6	-0,01	-0,12	-0,21	0,59	0,38	1,00			
X_7	-0,08	0,04	0,45	-0,30	0,19	-0,36	1,00		
X_8	0,15	-0,03	0,73	-0,03	0,24	0,03	0,63	1,00	
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	

Nº DE OBSERVACIONES POR VARIABLE = 11

VARIABLE	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR
SUELO 1 PERIODO 1 : X_1	29,5	8,8
SUELO 1 PERIODO 2 : X_2	25,1	16,2
SUELO 2 PERIODO 1 : X_3	45,4	12,0
SUELO 2 PERIODO 2 : X_4	30,2	4,5
SUELO 3 PERIODO 1 : X_5	38,3	5,6
SUELO 3 PERIODO 2 : X_6	34,0	10,5
SUELO 4 PERIODO 1 : X_7	34,5	5,7
SUELO 4 PERIODO 2 : X_8	1,5	0,8

SUELO 1 = MOCONDINO; SUELO 2 = JONGOVITO; SUELO 3 = YACUANQUER;

SUELO 4 = ARANDA.

PERIODO 1 = 3 SEMANAS INCUBACION; PERIODO 2 = 6 SEMANAS INCUBACION.

en el segundo período de incubación. Aún en los dos casos negativos (tratamientos de 1000 ppm. de azúcar y combinado de $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ y azúcar), la cantidad de nitrógeno inmovilizado disminuye muy considerablemente en el segundo período de incubación. Esto significa que en las tres primeras semanas de incubación los microbios asimilaron el nitrógeno adicionado al suelo, multiplicándose en población y aumentando en actividad. En el segundo período la liberación del nitrógeno supera a la asimilación dando origen a una ganancia neta o N-mineralizado. En términos prácticos significa que la aplicación de fertilizantes nitrogenados a este suelo ocasiona una fuerte competencia de los microorganismos contra las plantas, en las primeras semanas de aplicación con excepción del tratamiento NO_3NH_4 al nivel de 25 ppm. Similar tendencia mostró el suelo de Yacuanquer.

Por el contrario, los suelos de Jongovito y Aranda son más irregulares y con cierta tendencia a pasar de mineralización en el primer período a inmovilización en el segundo. Podría pensarse que los microorganismos de estos suelos son más activos que los habituales de los suelos de Mocondino y Yacuanquer y por tanto inmovilizan más nutrimentos. Es probable que la mineralización se presente a partir de las 10-15 semanas. En todo caso, desde el punto de aseguibilidad de nitrógeno para las plantas, el comportamiento de los suelos de Mocondino y Yacuanquer es más favorable que el de Aranda y Jongovito.

4.4 Producción de CO₂

En el caso presente la temperatura fue de 17,5°C y como es bien conocido el metabolismo aumenta con la temperatura.

En la Tabla VI aparecen los datos obtenidos. Coincidiendo con los resultados obtenidos por otros autores (8,25,32), la producción de CO₂ fue mayor en el primer período de incubación que en el segundo, explicándose este fenómeno porque el humedecimiento inicial de los suelos produce un flujo bien marcado de abundante mineralización de los compuestos carbonáceos, además de que al principio los compuestos orgánicos más fácilmente atacables son más abundantes, quedando, a medida que avanza la mineralización, los compuestos carbonáceos más difíciles de romper (ligninas, sustancias quinoideas, polifenoles, etc) por los microorganismos. De acuerdo con Alcoforado (1), todos los experimentos de mineralización de carbono en pruebas de incubación pueden ajustarse a una curva logarítmica $Y = A \cdot X^B$ donde, X es la variable de respuesta, A constante, X variable de tiempo (semanas de incubación) y B la tasa de cambio por unidad de X .

Puesto que en la prueba de incubación no se utilizaron macroplantas, toda la producción de CO₂ se derivó de la actividad microbial, que fue inferior a la registrada por Viveros para los suelos del Altiplano de Pasto (57). La explicación radica en que las incubaciones que realizó este autor fueron a 30°C, mientras que en los primeros suelos estudiados durante los 6 meses de incubación...

en el caso presente la temperatura fue de 17,5°C y como es bien conocido el metabolismo aumenta con la temperatura.

Si otros factores no alterasen el metabolismo del suelo, habría que esperar una secuencia de actividad determinada por la cantidad de materiales orgánicos disponibles, en el caso actual: Mocondino > Aranda > Yacuanquer > Jongovito. Sin embargo no ocurrió así ya que, si en lugar de considerar los valores absolutos de producción de CO₂ (Tabla VI) los relacionamos con el porcentaje de materia orgánica mineralizada (Tabla VII) se tendrá el orden Aranda > Jongovito > Yacuanquer > Mocondino, lo cual concuerda con la producción de mineralización anotada previamente, donde se aprecia que las cantidades de nitrógeno mineral obtenidas en los suelos de Aranda y Jongovito son inferiores a las correspondientes de los suelos Yacuanquer y Mocondino.

De lo anterior se deduce que los compuestos orgánicos de los suelos de Aranda y Jongovito son más frescos y fáciles de descomponer que los materiales orgánicos de los suelos de Yacuanquer y Mocondino.

De ahí que los microorganismos inmovilicen más nitrógeno en los primeros suelos citados durante las 6 semanas de incubación.

TABLA VII

POCENAJES MAXIMOS Y MINIMOS DE MATERIA ORGANICA MINERALIZADA EN
 Cabe también considerar el hecho de que en los suelos de Yacuanquer
 cada suelo en el periodo de 5 semanas de incubación
 y Mocondino la materia orgánica este acooplejada, mediante el alu-

minio a los componentes inorgánicos. Al respecto Blasco (8) encon-
 tró que el suelo de Cervantes (Costa Rica) con su elevado porcenta-
 ja de alófana, proporcionaba menor mineralización de la materia or-
 gánica, que los suelos de reciente formación a partir de las cen-
 zas del volcán Irazú, donde todavía no se detectaba la estructura-
 ción alofánica.

SUELO	TRATAMIENTO	NO. (NH ₄) ₂ SO ₄	NO. NH ₃	NO. NH ₄	NO. NH ₄ + NO. NH ₃	NO. NH ₄ + NO. NH ₃ + NO. (NH ₄) ₂ SO ₄
MOCONDINO	300	3.5	35.000	3.2	3.2	2.52
	100	3.3	35.000	3.0	3.0	2.35
	25	1.6	16.000	4.8	4.8	2.87
JONGOVITO	300	1.6	16.000	3.4	3.4	1.86
	100	1.6	16.000	3.4	3.4	1.86
	25	1.6	16.000	3.4	3.4	1.86
YACUANQUER	300	1.8	18.000	4.6	4.6	2.55
	100	1.8	18.000	3.4	3.4	1.83
	25	1.8	18.000	3.4	3.4	1.83
ARANDA	300	2.4	24.000	7.0	7.0	3.15
	100	2.4	24.000	4.0	4.0	2.04
	25	2.4	24.000	4.0	4.0	2.04

TABLA VII

PORCENTAJES MAXIMOS Y MINIMOS DE MATERIA ORGANICA MINERALIZADA EN CADA SUELO EN EL PERIODO DE 6 SEMANAS DE INCUBACION

SUELO	TRATAMIENTO COMPUESTO	SUELO		MINERALIZADO EN INCUBACION Cmg/10g. Cppm.	% DE M.O.	
		ppm. %C	- Cppm		MINERALIZADA %C	% M.O.
MOCONDINO	SO ₄ (NH ₄) ₂	50		9,2	2,62	4,51
	+	3,5	35.000	9,2	2,62	4,51
JONGOVITO	AZUCAR	500		3,0	0,85	1,46
	SO ₄ (NH ₄) ₂	100	3,5 35.000	3,0	0,85	1,46
	NO ₃ NH ₄	25	1,6 16.000	4,6	2,87	4,94
	SO ₄ (NH ₄) ₂	100	1,6 16.000	2,4	1,50	2,58
YACUANQUER	SO ₄ (NH ₄) ₂	50		4,6	2,55	4,39
	+	1,8	18.000	4,6	2,55	4,39
ARANDA	AZUCAR	500		2,4	1,33	2,29
	NO ₃ NH ₄	100	1,8 18.000	2,4	1,33	2,29
	NO ₃ NH ₄	50		7,6	3,16	5,44
	+	2,4	24.000	7,6	3,16	5,44
	AZUCAR	500		4,9	2,04	3,51
	SO ₄ (NH ₄) ₂	25	2,4 24.000	4,9	2,04	3,51

V. CONCLUSIONES

1. En los suelos Mocondino, Jongovito, Yacuanquer y Aranda el proceso de amonificación fue más importante cuantitativamente que el de nitrificación.
2. Los valores promedios de N-NH_4^+ originados por los 11 tratamientos en los suelos fueron: Mocondino = 566,8 ppm; Aranda = 57,4 ppm; Yacuanquer = 53,9 ppm; y Jongovito = 36,9 ppm. Para la producción de N-NO_3^- los resultados promedios equivalentes a Jongovito = 37,8 ppm; Yacuanquer = 36,1 ppm; Mocondino = 27,3 ppm; y Aranda = 18,0 ppm. Se consideró que los promedios de nitrificación son aceptables, máxime cuando los suelos utilizados son ácidos.
3. En los cuatro suelos las medias de producción de N-NH_4^+ ocasionadas por los 11 tratamientos fueron entre sí significativamente diferentes al nivel de 5%. Por el contrario los tratamientos no influyeron significativamente (5%) en los promedios de producción de N-NO_3^- .
4. Los suelos de Mocondino y Yacuanquer respondieron mejor a los tratamientos que los suelos de Aranda y Jongovito, ya que en aquellos hubo mejor mineralización que en estos últimos.
5. El tratamiento que promovió más la amonificación fue el $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ a nivel de 25 ppm., mientras que el promedio más elevado

de nitrificación se consiguió con NO_3NH_4 al nivel de 50 ppm. Dosis más altas produjeron, en ambos casos, cantidades más bajas de N-NH_4^+ y N-NO_3^- .

6. El tratamiento a partir de 500 ppm. de azúcar ocupó el segundo lugar en la producción de nitratos en valor absoluto. Sin embargo, considerando el NO_3 contenido en la fórmula NO_3NH_4 -50 ppm. se demostró, que en promedio, el empleo de azúcar fue el mejor para la producción de N-NO_3^- .

7. Las facilidades de mineralización de la materia orgánica de los suelos estuvo en el orden: Aranda > Jongevito > Yacuanquer > Mocondino, lo cual significa que los dos primeros suelos presentan compuestos de mejor biodegradabilidad que los dos últimos.

VI. RESUMEN

Los cuatro suelos (Mocondino, Jongovito, Yacuanquer y Aranda) usados en este estudio están localizados en el Altiplano de Pasto (Suroeste de Colombia) y pertenecen al área influenciada por cenizas volcánicas derivadas del volcán Galeras.

El experimento fue realizado bajo condiciones de laboratorio, siendo incubados los suelos por períodos de 3 y 6 semanas a 17,5°C y una humedad de capacidad de campo. Fueron usados 11 tratamientos (NO_3NH_4 , $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ y azúcar) a diferentes niveles. El ensayo mostró que los procesos de amonificación dan valores de producción más altos que los de nitrificación; el $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ a un nivel de 50 ppm. y el azúcar a 500 ppm. fueron los tratamientos que proveyeron en promedio, el más alto nivel de N-NO_3^- . La mineralización de carbono fue en el orden: Aranda > Jongovito > Yacuanquer > Mocondino.

SUMMARY BIBLIOGRAFIA

1. ALCONONADO, C.B. 1972. Mineralización de fosforo en suelos de Pa.
 The four soils (Moccondino, Jongovito, Yacuanquer and Aranda)
 used in this study are located in the Highlands of Pasto (Sw, Colom
 bia) and belong to the area influenced by volcanic ashes derived

from the Galeras volcano.

2. ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. New
 York, Wiley. 473 p.

The experiment was carried out under laboratory conditions, being
 the soils incubated for 3 and 6 weeks periods at 17,5°C and field -

3. AYALA, M. F., GARRIGOS, R. y GARCIA, J. 1973. Estudio del exo-
 capacity moisture. Were used 11 treatments (NO_3NH_4 , $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ and
 sugar) at different levels. The assay showed that amonification pro-
 cess gave higher production values than nitrification; $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ at

50 ppm. level and sugar at 500 ppm. were the treatment which supported

4. BIRCH, H.P. 1958. The effect of soil drying on losses of some
 on average, the best N-NO_3^- production C-mineralization was in the
 order Aranda > Jongovito > Yacuanquer > Moccondino.

5. _____ 1964. Mineralization of plant nitrogen following
 alternate wet and dry conditions. Plant. and Soil. 30:43-49.

6. BLASCO, M. 1956. Studies on some aspects of nitrogen in the
 soils of Colombia. Ph. D. Thesis, University of London. 311 p.

7. _____ 1970. Microbiología de suelos. Turrialba, Costa Ri-
 ca, IICA. 247 p.

8. BLASCO, M. 1971. Efecto de la humedad sobre la mineralización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica, Turrialba, 21:7-12.
9. . 1972. Mineralización del nitrógeno en suelos tropicales y volcánicos. Suelos ecuatoriales (Colombia)4:83-92.
10. . 1972. Contenido y metabolismo del azufre en suelos volcánicos de Centroamérica. II Paner sobre suelos volcánicos de América. Paeto, Colombia, Universidad de Nariño-IICA. 13 p. (en mimeógrafo.)
11. BLASCO, M. y A.H. CORNFIELD. 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralization characteristics of the soils of Colombia. Geoderma 1:19-25.
12. . 1971. Nitrification in saline soils acidified with aluminium sulphate. Geoderma. 5:161-164.
13. BREMNER, J.M. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In Black; C.A. ed Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. pp. 1324-1325.
14. DONDIETTI, E., MARTIN, J.P. y HAIDER. 1972. Stabilization of

- amino sugar units in humic-type polymers. Soil Science Society of American Proceedings 36:597-602.
15. BORNEMISZA, E. y PINEDA, B. 1969. Minerales amorfos y mineralización del nitrógeno en suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. FAO-IICA, Turrialba, B-7:1-7.
16. BROADBENT, F.E., TYLER, K.B. y HILL, G.N. 1957. Nitrification of ammoniacal fertilizers in some California soils. Hilgardia 27:247-267.
17. BROCK, T.D. 1970. Biology of microorganisms. Englewood Cliffs, N.J., Prentice - Hall. 737 p.
18. BUENO, J. Estudio geológico del Departamento de Nariño que presenta el Laboratorio Nacional de Fomento y Minas de Pasto, el Ministerio de Minas y Petroleos. Pasto, Colombia., Informe No 625 (sin paginación).
19. BURBANO, H. I. 1973. Metabolismo del azufre en suelos agrícolas de las de Nicaragua. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, y IICA. 93 p.
20. CAMERON, R.S. THORNTON, B.K., SWIFT, R.S. y POSNER, A.M. 1972.

- Molecular weight and shape of humic acid from sedimentation and diffusion measurements on fractionated extracts. *Journal of Soil Science*. 23:394-408.
21. CORNFIELD, A.H. 1961. A Simple technique for determining mineralization of carbon during incubation of Soils treated. With organic materials. *Plant and soils*. 14:90-93.
22. _____ . 1961. Carbon dioxide production during incubation of soils treated with cellulose as a possible index of nitrogen status of soils. *Jour. Sci. Food. Agric.* 12:763-765.
23. EKPEPE, D.N. y CORNFIELD, A.H. 1966. Effects of varying static and changing moisture contents during incubation on ammonia and nitrate levels in soils. *Jour Agric. Sci.* 66:205-209.
24. ESCOBAR, E. y MARTINEZ, N. 1970. Efectos de las adiciones de calcio y celulosa en la amonificación y nitrificación de los suelos del Putumayo, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia. FACIA Universidad de Nariño. 200 p.
25. ESCOBAR, E., MARTINEZ, N. y BLASCO, M. 1972. Mineralización del carbono nitrógeno en suelos del Putumayo, Amazonas Colombiano. Efectos de la celulosa y temperatura. Turrialba,

21. ... 1962. Cell physiology. Ed. ad Philadelphia, Pa. 22:47-52.
26. ESCOBAR, G., JURADO, R., y GUERRERO, R. 1972. Propiedades físicas de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas del Altiplano de Pasto, Nariño, Colombia. Turrialba. 22:338-346.
27. ESPINEL, T.L. y MONTENEGRO, E. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 210 p.
28. ENO, G.F. y BLUE, W.G. 1957. The comparative rate of nitrification of anhydrous ammonia, urea, and ammonium sulfate in sandy soils. Soil Science Society of America Proceedings. 21:392-396.
29. EYLAR, O.R. y SCHIDT, E. L. 1959. A survey of heterotrophic microorganism from soil for ability to form nitrite and nitrate. Jour. Gen. microbial 20:473-481.
30. FORSYTHE, W.M. GAVANDE, S.A. y GONZALEZ, M.A. 1969. Propiedades físicas de suelos derivados de cenizas volcánicas considerando algunos suelos de América Latina. In Panel sobre suelos derivados de cenizas volcánicas de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA. pp. B. 31-7.

31. GIESE, A.C. 1962. Cell physiology. 2nd. ed Philadelphia, Saunders. 592 p.
32. GRANADOS, M. y BLASCO, M. 1972. Metabolismo en términos de CO₂ de los suelos cacaoteros de Turrialba, Costa Rica, Turrialba. 22:415-419.
33. HAIDER, K. y MARTIN, J.P. 1970. Humic acid-type phenolic polymers from Aspergillus Sydowi. Culture medium, Stachy Botrys app. cells and autoxidized phenol mixtures. Soil Biology and Biochemistry. 2:145-156.
34. IBARRA, A. y MELO, L. 1971. Mineralización del nitrógeno en presencia de aluminio, hierro, cobre y molibdeno en algunos suelos de Nariño, Colombia. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, FACIA, Universidad de Nariño. 133 p.
35. JACKSON, A. W. 1967. Physiological effects of soil acidity. In Pearson, R. ed. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. pp. 43-124.
36. JENNY, H. 1941. Factors of soil formation. New York, Mc Graw - Hill. 281 p.

37. KREBS, H.A. y LOWENSTEIN, J.M. 1960. The tricarboxylic acid cycle. In Greenberg, D.M. ed. Metabolic pathways. Volumen I. New York, Academic Press. pp. 129-203.
38. MAHLER, R.H. y CORDES, E.H. 1968. Basic biological chemistry. New York Harper - Row. 527 p.
39. MARSHALL, K.C. y ALEXANDER, R.M. 1962. Nitrification by Aspergillus flavus. Jour. Bacterial. 83:572-578.
40. MARTINEZ, H.N. 1972. Mineralización del nitrógeno en suelos bajo cultivo de cacao. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 85 p.
41. MARTINEZ, H.N. y BLASCO, M. 1972. Influencia de los residuos vegetales en el nitrógeno de algunos suelos de cacao en Costa Rica, Turrialba. 22:311-316.
42. MEIKLEJOHN, J. 1953. The nitrifying bacteria. A review. Jour. Soil Science 4:59-68.
43. MILLER, R.D. y JOHNSON, D.D. 1964. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution. Nitrification and ni--
Press. 101 p.

43. Nitrogen mineralization. Soil. Soc. Amer. Proc. 28:644-647.
44. MOJICA, F.S. 1960. Métodos de análisis de suelos del Departamento Agrológico del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Determinación del carbono orgánico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 54 p.
45. MORA, N. Y LEGARDA L. 1961. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Nariño, relacionados con las formaciones ecológicas. Tesis de grado. ITA. Universidad de Nariño. Pasto. 179 p.
46. MUNTZ, A. Y MARCANO, V. 1887. Sur la formation, des terres nitroes dans les regions tropicales. Ann. Chim. et Phys. pp. 550-566.
47. NONNIK, H. Y NILSSON, K.O. 1963. Fixation of ammonia by organic soils. Acta Agronómica Scandinavica 13:371-390.
48. OKE, O.L. 1970. Mineralization of soil nitrogen. Journal of the Indian Society of Soil Science. 18:297-301.
49. SHUBERT, W.J. 1965. Lignin biochemistry. New York, Academic Press. 131 p.

50. SILVA, A. y SCHAEFER, R. 1971. Interacción entre materia orgánica y aluminio en un suelo hidromórfico derivado de cenizas volcánicas (Nad; Sur de Chile) Turrialba, 21:149-156.
51. STILL, G.G. y WANG, C.N. 1964. Glucose catabolism in Azotobacter vinelandii. Archives of Biochemistry and Biophysics. 105:126-132.
52. SUAREZ, J.G. 1972. Estudio de las fracciones y volatilización del nitrógeno en dos suelos de Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 81 p.
53. SWIFT, R.S., THORNTON, B.K. and POSNER, A.M. 1970. Spectral characteristics of a humic acid fractionated with respect to molecular weight using and agar gel. Soil Science 110:93-99.
54. SWIFT, R.S. y POSNER, A.M. 1972. Autoxidation of humic acid under alkaline conditions. Journal of Soil. 23:381-393.
55. URBINA, A., SAN MARTIN, E. y SCHAEFER, R. 1969. La actividad metabólica de algunos grupos fisiológicos de microbios en suelos Nadis de Chile. I. Mineralización del C y N orgánicos en condiciones de laboratorio. Agricultura Técnica (Chile)

1e) 20:145-160.

56. VAN SCHREVEN, D.A. 1964. A comparison between the effect of fresh and dried organic materials added to soil on carbon and nitrogen mineralization. *Plant and Soil*. 20:149-165.
57. VIVEROS, M. 1973. Efecto del aluminio en la mineralización del nitrógeno en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, FACIA, Universidad de Nariño. 107 p.
58. WAKSMAN, S.A. 1952. *Soil microbiology*. Winley New York. 365 p.
59. WINOGRADSKY, S.N. y WINOGRADSKY, H. 1933. Etudes sur la microbiology du sol. *Ann. Inst. Pasteur*. 50:350-432.
60. WINOGRADSKY, S.N. 1949. *Microbiologie du sol*. Masson, Paris. 861 p.
61. ZAMBRANO, F.D. et al 1969. Atlas Agrológico del Departamento de Nariño, Pasto. ITA. Universidad de Nariño. 257 p.

TABLA 2

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS CONTROLADAS DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

	SUELOS			
	BOGOTANA	JOSQUITO	YACUANQUE	ARANDA
PH	5,80	5,80	5,30	5,80
CAPACIDAD INTER. CATIÓNICA	25,45	26,24	24,62	21,22
N-TOTAL %	0,2502	0,2444	0,4462	0,3273
N-NH ₄ ⁺ ppm.	100	24	100	100
N-NO ₃ ⁻ ppm.	10	20	21	24
ACIDIDAD ORG.	3,2	1,9	1,9	2,4
F INTERCAMBIABLE ppm.	0,52	0,50	22,42	4,79
Ca INTERCAMBIABLE mg/100g.	401,22	1412,61	261,27	1222,32
Mg " "	242,74	242,10	200,01	222,41
K " "	22,22	41,22	20,01	22,12
Na " "	222,22	221,12	100,10	220,27
NH ₄ " "	05,02	22,22	22,22	22,22
% ANIONES	24,22	22,01	44,24	22,22
% ANIONES	20,22	22,22	27,24	22,22
% ANIONES				

A P E N D I C E

TABLA I

ALGUNAS CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

CARACTERISTICA	SUELOS			
	MOCONDINO	JONGOVITO	YACUANQUER	ARANDA
PH	5,80	5,90	5,50	5,50
CAPACIDAD INTER. CATIONICO	26,46	26,34	24,62	21,39
N-TOTAL %	0,3502	0,5444	0,4463	0,3873
N-NH ₄ ⁺ ppm.	159	84	108	159
N-NO ₃ ⁻ ppm.	18	23	21	24
%CARBONO ORG.	3,5	1,6	1,8	2,4
P INTERCAMBIABLE ppm.	9,53	3,50	23,45	4,79
Ca INTERCAMBIABLE me/100g.	901,52	1813,81	861,27	1493,33
K	346,74	340,10	369,91	222,41
Na	32,36	41,02	30,91	38,12
Mg	224,22	381,13	160,10	270,07
% ARCILLAS	55,69	23,69	28,02	30,77
% ARENAS	34,31	32,01	44,64	36,86
% LIMOS	30,00	43,70	27,34	32,37

TABLA II

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA COMPARACION ENTRE MEDIAS DE N-NH₄⁺ PRODU-
DO POR LOS 11 TRATAMIENTOS

No MEDIA	Q	D	TRATA- MIENTOS	\bar{X} N-NH ₄ ⁺ ppm.
				327,50
2	2,80	9,95	5	300,75
3	3,04	10,46	6	280,87
4	3,12	10,74	3	247,62
5	3,20	11,01	2	227,50
6	3,25	11,19	1	200,00
7	3,29	11,32	8	117,00
8	3,32	11,43	4	105,00
9	3,35	11,53	7	70,12
10	3,37	11,60	9	49,00
11	3,39	11,67	10	35,25
			11	

$$G\bar{x} = 3,4435$$

D = Mínima diferencia significativa Todas las medias (\bar{X}) son sig-
nificativamente diferentes al nivel 5%.

$G\bar{x}$ = Error estandar de la media

$$Q \times G\bar{x} = D$$

Tratamiento 5: SO₄(NH₄)₂-25 ppm; 6: SO₄(NH₄)₂-50 ppm; 7: SO₄(NH₄)₂-

-100 ppm.

TABLA IV

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA COMPARACION ENTRE MEDIAS DE N-NO₃ PRODUCIDO POR LOS 11 TRATAMIENTOS

Nº MEDIA	Q	D	TRATA- MIENTOS	\bar{x} N-NO ₃ ppm.
				34,62
2	2,89	9,95	3	33,50
3	3,04	10,46	8	32,87
4	3,12	10,74	4	32,00
5	3,20	11,01	2	30,00
6	3,25	11,19	7	29,00
7	3,29	11,32	10	28,62
8	3,32	11,43	11	27,75
9	3,35	11,53	6	27,50
10	3,37	11,60	9	27,50
11	3,39	11,67	5	24,50
			1	
$\bar{x} = 3,4435$				

Al nivel de 5% no hay diferencia significativa entre las medias de N-NO₃ producido por los diferentes tratamientos. Para el significado de los tratamientos que corresponden a los números, ver Tabla I del Apéndice.

TABLA V

PRUEBA DE DUNCAN PARA LA COMPARACION ENTRE MEDIAS DE N-NO₃ PRODUCIDO EN LOS CUATRO SUELOS

Nº	SEMA DE CUADROS	LIBERADA	SUELOS	X N-NO ₃ ppm.
2	2,89	6,00	2-JONGOVITO	37,86
3	3,04	6,31	3-YACUANQUER	36,18
4	3,12	6,47	1-MOCONDINO	27,36
			4-ARANDA	18,04
G \bar{x} =				2,0765

Existe diferencia significativa al nivel 5% entre las medias de los suelos, excepto entre los suelos de Jongovito y Yacuanquer.

TABLA VI

ANALISIS DE VARIANCA PARA EL N-NH₄⁺

FUENTES DE VARIACION	SUMA DE CUADROS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO
		10	91801,797
T	918018,001	1	347384,563
P	347384,563	10	48225,882
TP	482258,875	3	1474002,503
S	4422008,013	30	99821,984
TS	2994660,006	3	192177,687
PS	576533,126	30	55160,640
TPS	1654819,252		

T = Tratamientos (11) ;
P = Periodos de incubación (2);
S = Suelos (4).

TABLA VII

ANALISIS DE VARIANCIA PARA N-NO₃

Tabla IV LA PRODUCCION DE...

FUENTE DE VARIACION	SOMA DE CUADROS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO
		10	77,436
T	774,363	1	4453,136
REGORDINO	4453,136	10	105,736
P	1057,363	3	1832,151
JONGOVITO	5496,455	30	95,984
TP	2879,543	3	1004,500
YACUANQUE	3013,500	30	94,866
S	2845,996		
ARANDA			
TS			
PS			
TPS			
REGORDINO			
JONGOVITO			
YACUANQUE			
ARANDA			

TABLA VIII

MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR OBTENIDAS POR INFLUENCIA DEL FACTOR SUELO EN LA PRODUCCION DE $N-NH_4^+$ Y $N-NO_3^-$

SUELOS	MEDIAS	DESVIACION ESTANDAR	SUMA
<u>SUELOS $N-NH_4^+$</u>			12470,0019
MOCONDINO	566,8182	569,47180	813,0001
JONGOVITO	36,9545	21,28374	1187,0002
YACUANQUER	53,9545	31,24630	1263,0002
ARANDA	57,4090	79,70521	
<u>SUELOS $N-NO_3^-$</u>			602,0001
MOCONDINO	27,8636	13,53495	833,0001
JONGOVITO	37,8636	12,13533	796,0001
YACUANQUER	36,1818	9,04821	397,0000
ARANDA	18,0454	17,40956	

TABLA IX

MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR OBTENIDAS POR INVLUENCIA DEL FACTOR PERIODOS DE INCUBACION EN LA PRODUCCION DE $N-NH_4^+$ Y $N-NO_3^-$

PERIODOS	MEDIAS	DESVIACION ESTANDAR	SUMA
$N-NH_4^+$			
3 SEMANAS	241,6136	441,45947	10631,0019
6 SEMANAS	115,9545	249,09970	5102,0009
$N-NO_3^-$			
3 SEMANAS	36,9772	10,40458	1627,0002
6 SEMANAS	22,7500	16,29113	1001,0001

AN
T Inventario (15173) 15173.
631.41

~~C227~~ CANO CORDOBA, ALFONSO

Ej. 1. Efectos de la glucosa, nitrato
Título: ~~de Amonio y sulfato de Amonio~~
sobre la mineralización de C y N.

Fecha Devol.	NOMBRE	Carnet
	<i>Herman Cusban D.</i>	

AN
T
631.41 15173
C227
Ej. 1