

**EFFECTO DEL ALUMINIO EN LA MINERALIZACION DEL
NITROGENO EN ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE
PASTO**

Por

MIGUEL VIVEROS ZARAMA
//

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

SERVICIOS
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION
UNIVERSIDAD DE NARIÑO
AL PUBLICO

Presidente de Tesis

MARIO ELASCO LANENCA I.A., Ph.D.

Coopresidente

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

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA
1.973

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

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

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A LOURDES

A MIS AMIGOS

DEDICO

Niguel Viveros Zarana

AGRADECIMIENTOS A:

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

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

FRANCO HERAL BENAVIDES I.A.

BENJAMIN SANUDO SOTILO I.A.

FRANCISCO CORTES DE LA ESPINILLA

LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS,

UNIVERSIDAD DE NARIÑO.

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIEN-

CIAS AGRICOLAS DE LA O.E.A.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y
SERVICIOS DE DOCUMENTACION
AL PUBLICO

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 Formas de nitrógeno en el suelo . . .	3
2.2 Relaciones entre los compuestos amor- fos del suelo con el nitrógeno. . . .	3
2.3 Papel del aluminio en suelos deriva- dos de cenizas volcánicas	6
2.4 El aluminio y su influencia en la nu- trición vegetal	7
2.5 Estado actual del nitrógeno en suelos volcánicos de Maricao.	8
2.6 Amonificación y nitrificación	8
III. MATERIALES Y METODOS	12
3.1 Materiales.	12
3.2 Métodos	12
3.2.1 Preparación.	14
3.2.2 Tratamientos	14
3.2.3 Determinación del dióxido de carbono.	15
3.2.4 Nitrógeno amoniacal.	15
3.2.5 Nitrógeno nítrico.	15
3.2.6 Determinación de nitrito . . .	15
3.2.7 Reacción del suelo	16
3.2.8 Población microbial.	16
3.2.9 Aluminio intercambiable. . . .	17
3.2.10 Análisis estadístico	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	19
4.1 INTERPRETACION DE LOS COEFICIENTES DE LA FUNCION DE RESPUESTA	19
4.1.1 Significado de b_0 en el modelo	

	Pág.
matemático y clasificación de tendencias	19
4.2 LOS RESULTADOS Y SU EFECTO	20
4.2.1 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la produc- ción de $N-NH_3$	20
4.2.2 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de $N-NH_3$	21
4.2.3 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la produc- ción de $N-NO_3$	23
4.2.4 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de $N-NO_3$	25
4.2.5 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la produc- ción de $N-NO_2$	27
4.2.6 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de $N-NO_2$	29
4.2.7 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la produc- ción de CO_2	31
4.2.8 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de CO_2	33
4.2.9 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre el pH de los suelos	35
4.2.10 Efectos de la aplicación de	

	Pág.
$Al(OH)_3$ sobre el pH de los suelos	36
4.2.11 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la población bacteriana	38
4.2.12 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la población bacteriana	43
4.2.13 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la población de hongos	43
4.2.14 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la población de hongos	45
4.2.15 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre el aluminio intercambiable de los suelos	47
V. CONCLUSIONES	56
VI. RESUMEN	58
SUMMARY	59
VII. BIBLIOGRAFIA	60
APENDICE	69

ILUSTRACIONES

Figura 1.	Ubicación del Departamento de Nariño en la República de Colombia, y lugares en que se tomaron las muestras de la presente investigación	Pág. 13
Tabla III.	Superficie de respuesta de ^{238}Pu con función de la aplicación de dismutantes desde de 10^{-2} a 10^{-4} y tiempos de incubación	14
Tabla IV.	Superficie de respuesta de ^{238}Pu con función de la aplicación de dismutantes desde de 10^{-2} a 10^{-4} y tiempos de incubación	15
Tabla V.	Superficie de respuesta de ^{238}Pu con función de la aplicación de dismutantes desde de 10^{-2} a 10^{-4} y tiempos de incubación	16
Tabla VI.	Superficie de respuesta de ^{238}Pu con función de la aplicación de dismutantes desde de 10^{-2} a 10^{-4} y tiempos de incubación	17
Tabla VII.	Superficie de respuesta de ^{238}Pu con función de la aplicación de dismutantes desde de 10^{-2} a 10^{-4} y tiempos de incubación	18

TABLAS

Pág.

Tabla I.	Valores promedios obtenidos de $N-NH_3$ y $N-NO_3$ en algunos suelos volcánicos de Narifo.	11
Tabla II.	Concentración promedio de $N-NH_3$ y $N-NO_3$ en algunos suelos de Narifo, bajo el efecto de 0,3% de aluminio a distintos períodos de incubación.	11
Tabla III.	Superficie de respuesta de $N-NH_3$ como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	22
Tabla IV.	Superficie de respuesta de $N-NH_3$ como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	24
Tabla V.	Superficie de respuesta de $N-NO_3$ como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	26
Tabla VI.	Superficie de respuesta de $N-NO_3$ como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	28
Tabla VII.	Superficie de respuesta de $N-NO_3$ como función de la aplicación de	

		Pág.
	distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	30
Tabla VIII.	Superficie de respuesta de $N-NO_2$ como función de la apli- cación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incuba- ción	32
Tabla IX.	Superficie de respuesta de CO_2 como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	34
Tabla X.	Superficie de respuesta de CO_2 como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	37
Tabla XI.	Superficie de respuesta de pH como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	39
Tabla XII.	Superficie de respuesta de pH como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	40
Tabla XIII.	Superficie de respuesta de p ₂ blación bacteriana como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	41

	Pág.
Tabla XIV. Superficie de respuesta de población bacteriana como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	44
Tabla XV. Superficie de respuesta de población de hongos como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	46
Tabla XVI. Superficie de respuesta de población de hongos como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación	48
Tabla XVII. Superficie de respuesta de Al -intercambiable como función de la aplicación de distintas dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación	50

**EFFECTO DEL ALUMINIO EN LA MINERALIZACION
DEL NITROGENO EN ALGUNOS SUELOS DEL ALTIPLANO DE
PASTO (")**

Por
NICUEL VIVEROS ZARANA

I. INTRODUCCION

La mineralización del nitrógeno en los suelos, es básica para la aprovechabilidad de este elemento por la planta. Dicho fenómeno se efectúa, por la acción de ciertos microorganismos que necesitan condiciones físicas y químicas óptimas en los suelos.

El pH, la aireación, la temperatura, la humedad, etc. son características que condicionan una mayor o menor mineralización, por la influencia que tienen en el desarrollo de los microorganismos.

Se conoce que en suelos volcánicos el aluminio es uno de los elementos causantes de la acidez de los mismos. Por otra parte, la alofana estabiliza la materia orgánica lo cual genera resistencia al ataque de los microorganismos, disminuyendo así, el potencial de mineralización del nitrógeno.

(") 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.

El objetivo fundamental del presente estudio, consiste en determinar la influencia del aluminio sobre la población microbial, y, por ende, sobre la mineralización del nitrógeno en suelos con influencias de cenizas volcánicas, como es el caso de los del Altiplano de Pasto.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Formas de nitrógeno en el suelo.

Blasco (15) señala que el contenido de nitrógeno total en los suelos presenta un amplio rango, siendo común el comprendido entre 0,2 y 0,7% para la capa arable. Este porcentaje, tiende a disminuir al aumentar la profundidad del perfil. Dentro de los factores de formación del suelo, es el clima quien más directamente influye en el contenido total de nitrógeno, cuyo porcentaje tiende a incrementarse al disminuir la temperatura y aumentar la precipitación, lógicamente dentro de ciertos límites.

El nitrógeno orgánico representa, comúnmente entre el 85 y 95% del nitrógeno total, y entre el 5 y 15% el nitrógeno inorgánico. Dentro del nitrógeno orgánico, un 20 a un 50% tiene naturaleza proteínica. Los ácidos nucleicos, si bien tienen importancia extraordinaria como sustrato nitrogenado, en el suelo solo representan alrededor del 1% del nitrógeno total. Hay otros compuestos orgánicos nitrogenados que posiblemente, sumen otro 1% del N-total (complejo lignina-amoniaco). Entre el 5 y 10% del nitrógeno total es considerado como amino-azúcares (glucosamina y galactosamina (15).

2.2 Relaciones entre los compuestos amorfos del suelo con el nitrógeno.

Broadbent, Jackman y McNicoll (25) realizaron estudios para establecer las relaciones entre la presencia de alofana en los suelos y los procesos

de mineralización del nitrógeno; estos autores dicen que la materia orgánica al asociarse con los minerales amorfos es fijada debido a la formación de un complejo órgano-mineral cuya naturaleza no ha sido todavía exactamente señalada.

Estudiando este mismo problema, descartaron la deficiencia de elementos nutritivos como factor de estabilidad. Dicen que no existe razón para afirmar que la poca descomposición de la materia orgánica sea debida o dependa de la población microbiana. Al introducir microorganismos procedentes de un suelo con activa descomposición orgánica, a otro suelo donde dicha descomposición era lenta, no se consiguió ningún incremento (25).

Los residuos vegetales frescos son poco afectados por la alofana y se explica, porque tales residuos tienen pocos grupos funcionales capaces de formar compuestos estables con los metales. A medida que la descomposición de la materia orgánica aumenta, se incrementa el número de estos grupos. En los suelos alofánicos se supone que los grupos funcionales se encuentran principalmente combinados con el aluminio (57).

El nitrógeno total en suelos originados a partir de cenizas volcánicas es moderadamente alto, pero existe en una forma estable.

Los suelos derivados de cenizas volcánicas con frecuencia presentan una acumulación de materia orgánica, particularmente en su capa superior. De esta consideración, relaciones de C/N pueden ser mucho más altas que para otros suelos.

El humus presenta alta resistencia al ataque microbiológico y químico y el aluminio parece estar firmemente unido al complejo orgánico (50).

Assumiendo que la lenta descomposición de materia orgánica en los suelos derivados de cenizas volcánicas se debe a la presencia de un complejo resistente en el cual la materia orgánica y coloides amorfos inorgánicos participan, surge una pregunta sobre si tales complejos podrían ser formados cuando se añaden materiales orgánicos a un suelo alofano o cuando se mezclan los suelos alofánicos y no alofánicos (50).

Los intentos para establecer las razones para la estabilidad de la materia orgánica en suelos alofánicos derivados de cenizas volcánicas han dado en su mayoría información negativa (25).

Ninguna de las evidencias experimentales sugieren que la lenta descomposición de materia orgánica en ciertos suelos es debido a la composición de la población microbiana, ya que la introducción de una población de suelos en los cuales la materia orgánica se descompone más rápidamente no cambia apreciablemente el porcentaje relativo de descomposición (25).

Residuos frescos de plantas cuando son incorporados en suelos de composición mineralógica variable, mineralizan el nitrógeno a proporciones que no difieren grandemente de un suelo a otro. El nitrógeno retirado de la materia orgánica del suelo en presencia de estos residuos de descomposición claramente reflejan, la influencia retardada de la alofana (25).

Se puede especular que residuos frescos son afectados muy poco por la alofana porque tienen algunas agrupaciones reactivas capaces de formar complejos estables con metales. Según progresa la descomposición de tales materiales, el número de agrupaciones reactivas aumenta; estas probablemente se combinan con el aluminio en suelos alofánicos en tal forma que la superficie de las moléculas de materia orgánica no provean por largo tiempo un buen exceso a las enzimas capaces de atacarlos si las agrupaciones reactivas no fueron obstruidas (25).

2.3 Papel del aluminio en suelos derivados de cenizas volcánicas.

El aluminio activo es importante en los suelos por sus efectos en el crecimiento de las plantas, estos pueden ser directos, tal como la toxicidad; indirectos como la fijación del fósforo y la contribución a la acidez del suelo. En Hawaii las plantas crecen sobre suelos de alto contenido de aluminio pero se conoce muy poco sobre los niveles de aluminio extraíble (58).

Los estudios anteriores han demostrado que el pH juega un papel importante en la cantidad de aluminio extraíble de los suelos. Se encontró una correlación directa entre pH y aluminio activo. También se notó, una posible relación entre aluminio activo y la lluvia. Además, se observó que la solubilidad del aluminio, parecía incrementarse con el aumento de acidez (58).

El ion de aluminio se liga con el oxígeno para formar una variedad de grupos funcionales

con diversas propiedades fundamentales en los suelos. Un grupo funcional de aluminio ligado provee un lugar al intercambio de catión de la capa de suelo del silicato de arcilla. La toxicidad de aluminio de un suelo ácido puede dar lugar a ligamento de aluminio y relaciones de solubilidad del producto entre los bordes de la raíz del suelo y en soluciones en el suelo y la savia. La retención de aniones por los suelos con el fosfato y sulfato está estrechamente relacionada con el ligamento de aluminio de estos aniones (44).

2.4 El aluminio y su influencia en la nutrición vegetal.

Es evidente que un suelo saturado con aluminio tendrá sobre todo bajas concentraciones de calcio, magnesio y de potasio. Las cantidades presentes de varios elementos menores serán bajas también mientras que el pH bajo, típico para estos resultados en una disponibilidad excesiva de manganeso (21).

De tal manera, especies vegetales tolerantes a concentraciones altas de aluminio y de manganeso y bajas de calcio, magnesio y potasio se desarrollarán bien en suelos de pH bajo, mientras que plantas afectadas adversamente por estas condiciones no podrán hacerlo. La fijación evidente de fosfatos, en forma poco disponible por las altas cantidades de aluminio y hierro dará una ventaja a las plantas que son eficientes extractoras de fósforo ya que existe una relación directa entre aluminio intercambiable y fosfato adsorbido (21).

El aluminio soluble es de importancia en

el suelo por su efecto tóxico sobre las plantas, por su capacidad para fijar o insolubilizar los fosfatos del suelo y desde el punto de vista económico por la cantidad de cal requerida para reducir su actividad a un nivel que no afecte el desarrollo normal de las plantas (49).

2.5 Estado actual del nitrógeno en suelos volcánicos de Nariño.

En la presente revisión se seleccionaron los valores de $N-NH_3$ y $N-NO_3$ obtenidos en diversas investigaciones sobre el nitrógeno en el Departamento de Nariño (51, 8, 42, 37).

Este criterio se tuvo en cuenta, para establecer relaciones con los valores obtenidos en el presente estudio. Las fracciones de nitrógeno, enumeradas antes, se incluyen en la Tabla I. Los valores promedios de $N-NH_3$ y $N-NO_3$, para suelos del Altiplano de Pasto, a diferentes períodos de incubación, se presentan en la Tabla II (43).

2.6 Amonificación y Nitrificación.

Blasco (14, 15) define la amonificación como la conversión de compuestos nitrogenados orgánicos en amoníaco. Se produce especialmente por la acción de diferentes microorganismos, entre ellos bacterias, hongos y actinomicetos (3, 15).

Los microorganismos que intervienen en la amonificación, realizan acciones enzimáticas que metabolizan los compuestos nitrogenados, proteínas, ácidos nucleicos, etc., en productos más simples de

fácil asimilación para las plantas (15). Consecuentemente, a la acción enzimática sigue la desaminación, que puede ser oxidativa, reductora, hidrolítica y directa (11).

Hay situaciones en las cuales la presencia de alofana en suelos de cenizas volcánicas, puede inhibir la actividad enzimática de la proteasa impidiendo los procesos de mineralización del nitrógeno proteínico (9).

Por otra parte, hay producción de úrea proveniente de los ácidos nucleicos convertidos en mononucleótidos. La ureasa, por acción hidrolítica, transforma la úrea en CO_2 y NH_3 (3, 23).

Algunos autores, (55, 4, 5, 28) definen la nitrificación como una oxidación que origina nitratos y nitritos, en base a varias clases de compuestos (hidroxilamina).

Entre los diversos factores que intervienen en la nitrificación, uno de ellos es la temperatura, que para varios investigadores, puede oscilar entre 25 y 35°C., con un rango deseable de 24 a 30°C. Con relación a los nitratos, las temperaturas bajas influyen disminuyendo su producción, debido al pequeño número de microorganismos nitrificadores que se adaptan a esta condición (41, 38, 39, 30, 15).

En cambio, el pH, otro factor que incide en la nitrificación, requiere una reacción próxima a la neutralidad, 5,7 y 6,3, siendo el punto óptimo de 6,5 (3, 19, 31, 32).

Los nitritos se acumulan especialmente en suelos básicos, con algunas excepciones en suelos ácidos, como lo anotan Reuss y Smith (61).

Blasco (15) indica que la aireación y humedad son factores que afectan las reacciones puesto que a medida que aumenta la humedad disminuye la aireación y viceversa.

La adición de materiales orgánicos al suelo reduce la mineralización del nitrógeno, ya que además de descomponerse la relación C/N los carbohidratos inhiben la acción de la proteínasa (15).

Algunos investigadores afirman que la adición de aluminio al suelo puede, en cierta forma, estimular la mineralización. Al respecto, Blasco y Cornfield (18, 20) y Blasco (15), afirman que es posible que este elemento actúe:

- a) Como protector del microorganismo al ofrecer una película que defiende al organismo a pH bajo.
- b) Puede mejorar la respiración bacterial.
- c) El aluminio disminuye la fijación del amonio.

En la mineralización también tienen importancia otros microelementos, tal es el caso del cobre, hierro y molibdeno debido a su influencia en las fijaciones biológicas del nitrógeno (47, 48, 12, 3, 6, 60, 15, 26).

TABLA I.

VALORES PROMEDIOS OBTENIDOS DE $N-NH_3$ Y $N-NO_3$
EN ALGUNOS SUELOS VOLCANICOS DE MARIÑO

LUGAR	N. AMONIAL N. NITRICO		REFERENCIA
	p.p.m.		
Altiplano de Pasto			
- CULTIVO	10.12	-----	
- BOSQUE	9.11	-----	(51)
- PRADERA	16.64	-----	
Llanura del Pacifico	-----	35.93	(8)
Altiplano de Ipiales	30.49	TRAZAS	(42)
Tiquenes	-----	156.08	(37)

TABLA II

CONCENTRACION PROMEDIA DE $N-NH_3$ Y $N-NO_3$ EN ALGUNOS
SUELOS DE MARIÑO, BAJO EL EFECTO DE 0,3% DE ALUMINIO
A DISTINTOS PERIODOS DE INCUBACION

	3 SEMANAS	6 SEMANAS	12 SEMANAS	REFERENCIA
	p.p.m.			
$N-NH_3$	62,93	151,58	82,96	(43)
$N-NO_3$	15,81	22,48	50,92	(43)

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES.

En el presente trabajo, se utilizaron muestras de suelos del Altiplano de Pasto, situado en el Departamento de Nariño, Sur-Oeste de Colombia. Las coordenadas geográficas del Departamento son $0^{\circ} 37' - 2^{\circ} 43'$ Latitud Norte y $79^{\circ} 03' - 76^{\circ} 47'$ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich (65).

Geológicamente, el Altiplano de Pasto, está formado por una mezcla de material volcánico cuas-
cajoso. La composición de las rocas eruptivas neo-
volcánicas consiste principalmente de brechas con can-
chos de andesita, bombas andesíticas, tobas de lapi-
llas y cenizas con diversos grados de compactación
(27, 52).

La zona estudiada está situada entre los 2.500 y 2.800 m.s.n.m., con una precipitación prome-
dia de 700 mm. anuales y una temperatura media de $13,5^{\circ}\text{C}$.

Expinal y Montenegro (36) señalan que la mayor parte del área pertenece a los bosques Montano bajo seco y húmedo.

Los sitios de muestreo se localizaron en las regiones de La Laguna, Catambuco y Botana (Fig. 2) en condiciones de pradera, y a la parte correspon-
diente al suelo.

3.2 METODOS.



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.

3.2.1 Preparación.

Las muestras en el laboratorio se secaron al aire, molieron, tamizaron, cuartearon y se guardaron en frascos de vidrio.

3.2.2 Tratamientos.

Se dispuso de 306 tubos de ensayo de 25 ml. ordenados así: 102 por cada período de incubación: 3, 6 y 9 semanas.

De los 102 tubos de ensayo empleados por período de incubación, se tomaron 34 por cada suelo (La Laguna, Catambuco y Botana) a los cuales se les agregó 10 grs. de suelo, respectivamente.

Los tratamientos fueron:

- | | |
|-----|-------|
| 1.- | 0,01% |
| 2.- | 0,05% |
| 3.- | 0,10% |
| 4.- | 1,00% |
| 5.- | 1,50% |
| 6.- | 2,00% |
| 7.- | 5,00% |

Se utilizó, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y $\text{Al}(\text{OH})_3$ como fuentes de aluminio, dejando 2 tubos como testigos por cada suelo.

Sobre el suelo depositado en tubos de ensayo de 25 ml., se colocó un tubo pequeño (vial), con 0,2 grs. de peróxido de bario y gotas de solución saturada de hidróxido de bario, para proveer oxígeno

y absorber CO_2 . Se taparon herméticamente los tubos y se llevaron a la estufa e incubaron a 30°C . durante 3, 6 y 9 semanas (33).

3.2.3 Determinación del dióxido de carbono.

Se realizó, según el método empleado por Cornfield (34), cuyas lecturas en ml. de CO_2 eran acumuladas en cada período de incubación y multiplicadas por el factor 2,351 obtenido en condiciones de laboratorio, para convertir mililitros a miligramos por cada 10 grs. de suelo.

3.2.4 Nitrógeno amoniacal.

Al término de cada período de incubación establecido, se determinó el N-NH_3 por extracción con 25 ml. de cloruro de sodio normal (NaCl), agitando por 15 minutos y destilando en un aparato de miniere Kjeldhal en presencia de óxido de magnesio (MgO) al 12% e hidróxido de sodio (NaOH) del 40%. Posteriormente se tituló con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,005 N (22).

3.2.5 Nitrógeno nítrico.

Siguiendo la misma técnica anterior, sobre el residuo, se adicionó sulfato titanioso ($\text{Ti}_2(\text{SO}_4)_3$) del 15%. El destilado se recibió en ácido bórico (H_3BO_3) con indicador y se tituló con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,005 N (22).

3.2.6 Determinación de nitrito.

Para la obtención de nitritos se

tomó una alícueta de 5 ml. del extracto sobrante en la primera extracción (H-NH_3). Este extracto se colocó en el frasco de destilación (semimicro Kjeldhal) añadiendo 0,1 ml. de solución de KMnO_4 acidificado, se agitó fuertemente durante la adición. Se dejó reposar dos minutos, teniendo presente que si el color del KMnO_4 se desvanece después de dicho período, se debe añadir lentamente KMnO_4 hasta obtener una coloración púrpura permanente durante dos minutos. Una vez conseguida esta oxidación, se agregó 0,1 ml. de solución ácida de FeSO_4 y se agitó hasta que desapareció el color del KMnO_4 . El proceso se realizó en presencia de 2 ml. de HgO , 10 ml. de NaOH del 40% y solución de sulfato titanioso, se tituló con H_2SO_4 0,005 N (22).

3.2.7 Reacción del suelo.

Se determinó mediante un potenciómetro tipo Beckman, con una mezcla suelo-agua 1:1 (63).

3.2.8 Población microbial.

Se siguió el proceso de aislamiento usado para las bacterias del agua y la leche, con alguna variación (59).

Se pesó 1 gr. de suelo bien homogenizado, el cual se vertió en un tubo con 9 ml. de agua destilada esterilizada. Se dejó por 15 a 20 minutos para facilitar la difusión de bacterias y estrugeturas fungosas en el agua.

Después de ese tiempo, se tomó con

una pipeta 1 ml. de la suspensión anterior y se pasó a otros 9 ml. de agua destilada esterilizada para obtener una dilución 1:10.

De la dilución anterior se midió con una pipeta 1 ml. que se pasó a un tubo de ensayo con 9 ml. de agua destilada esterilizada para obtener una dilución 1:100.

Con el mismo procedimiento anterior se obtuvo la dilución 1:1000.

De cada dilución se trasvasó 1/2 ml. en cajas de petri esterilizadas con tres replicaciones. A cada una de dichas cajas se aumentó 15 ml. de P.D.A. diluido a una temperatura aproximada de 41°C. Se realizaron movimientos giratorios para facilitar la mejor distribución de bacterias y estructuras fungosas.

Solidificado el medio, se colocaron los platos de petri en una estufa incubadora por 48 horas, a una temperatura de 20°C.

Luego, se contó el número de colonias bacteriales multiplicándose cada conteo por la dilución (1:10, 1:100 y 1:1000). El resultado se dividió por 3 (N° de diluciones diferentes) para obtener el número de bacterias por ml. de suspensión.

Para los hongos únicamente se contó el número de colonias en las tres diluciones y se dividió por tres.

3.2.9 Aluminio intercambiable.

Se obtuvo, por el método de Yuan y Fiskell, descrito por Saiz del Río y Bornemissa (62).

3.2.10 Análisis estadístico.

Los datos reportados mediante análisis químicos se procesaron en una computadora IBM 1130, del Centro Tropical de Enseñanza e Investigación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. El análisis estadístico consistió en una regresión múltiple cuyo modelo matemático (función de respuesta) fue:

$$Y = b_0 + b_1 D + b_2 S + b_{11} D^2 + b_{22} S^2 + b_{12} DS$$

donde:

D = dosis

S = semanas

Y = variable de respuesta

b_0 = constante

$b_1 D$ = efecto de las dosis

$b_2 S$ = efecto del tiempo

Coefficientes lineales

$b_{11} D^2$

$b_{22} S^2$

Coefficientes cuadráticos

$b_{12} DS$ = Efecto de la interacción, dosis por semanas.

Las matrices de correlación se obtuvieron a partir de los análisis de variancia sobre las distintas variables simultánea e independientemente de las demás fuentes de variación.

Estadísticamente se usó un modelo de superficie de respuesta porque se desea conocer el máximo de respuesta óptima de los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 INTERPRETACION DE LOS COEFICIENTES DE LA FUNCION DE RESPUESTA.

A. Cuando los coeficientes lineales son positivos y los cuadráticos negativos significa que la función de respuesta es creciente hasta llegar a un máximo, a partir del cual comienza a decrecer. Por ejemplo, el N-NH_3 aumentaría con la adición de aluminio hasta una determinada dosis para después disminuir al seguir añadiendo dosis más altas de aluminio.

B. Si los coeficientes lineales y cuadráticos son negativos, la función de respuesta es siempre decreciente. Por ejemplo, la disminución constante del pH con la adición de aluminio.

C. Para los coeficientes lineales y cuadráticos positivos, la función de respuesta es siempre creciente. Por ejemplo, en el caso de que los nitratos aumentasen continuamente con la adición de aluminio.

4.1.1 Significado de b_0 en el modelo matemático y clasificación de tendencias.

En cada caso b_0 significa una cantidad constante que expresa la concentración (N-NH_3 , N-NO_2 , etc.), valor (pH) o poblaciones microbianas iniciales. En el caso de que se utilizasen los distintos coeficientes encontrados para diseñar las curvas correspondientes, b_0 significaría el punto donde

la curva corta al eje de las "Y".

En relación a R^2 , se considera que la confiabilidad de las tendencias es baja cuando R^2 va de 0 a 25%, media para valores desde 26% hasta 50%, fuerte en el rango de 51 a 75% y muy fuerte desde 76 a 100% (").

4.2 LOS RESULTADOS Y SU EFECTO.

Los resultados de la presente investigación se presentan en las Tablas III al XVII.

Los promedios, variancias, desviaciones típicas y los valores de "r" se presentan en el Apéndice en los Cuadros del 1 al 38.

4.2.1 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la producción de $N-NH_3$.

En la Tabla III y Cuadro 1 del Apéndice se observa que en cualquiera de los tres suelos la adición de dosis crecientes de aluminio ocasionan una disminución no significativa ($b_1 = -0.00183$; -0.00192 ; -0.00377) de la producción de $N-NH_3$. Por el contrario, mientras el período de incubación muestra una disminución significativa de $N-NH_3$ para el suelo uno ($b_2 = -39.8984$), en los otros dos suelos la producción de $N-NH_3$ aumenta con el transcurso del tiempo hasta las seis semanas ($b_2 = 20.2873$; 55.7915) para disminuir a continuación (coeficientes cuadráticos $b_{22}S^2$ negativos). Al estudiar el efecto de interacción de dosis por semanas en la función de res-

(") Comunicación personal de G. Pérez.

puesta aparece en todos los casos b_{12} DS negativo, si bien no es significativo. En resumen, la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ afecta detrimentalmente, aunque en forma no significativa, la producción de $N-NH_3$ en los suelos estudiados. La confiabilidad de la tendencia observada es muy elevada para los suelos Uno ($R^2=83\%$) y Tres ($R^2 = 75\%$) y elevada para el suelo Dos ($R^2=61\%$).

La matriz de correlación (Cuadro 2 del Apéndice) demuestra que el efecto detrimental más consistente de las dosis sobre la producción de $N-NH_3$ corresponde al suelo Uno ($r = -0,723$). El suelo menos afectado es el Tres ($r = -0,368$) mientras que en el suelo Dos es intermedio ($r = -0,654$). Igual comportamiento se observa para las otras variables del experimento. Es decir, a efectos de la respuesta de producción de $N-NH_3$, el suelo Dos representaría el comportamiento medio de las tres áreas estudiadas.

4.2.2 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de $N-NH_3$

Debido a que los coeficientes lineales son positivos para los suelos Uno ($b_1 = 0,00134$) y suelo Dos ($b_1 = 0,00024$) y los coeficientes cuadráticos son iguales a cero, (el séptimo decimal daría cantidad positiva) la producción de $N-NH_3$ tiende a aumentar (no significativo) con la aplicación de dosis crecientes de $Al(OH)_3$. El suelo Tres se comporta inversamente por tener ambos coeficientes signo negativo ($b_1 = -0,00042$; $b_{11} = -0,00000$ séptimo decimal negativo), cualquier adición de $Al(OH)_3$ significa una disminución no significativa de $N-NH_3$. Con respecto a la variable tiempo de incubación los tres suelos se comportan igual, mostrando un coeficiente

TABLE III.

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE $N-NH_3$ COMO FUNCION DE LA
APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$
Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	244,473930	47,350290	-16,047010
b_1	-0,001833	-0,001928	-0,003770
b_2	-39,898475	20,287391	55,791595
b_{11}	0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	4,036909	-1,475227	-4,326951
b_{12}	-0,000077	-0,000004	-0,000127
CONF.	83,0%	61,0%	75,3%

CONF. = Coeficientes

CONF. = Confiabilidad

SUELO UNO = La Laguna

SUELO DOS = Catambuco

SUELO TRES = Botana

lineal (b_2) positivo y el cuadrático (b_{22}) negativo, lo cual señala que la producción de $N-NH_3$ aumenta hasta un máximo (seis semanas de incubación) para decaer nuevamente. En general, la aplicación de $Al(OH)_3$ a los suelos produce efectos distintos a la adición de $Al_2(SO_4)_3$ ya que en dos suelos elevó la producción de $N-NH_3$ si bien no significativamente. En la interacción de dosis por semanas de incubación se observó igual contraste entre los suelos Uno y Dos, en que el coeficiente b_{12DS} fue negativo, y el suelo Tres que dio positivo. La confiabilidad de las tendencias observadas es baja para el suelo Uno ($R^2 = 21,7\%$) y fuertes para los suelos Dos ($R^2 = 51,4\%$) y Tres ($R^2 = 59,3\%$) (Tabla IV y Cuadro 1 del Apéndice).

La matriz de correlación (Cuadro 4 del Apéndice) demuestra que solamente la relación entre las dosis y el suelo Tres tiene cierto valor ($r = -0,427$), las otras son más bajas. Existe mayor disimilitud de comportamiento de los suelos bajo los efectos del $Al(OH)_3$ que con $Al_2(SO_4)_3$. Mientras que con este último reactivo se obtienen correlaciones ($r = 0,5$) medias entre los suelos, con $Al(OH)_3$ la mejor correlación es $r = 0,380$ entre los suelos Dos y Tres.

4.2.3 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la producción de $N-NO_3$

Con relación a las dosis (Tabla V y Cuadro 6 del Apéndice) los tres suelos se comportan similarmente. En todos los casos el coeficiente lineal es positivo, $b_1 = 0,00014$ para el suelo Uno, $b_1 = 0,00034$ para el suelo Dos y $b_1 = 0,00013$ para el suelo Tres, mientras que los coeficientes cuadrá-

TAULA IV
SUPERFICIE DE RESPUESTA DE $N-NH_3$ COMO FUNCION DE LA
APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al(OH)_3$
Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	46,159470	-38,668630	41,312780
b_1	0,001345	0,000249	-0,000420
b_2	33,711273	55,220840	42,822731
b_{11}	0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	-2,086266	-4,425721	-3,617125
b_{12}	-0,000161	-0,000080	0,000123
CONF.	21,7%	51,4%	59,3%

CONF. = Coeficientes

CONF. = Confiabilidad

SUELO UNO = La Laguna

SUELO DOS = Catambuco

SUELO TRES = Rotana

ticos son negativos. Es decir, hay un aumento en la producción de N-NO_3 con relación al testigo para disminuir a continuación. Sin embargo, este aumento es muy esporádico, irregular y además no significativo. Mucho más importante que las dosis aparece el tiempo de incubación cuyos coeficientes lineales son siempre negativos. Los nitratos disminuyen a medida que transcurre el tiempo de incubación. Esta disminución es significativa en el caso del suelo Uno. La interacción b_{12}^{DS} es positiva. La confiabilidad de las tendencias es muy fuerte en todos los casos $R^2 = 98,7\%$ en el suelo Uno, $R^2 = 74,8\%$ en el suelo Dos y $R^2 = 85,1\%$ en el suelo Tres. Los resultados demuestran que la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ a los suelos se traduce en una disminución de la producción de N-NO_3 a medida que transcurre el tiempo de incubación.

La matriz de correlación (Cuadro 7 del Apéndice) muestra una relación negativa altamente significativa entre el tiempo y la producción de N-NO_3 en los suelos Uno ($r = -0,769$), suelo Dos ($r = -0,847$) y suelo Tres ($r = -0,906$). El comportamiento de los tres suelos es bastante similar ya que la correlación entre el suelo Uno y Dos es $r = 0,690$, entre Uno y Tres $r = 0,676$, y entre Dos y Tres $r = 0,851$.

4.2.4 Efectos de la aplicación de $\text{Al}(\text{OH})_3$ sobre la producción de N-NO_3

Los efectos de $\text{Al}(\text{OH})_3$ sobre la producción de N-NO_3 son muy similares a los encontrados para $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. En los tres suelos los coeficientes lineales correspondientes a las dosis son positivos ($b_1 = 0,00030$; $0,00017$; $0,00005$) y los cuadráticos

TABLA V

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE H-NO_3 COMO FUNCION DE LA
 APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	125,782860	63,043570	61,304320
b_1	0,000142	0,000349	0,000137
b_2	-36,037277	-7,805236	-6,231334
b_{11}	-0,000000	-0,000000	-0,000000
b_{22}	2,549242	0,209851	0,030852
b_{12}	-0,000001	0,000022	0,000022
CONF.	99,7%	74,8%	85,1%

CONF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

negativos. Los primeros incrementos de las dosis tienden a aumentar, aunque en forma no significativa, la producción de H-NO_3 . El período de incubación tiene mucha más importancia, todos los coeficientes lineales son negativos ($b_2 = -33,6656; -12,1382; -4,4105$), lo cual indica una disminución significativa en la producción de H-NO_3 a medida que transcurre el tiempo. La interacción de las dos variables, dosis y tiempo, es negativa para los suelos Uno y Dos y positiva para el suelo Tres. La confiabilidad de las tendencias es muy fuerte en todos los casos $R^2 = 87,2\%$ para el suelo Uno, $R^2 = 82,4\%$ para el suelo Dos y $R^2 = 95,5\%$ para el suelo Tres. Se observa que el tiempo tiene mayor influencia en la disminución de H-NO_3 que las dosis (Tabla VI y Cuadro 6 del Apéndice).

La matriz presentada en el Cuadro 9 del Apéndice, al igual que la referida al efecto del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, muestra una relación negativa altamente significativa entre el tiempo de incubación y la producción de H-NO_3 en los suelos Uno ($r = -0,715$), suelo Dos ($r = -0,890$) y suelo Tres ($r = -0,973$). El comportamiento de los suelos es bastante similar ya que sus correlaciones son $r = 0,748$ (suelos Uno y Dos), $r = 0,684$ (suelos Uno y Tres) y $r = 0,880$ (suelos Dos y Tres). Por otro lado, se puede observar que no existe ninguna correlación entre las dosis aplicadas y su incidencia en la producción de H-NO_3 en los tres suelos.

4.2.5 Efectos de la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre la producción de H-NO_2

En la Tabla VII y II del Apéndice se ve que en los suelos Uno y Tres el aumento de las

TABLE VI

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE $N-NO_3$ COMO FUNCION DE LA
 APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al(OH)_3$
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	115,381010	73,631400	55,097200
b_1	0,000306	0,000177	0,000055
b_2	-53,665603	-12,138263	-4,410524
b_{11}	-0,000000	-0,000000	-0,000000
b_{22}	2,406061	0,561698	-0,117301
b_{12}	-0,000019	-0,000002	0,000018
CONF.	87,2%	82,4%	95,5%

CONF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

dosis produce una disminución ($b_1 = -0,00260$; $-0,00340$) de la concentración de $N-NO_2$, y en el suelo Dos un aumento ($b_1 = 0,00033$), aunque en ambos casos no es significativo. Además, en el suelo Dos dicho efecto desaparece después por ser su coeficiente cuadrático negativo. En cuanto al tiempo el suelo Uno disminuye hasta las seis semanas de incubación ($b_2 = -46,5659$) llegando a un mínimo para aumentar después de nueve semanas ($b_{22} = 5,6911$). Por otro lado, los suelos Dos y Tres aumentan hasta un máximo que se encuentra a las seis semanas de incubación ($b_2 = 198,31$; $113,53$) para disminuir después ($b_{22} = -14,4128$; $-8,4564$). En el caso de estos suelos Dos y Tres los aumentos y disminuciones de concentración de $N-NO_2$ con el transcurso del tiempo son significativos. La interacción de dosis por tiempo es negativa en los suelos Uno y Tres y positiva en el caso del suelo Dos. La confiabilidad es media $R^2 = 43,8\%$ para el primer suelo, $R^2 = 49,4\%$ para el suelo Dos y $R^2 = 47,1\%$ para el suelo Tres. Se puede apreciar que en cualquier caso la producción de $N-NO_2$ es muy elevada. La adición de $Al_2(SO_4)_3$ ocasiona concentraciones más altas de $N-NO_2$ que de $N-NH_3$ y $N-NO_3$ en los tres suelos estudiados.

La matriz del Cuadro 12 del Apéndice demuestra que todas las correlaciones son pobres, siendo entre ellas mejores las que corresponden al tiempo de incubación de los tres suelos.

4.2.6 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la producción de $N-NO_2$

Las dosis afectan en forma no significativa la producción de $N-NO_2$ en los tres suelos

TABLA VII

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE $N-NO_2$ COMO FUNCION DE LA
APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$
Y TIEMPOS DE INCUBACION

COEF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	277,939510	-370,326720	-131,272790
b_1	-0,002605	0,000339	-0,003406
b_2	-46,565986	198,312500	113,538452
b_{11}	0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	5,691142	-14,412841	-8,456424
b_{12}	-0,000372	0,000238	-0,000369
CONF.	43,8%	49,4%	47,1%

COEF. = Coeficientes
CONF. = Confiabilidad
SUELO UNO = La Laguna
SUELO DOS = Catambuco
SUELO TRES = Botana

estudiados. En los suelos Uno y Dos el aumento de las densas tiende a disminuir la concentración de H-NO_2 ($b_1 = -0,00386$; $-0,00362$) mientras que en el suelo Tres ocurre lo contrario ($b_1 = 0,0069$) y aunque hasta cierto límite por ser el coeficiente cuadrático negativo. Los tres suelos presentan coeficientes lineales positivos para los efectos del tiempo ($b_2 = 22,1538$; $212,9736$; $241,9112$) siendo el incremento significativo para los suelos Dos y Tres. El efecto del tiempo también llega a un máximo para decaer las concentraciones después (coeficientes cuadráticos negativos). Sin embargo, los efectos combinados de densas y tiempo son positivos para los suelos Uno y Dos, es decir la producción de H-NO_2 tiende a aumentar, mientras que en el suelo Tres es negativo, y las concentraciones disminuyen a partir de la sexta semana. En resumen, la adición de Al(OH)_3 con el transcurso del tiempo tiende a favorecer la producción de nitritos. La confiabilidad de los resultados es fuerte para el suelo Uno, $R^2 = 64\%$ y suelo Dos, $R^2 = 56\%$, y media para el suelo Tres (Tabla VIII y Cuadro II del Apéndice).

La matriz de correlación (Cuadro 14 del Apéndice) demuestra la existencia de correlaciones muy bajas entre los distintos factores y suelos estudiados, con la excepción de la que existe entre el suelo Uno y los períodos de incubación ($r = 0,677$).

4.2.7 Efectos de la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre la producción de CO_2

En los tres suelos la adición (Tabla IX y Cuadro 16 del Apéndice) de densas crecientas

Se aplicó el método de los mínimos cuadrados para determinar los coeficientes de la ecuación de la superficie de respuesta de H_2NO_2 como función de la aplicación de distintas dosis de $Al(OH)_3$ y tiempos de incubación.

TABLA VIII

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE H_2NO_2 COMO FUNCION DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al(OH)_3$ Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	139,010620	-333,315360	-427,546810
b_1	-0,003869	-0,003628	0,006833
b_2	22,153827	212,973694	241,911285
b_{11}	0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	-0,098656	-17,635028	-17,832481
b_{12}	0,000652	0,000065	-0,000329
CONF.	64,0%	56,0%	49,1%

- CONF. = Coeficientes
- CONF. = Confiabilidad
- SUELO UNO = La Laguna
- SUELO DOS = Catambuco
- SUELO TRES = Botana

de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ocasiona una disminución, en el suelo Dos significativa, en la producción de CO_2 ($b_1 = -0,000391; -0,000895; -0,000131$). El transcurso del tiempo representa un aumento de CO_2 puesto que la medida del metabolismo en el laboratorio fué acumulativa ($b_2 = 8,7782; 4,5297; 7,4187$). Al estudiar los efectos combinados de dosis y tiempo, los coeficientes matemáticos son siempre negativos, indicando que el efecto de las dosis es el predominante. En resumen, la actividad metabólica de los suelos es afectada detrimentalmente por el incremento del aluminio en el suelo, si bien no en forma significativa. La confiabilidad de los datos para el suelo Uno es fuerte $R^2 = 66,7\%$, los mismo que para el suelo Dos donde $R^2 = 74,6\%$, y para el suelo Tres es muy fuerte $R^2 = 82,4\%$.

Los datos presentados en la matriz (Cuadro 17 del Apéndice) son consistentes en mostrar una correlación negativa para los efectos de las dosis, y correlaciones positivas para los efectos del tiempo en los tres suelos. Además, el comportamiento de los tres suelos es muy similar entre sí para esos dos factores ya que las correlaciones son elevadas ($r = 0,879$ suelos Uno por Dos; $r = 0,859$ suelos Uno por Tres; $r = 0,816$ suelos Dos por Tres).

4.2.8 Efectos de la aplicación de $\text{Al}(\text{OH})_3$ sobre la producción de CO_2

En los suelos Uno y Tres los coeficientes lineales ($b_1 = 0,00014; 0,00027$) son positivos indicativos de que existe una tendencia inicial de aumento del metabolismo del suelo con el aumento de dosis de aluminio. Lo inverso ocurre con el suelo

Para los coeficientes b_{ij} se usaron los datos de la tabla IX
que se obtuvieron de las mediciones de CO_2 en las
lagunas de Catambuco y La Laguna de los Andes
durante la primavera de 1964.

TABLA IX

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE CO_2 COMO FUNCION DE LA
APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$
Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	-3.720100	8.693630	-5.827720
b_1	-0.000391	-0.000895	-0.000131
b_2	8.778270	4.529718	7.418755
b_{11}	0.000000	0.000000	0.000000
b_{22}	-0.382686	-0.160478	-0.413548
b_{12}	-0.000039	-0.000017	-0.000015
CONF.	66.7%	74.6%	82.4%

CONF. = Coeficientes
CONF. = Confiabilidad
SUELO UNO = La Laguna
SUELO DOS = Catambuco
SUELO TRES = Rotana

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA Y DOCUMENTACION
SERVICIOS AL PUBLICO

Dos. La tendencia inicial se mantiene en el suelo Uno puesto que el coeficiente cuadrático es también positivo. En cualquier caso la influencia de las dosis sobre la producción de CO_2 no es significativa. Al igual que ocurrió con la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ la cantidad de CO_2 aumenta con el transcurso de la incubación en forma significativa. Esta respuesta debe alcanzar un óptimo para decrecer nuevamente ya que los coeficientes cuadráticos son negativos. El efecto combinado de dosis y tiempo es positivo para el suelo Dos y negativo para los suelos Uno y Tres. En resumen, el metabolismo de los suelos estudiados es muy escasamente afectado en forma negativa por la adición de $\text{Al}(\text{OH})_3$ y aún en el suelo Dos produce un incremento aunque no significativo. La confiabilidad de las tendencias estudiadas son muy fuertes $R^2 = 92,4\%$ para el suelo Uno, $R^2 = 78,6\%$ para el suelo Dos, y $R^2 = 88,0\%$ para el suelo Tres (Tabla I y Cuadro 16 del Apéndice).

La matriz que se presenta en el Cuadro 19 del Apéndice demuestra que existe una elevada correlación entre la producción de CO_2 y el tiempo de incubación $r = 0,938$ para el suelo Uno, $r = 0,860$ para el suelo Dos y $r = 0,870$ para el suelo Tres. No existe correlación entre las dosis y el metabolismo del suelo. Por otra parte, en relación a esas características los tres suelos se comportan muy similarmente ($r = 0,847$ suelos Uno por Dos; $r = 0,873$ suelos Uno por Tres; $r = 0,771$ suelos Dos por Tres).

4.2.9 Efectos de la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre el pH de los suelos

En los tres suelos (Tabla XI y Cuadro

dro 21 del Apéndice) los coeficientes lineales correspondientes a las dosis son negativos ($b_1 = -0,00018$; $-0,00021$; $-0,00015$). Por tanto el pH disminuye, en forma significativa en los tres suelos a medida que aumenta la dosis aplicada. Los coeficientes lineales correspondientes a los efectos del tiempo de incubación también son negativos. Sin embargo, como los coeficientes cuadráticos tienen valores positivos de alguna magnitud ($b_{22} = 0,0030$; $0,0166$; $0,0160$) se produce un incremento del pH después de la sexta semana de incubación como lo demuestran los datos del laboratorio, si bien la tendencia no es significativa. Los efectos combinados de dosis por tiempo son positivos en los suelos Uno y Dos y negativos para el suelo Tres. En síntesis, la reacción del suelo se vuelve más ácida a medida que aumentan las dosis de aluminio, sin embargo la acidez que llega a un máximo después de seis semanas de aplicados los tratamientos, disminuye a las nueve semanas. La confiabilidad de las tendencias observadas es fuerte para los tres suelos $R^2 = 65,2\%$ para el suelo Uno, $R^2 = 61,6\%$ para el suelo Dos y $R^2 = 58,6\%$ para el suelo Tres.

En la matriz presentada en el Cuadro 22 del Apéndice resalta la igualdad de comportamiento de los tres suelos con respecto a la acidificación ($r = 0,982$ suelos Uno por Dos; $r = 0,951$ suelos Uno por Tres; $r = 0,933$ suelos Dos por Tres). Correlaciones negativas similares aunque más bajas aparecen como efecto de las dosis, alrededor de $r = 0,5$. No hay correlación entre la acidificación y los períodos de tiempo.

4.2.10 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre el pH de los suelos

TABLA X

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE CO_2 COMO FUNCION DE LA
 APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $\text{Al}(\text{OH})_3$
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	-20,909930	1,636830	-19,044700
b_1	0,000147	-0,000465	0,000276
b_2	15,129238	7,878063	13,497808
b_{11}	0,000000	0,000000	-0,000000
b_{22}	-0,678964	-0,370337	-0,808583
b_{12}	-0,000047	0,000030	-0,000012

CONF.	92,4%	78,6%	88,0%
-------	-------	-------	-------

CONF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Potana

La acidificación que produce el $\text{Al}(\text{OH})_3$ tiende a aumentar con el incremento de las dosis, pero a diferencia del tratamiento con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, la disminución de pH no es significativa, siendo los coeficientes lineales negativos muy pequeños ($b_1 = -0,00004$; $-0,00001$; $-0,000005$). En los suelos Uno y Dos el pH aumenta con el transcurso del tiempo hasta la sexta semana (coeficientes lineales positivos $b_2 = 0,1437$; $0,1262$) para disminuir luego a la novena semana (coeficientes cuadráticos negativos $b_{22} = -0,0185$; $-0,0135$). En el suelo Tres el comportamiento con respecto al tiempo es al revés, tiende a bajar el pH hasta la sexta semana ($b_2 = -0,2949$) para subir a la novena semana ($b_{22} = 0,0339$). La interacción de efectos de dosis y tiempo es positiva para el suelo Uno y negativa para los suelos Dos y Tres. En resumen, el $\text{Al}(\text{OH})_3$ afectó muy poco el pH de los suelos durante el experimento. La confiabilidad de los datos es baja para el suelo Uno ($R^2 = 21,7\%$), fuerte para el suelo Dos ($R^2 = 47,2\%$) y muy fuerte para el suelo Tres ($R^2 = 78,0\%$) (Tabla XII y 21 del Apéndice).

La matriz (Cuadro 24 Apéndice) demuestra que las correlaciones establecidas entre las distintas variables son bastante bajas, es decir, prácticamente actúan en forma independiente.

4.2.11 Efectos de la aplicación de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre la población bacteriana

En la Tabla XIII y 26 del Apéndice se muestra que los tres suelos se comportan igual, al sobrepasar las dosis 500 o 1.000 p.p.m. de aluminio según los casos como demuestran los datos de la

TABLA XI

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE pH COMO FUNCION DE LA
 APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al_2(SO_4)_3$
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

COEF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	5.389480	6.299560	4.806430
b_1	-0.000188	-0.000212	-0.000155
b_2	-0.044364	-0.249288	-0.104151
b_{11}	0.000000	0.000000	0.000000
b_{22}	0.003086	0.016665	0.016049
b_{12}	0.000000	0.000000	-0.000001
CONF.	65.2%	61.6%	58.6%

COEF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

TABLA XII

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE pH COMO FUNCION DE LA
 APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al(OH)_3$,
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

COEF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	6,060350	6,646930	6,642100
b_1	-0,000043	-0,000011	-0,000005
b_2	0,143792	0,126244	-0,294939
b_{11}	0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	-0,018518	-0,013579	0,033949
b_{12}	0,000001	-0,000000	-0,000000
CONF.	21,7%	47,2%	78,0%

COEF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

TABLA XIII

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE POBLACION BACTERIAL
COMO FUNCION DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS
DE $Al_2(SO_4)_3$ Y TIEMPOS DE INCUBACION

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	-0,128348	-56843,179770	-54719,078210
b_1	-12,156806	-2,098786	-3,096462
b_2	131719,969177	30954,332084	31619,765678
b_{11}	0,000174	0,000036	0,000063
b_{22}	-11451,361351	-2513,284186	-2255,434576
b_{12}	0,178702	-0,024733	-0,141647
CONF.	31,1%	25,9%	24,8%

CONF. = Coeficientes
CONF. = Confiabilidad
SUELO UNO = La Laguna
SUELO DOS = Catambuco
SUELO TRES = Botana

beratorio, la población microbiana queda enormemente reducida. En consecuencia con esto los coeficientes lineales son muy elevados ($b_1 = -12,1568; -2,0987; -3,0964$). Los coeficientes cuadráticos son positivos, indicativos de que algunas dosis más altas producen relativamente mayor población que las dosis más bajas. Por ejemplo, en el suelo Uno, tres semanas de incubación se encontró una población de 40×10 col. nias en el tratamiento de 50.000 p.p.m. de aluminio mientras que una concentración de 5.000 p.p.m. de aluminio solo permitió la supervivencia de 10×10 colonias. Sin embargo, estos aumentos son irregulares, no significativos y sin tendencia definida. Además carecen de importancia práctica. Para la variable tiempo también influye en el estudio estadístico los datos obtenidos hasta una dosis de 1.000 p.p.m. de aluminio en relación a los otros tratamientos. Al considerar los tratamientos hasta 1.000 p.p.m. se puede afirmar que en los tres suelos hay un aumento de la población bacteriana con el transcurso del tiempo aunque los períodos son distintos para alcanzar el máximo (coeficientes lineales positivos) para luego decaer (coeficientes cuadráticos negativos). Los efectos combinados de dosis y tiempo son positivos para el suelo Uno y negativos para los suelos Dos y Tres. En resumen, el aluminio afecta a la población bacteriana cuando su concentración supera las 1.000 p.p.m. La confiabilidad de las tendencias es media para los suelos Uno ($R^2 = 31,1\%$) y Dos ($R^2 = 25,9\%$) y baja para el suelo Tres ($R^2 = 24,8\%$).

Las correlaciones obtenidas en la matriz presentada en el Cuadro 27 del Apéndice son bastante pobres, indicando que los distintos factores son independientes en su acción.

4.2.12 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la población bacteriana

El $Al(OH)_3$ afecta el crecimiento bacteriano en forma distinta al $Al_2(SO_4)_3$. En las dosis el suelo Uno el efecto lineal es positivo ($b_1 = 2,4227$) y el cuadrático es negativo, en el suelo Dos el lineal es negativo ($b_1 = -1,1290$) y el cuadrático positivo, y en el suelo Tres ambos efectos son negativos. Para el tiempo el efecto lineal en los tres suelos es positivo, y el cuadrático negativo en los suelos Uno y Dos y positivo en el suelo Tres. Los efectos combinados de dosis y tiempo son negativos en los suelos Uno y Dos y positivos en el Tres. En resumen, los efectos del aluminio procedente de la fuente de $Al(OH)_3$ no observan ninguna conducta definida, produciéndose en la población bacteriana altibajos que no siguen ninguna norma significativa en relación con las dosis y el tiempo. De ahí que este panorama sea reflejado por los índices de confiabilidad que en los suelos Uno ($R^2 = 19,5\%$) y Dos ($R^2 = 19,0\%$) son los más bajos obtenidos hasta ahora en este estudio. La confiabilidad de tendencia para el suelo Tres es media ($R^2 = 32,9\%$) (Tabla XIV y Cuadro 26 del Apéndice).

De nuevo la matriz (Cuadro 29 del Apéndice) demuestra la existencia de correlaciones pobres entre las distintas variables utilizadas.

4.2.13 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre la población de hongos

Para las dosis los tres suelos muestran (Tabla XV y Cuadro 31 del Apéndice) coeficien-

TABLA XIV
 SUPERFICIE DE RESPUESTA DE POBLACION BACTERIAL COMO FUNCION
 DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS DE $Al(OH)_3$
 Y TIEMPOS DE INCUBACION

COEF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	-0,198749	5574,973640	-0,417666
b_1	2,422772	-1,129091	-4,459357
b_2	103189,593963	1385,839847	207304,375366
b_{11}	-0,000013	0,000023	-0,000018
b_{22}	-8611,904323	390,862854	-17517,332084
b_{12}	-0,312074	-0,102682	0,907497
CONF.	19,5%	19,0%	32,9%

COEF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

tes lineales positivos ($b_1 = 0,0033; 0,0010; 0,00082$). Sin embargo, el crecimiento de la población de hongos no es significativo. La influencia del tiempo muestra coeficientes lineales positivos para los suelos Uno ($b_2 = 44,2957$) y Tres ($b_2 = 65,3244$) y negativo para el suelo Dos ($b_2 = -16,4443$) pero en este suelo el coeficiente cuadrático es positivo, indicativo de que el descenso ocurre en las tres primeras semanas para aumentar después. El efecto de dosis por tiempo es positivo en el suelo Uno y negativo en los suelos Dos y Tres. En resumen, se puede señalar que, en general, hay un aumento de la población de hongos a partir de la tercera semana de incubación independientemente de la cantidad de aluminio presente en el suelo. La confiabilidad de las tendencias es media en los suelos Uno ($R^2 = 31,7\%$) y Dos ($R^2 = 25,7\%$) y baja para el suelo Tres ($R^2 = 21,5\%$).

Las distintas correlaciones observadas en la matriz del Cuadro 32 del Apéndice son muy pobres, lo cual sirve para afirmar que la población de hongos tiene poco que ver con las variables estudiadas.

4.2.14 Efectos de la aplicación de $Al(OH)_3$ sobre la población de hongos

En el suelo Uno el coeficiente lineal de las dosis es negativo ($b_1 = -0,0123$) y el cuadrático positivo. En los suelos Dos y Tres los coeficientes lineales son positivos ($b_1 = 0,0025; 0,00078$) y los cuadráticos negativos. En el efecto del tiempo los coeficientes lineales son negativos en el suelo Uno y Dos ($b_2 = -58,5788; -7,1338$) y los cuadráticos positivos. En el suelo Tres el efecto es a la inversa.

Los efectos de las dosis de $Al_2(SO_4)_3$ y tiempos de incubación sobre la respuesta de la población de hongos, se expresan en la Tabla XV. Los coeficientes de regresión y la confiabilidad de las regresiones, se expresan en la Tabla XVI.

TABLA XV

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE POBLACION DE HONGOS
COMO FUNCION DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS
DE $Al_2(SO_4)_3$ Y TIEMPOS DE INCUBACION.

COEF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	-114,351190	23,710050	-156,679040
b_1	0,003328	0,001084	0,000822
b_2	44,295730	-16,444309	65,324493
b_{11}	-0,000000	0,000000	0,000000
b_{22}	-3,302301	3,259167	-4,726185
b_{12}	0,000031	-0,000432	-0,000235
CONF.	31,7%	25,7%	21,5%

COEF. = Coeficientes
CONF. = Confiabilidad
SUELO UNO = La Laguna
SUELO DOS = Catambuco
SUELO TRES = Totana

Los efectos combinados de dosis y tiempo son positivos en los suelos Uno y Tres y negativos en el Dos. En resumen, hay cierta tendencia a que la población de hongos, similarmente a lo reportado para $Al_2(SO_4)_3$, aumente a partir de la tercera semana pero en una forma muy irregular sin atender a dosis y tiempo. La confiabilidad de las tendencias es fuerte para el suelo Uno ($R^2 = 64,0\%$) y medias para los suelos Dos ($R^2 = 42,6\%$) y Tres ($R^2 = 34,0\%$) (Tabla XVI y el del Apéndice).

La conducta independiente de la población de hongos con respecto a las variables estudiadas es confiada por la matriz de correlación que se presenta en el Cuadro 34 del Apéndice.

4.2.15 Efectos de la aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ sobre el aluminio intercambiable de los suelos.

En la Tabla XVII y 36 del Apéndice se observa que los coeficientes lineales positivos ($b_1 = 0,00061; 0,0029; 0,0036$) señalan que el aluminio intercambiable de los suelos tiende a aumentar con la aplicación de dosis crecientes de $Al_2(SO_4)_3$, siendo significativo para los suelos Dos y Tres. Sin embargo, el incremento de aluminio intercambiable no es continuo con las dosis, llega a un máximo en cada suelo para descender después según es expresado por los coeficientes cuadráticos negativos. En cuanto al tiempo, el suelo Uno tiene un coeficiente lineal negativo ($b_2 = -16,6946$), es decir el aluminio intercambiable disminuye con el transcurso del tiempo, aunque no en todos los casos y de ahí que, después de alcanzar un mínimo se presente nuevo incremento (coeficien

La superficie de respuesta de la población de hongos
 fue calculada mediante la ecuación (1) y (2) de la
 7.4497, por tanto el número de microorganismos
 en una unidad de superficie de incubación, en el suelo dos
 de las tres unidades de incubación y en el suelo
 tres de la unidad de incubación, para las

TABLA XVI

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE POBLACION DE HONGOS
 COMO FUNCION DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS
 DE $Al(OH)_3$ Y TIEMPOS DE INCUBACION.

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	184,584680	-4,089530	-73,462370
b_1	-0,012380	0,002544	0,000786
b_2	-58,578872	-7,133810	34,567710
b_{11}	0,000000	-0,000000	-0,000000
b_{22}	4,765214	2,524668	-2,845551
b_{12}	0,001645	-0,000517	0,000006
CONF.	64,0%	42,6%	34,0%

CONF. = Coeficientes
 CONF. = Confiabilidad
 SUELO UNO = La Laguna
 SUELO DOS = Catambuco
 SUELO TRES = Botana

te cuadrático positivo). Los suelos Dos y Tres tienen coeficientes lineales positivos ($b_2 = 22,5330$; $7,4449$), por tanto el aluminio intercambiable aumenta con el período de incubación, en el suelo Dos hasta las seis semanas significativamente y en el suelo Tres hasta la tercera semana de incubación, para disminuir después (coeficientes cuadráticos negativos). En todos los suelos los efectos combinados de las variables dosis y tiempo son positivos. Es decir, hay una tendencia aunque no significativa del aumento del aluminio intercambiable con los incrementos de dosis y tiempo. En resumen, llama la atención el poco aluminio intercambiable presente en los suelos no obstante que algunas dosis aplicadas eran muy elevadas. La confiabilidad de las tendencias observadas es fuerte en los tres suelos, $R^2 = 64,8\%$ para el primer suelo, $R^2 = 74,7\%$ para el suelo Dos y $R^2 = 60,5\%$ para el suelo Tres.

La matriz presentada en el Cuadro 37 del Apéndice señala una correlación generalizada de $r = 0,45$ entre las dosis y el aumento de aluminio intercambiable en los tres suelos, y existe una correlación $r = -0,563$ entre el transcurso del tiempo y el aluminio extraído en el suelo Uno. Las otras correlaciones demuestran que el comportamiento de los suelos ante las dos variables estudiadas es bastante similar ($r = 0,465$ entre suelos Uno y Dos; $r = 0,541$ entre suelos Uno y Tres, y $r = 0,661$ entre suelos Dos y Tres).

No se realizó análisis estadístico para comprobar el efecto del $Al(OH)_3$ sobre el aluminio intercambiable de los suelos. Los datos de laboratorio (ver Cuadro 36 del Apéndice) son suficien-

TABLA XVII

SUPERFICIE DE RESPUESTA DE AL-INTERCAMBIABLE
COMO FUNCION DE LA APLICACION DE DISTINTAS DOSIS
DE $Al_2(SO_4)_3$ Y TIEMPOS DE INCUBACION.

CONF.	SUELO UNO	SUELO DOS	SUELO TRES
b_0	113,308390	-50,738520	4,211940
b_1	0,000610	0,002905	0,003632
b_2	-16,694610	22,533058	7,444966
b_{11}	-0,000000	-0,000000	-0,000000
b_{22}	0,370343	-1,901154	-0,895035
b_{12}	0,000301	0,000034	0,000008

CONF.	64,8%	74,7%	60,5%
-------	-------	-------	-------

CONF. = Coeficientes
CONF. = Confiabilidad
SUELO UNO = La Laguna
SUELO DOS = Catambuco
SUELO TRES = Dotana

temente estables para demostrar por si solos que el efecto fué nulo.

Como aspecto característico más notable del estudio, se puede decir que el aumento de la concentración de aluminio en los suelos no influye en los procesos de amonificación y nitrificación; lo cual contradice las experiencias obtenidas en suelos de la zona templada, especialmente en lo que se refiere a la nitrificación (3, 28). Los datos encontrados en este trabajo son, por otra parte, concordantes con los obtenidos por Blasco y Cornfield (18, 20) en los suelos tropicales del Valle del Cauca, y por Ibarra y Melo (43) en los suelos volcánicos de Nariffo.

Probablemente los microorganismos de suelos tropicales y volcánicos son mucho menos sensibles a la acidez de los suelos que los microbios de los suelos de zonas templadas. La posición es lógica, ya que por su naturaleza los suelos tropicales y volcánicos tienen una gran cantidad de aluminio y se sabe que la microvida tiene una amplia facilidad para adaptarse a cualquier habitat. Como lo señala Odum (56) "los organismos vivos y su ambiente inerte (abiótico) están inseparablemente ligados y actúan recíprocamente entre sí". Es decir, la conjunción de la parte abiótica y los seres vivos forman la unidad básica de la ecología y del ecosistema. Anderson, et al (7) han comprobado que la flora nitrificante es capaz de adaptarse a distintas variaciones de temperatura y suelos.

Cabe anotar que al contabilizar la población bacteriana, se encontró que un exceso de a-



aluminio proveniente de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ redujo prácticamente a cero el número de colonias. Es probable, que el medio utilizado para determinar la generalidad de las bacterias no sea selectivo para la determinación de los microorganismos nitrificantes. Obviamente, algunos microorganismos heterótrofos también intervienen en la nitrificación (14), aunque también, por lo que a hongos se refiere, la población fue pequeña, y sin embargo, la nitrificación fue más o menos constante en cuanto a efectos de dosis se refiere.

(+) Respecto y, a título de información trabajos realizados por Blasco, con suelos derivados de cenizas volcánicas del Poás (Costa Rica) demostraron que existió una buena tasa de nitrificación. Sin embargo, al analizar la población microbiana de esos suelos se encontró una gran abundancia de actinomicetos y hongos, y muy escasa población bacteriana. (Los medios de aislamiento microbiano fueron distintos a los utilizados en este trabajo). Por lo tanto, es llamativa la coincidencia en la baja población bacteriana; al respecto, se podría hacer la siguiente interrogación: Tienen los actinomicetos un mayor papel en la nitrificación de los suelos volcánicos que el asignado actualmente por la literatura universal?

Una explicación concreta que se deriva del estudio realizado es que la adición de aluminio a partir de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ disminuye progresivamente con el tiempo la producción de N-NO_3 . Posiblemente, la acción tóxica del exceso de aluminio sea gradual y se requiera más de nueve semanas de incubación

(+) Comunicación personal de H. Blasco L.

para impedir la nitrificación. Esto no afecta a la población heterotrófica amonificante que sigue produciendo cantidades similares de $N-NH_3$ con el transcurso del tiempo de incubación.

Debe considerarse también que los sulfatos provenientes de $Al_2(SO_4)_3$ hasta cierto punto favorecen la acción microbiana. Los suelos con influencia de materiales volcánicos son generalmente deficientes en $S-SO_4$ (10, 35, 17), por lo tanto su adición puede mejorar la mineralización del nitrógeno. Al respecto Agarwal et al (1) encontraron que los sulfatos promovían la nitrificación de suelos volcánicos de Hawaii.

Llama la atención la gran concentración de nitritos que tienen estos suelos. Su tendencia es a incrementar con el transcurso del experimento. Sobre el particular no hay experiencias previas en suelos volcánicos y será necesario repetir algunos experimentos antes de establecer alguna posición. La presencia de $N-NO_2$ podría ser un aspecto especial de suelos volcánicos, o las altas cantidades encontradas dependerían, al menos en parte, de la misma marcha analítica. Por el momento, en suelos de las regiones templadas no volcánicas, existe divergencia entre los autores (64, 29, 54) acerca del papel que juegan los iones metálicos (en el caso presente aluminio) en la presencia de NO_2 en los suelos. En cambio, sí parece existir más acuerdo en cuanto al papel que juega la materia orgánica. Según Bremner y Nelson (24) y Nelson y Bremner (53), la descomposición química de los nitritos ocurre, debido a que reaccionan con los constituyentes fenólicos de la materia orgánica para formar nitrosfenoles.

Puede ocurrir que en suelos volcánicos la buena aereación produzca la oxidación de los fenoles, por lo cual los nitritos se tornarían más estables que en otros suelos. Es decir, pueda que exista por ésta causa u otras (formación de complejos órgano-metálicos) cierta disminución de los grupos fenoles en los productos húmicos. Por otra parte, Kononova (46) dice, que existen evidencias de que el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ retarda la descomposición de la materia orgánica y por lo tanto la formación de grupos fenólicos.

El metabolismo de los suelos no parece ser muy afectado por las aplicaciones de aluminio, lo cual concuerda así con los resultados previamente obtenidos por Ibarra y Melo (43). De aquí que se pueda sostener que los medios de aislamiento microbial no fueron suficientemente efectivos para detectar las poblaciones existentes, posiblemente por la interferencia del aluminio, pero las determinaciones de CO_2 permiten decir que la actividad microbial continuó aún con las más altas dosis de aluminio. Por lo tanto, se demostró que el aluminio, aún en concentraciones elevadas no es tóxico para los microorganismos de los suelos volcánicos estudiados. Como han demostrado otros autores (16, 2), la mayor actividad, tal como se encontró en esta investigación, ocurrió en las tres primeras semanas de incubación para decaer después como consecuencia del agotamiento de los compuestos orgánicos más solubles.

El experimento realizado con el pH demuestra que el $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sí produjo efecto, al aumentar la acidez de los suelos conforme se incrementaban las dosis. Por el contrario el $\text{Al}(\text{OH})_3$ tuvo muy poco efecto. Eso significa que el primer compuesto

se solubilizó, cosa que prácticamente no ocurrió con el segundo. Por lo tanto serán más expresivos los datos referentes a la acción del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre las distintas variables estudiadas que las del $\text{Al}(\text{OH})_3$. De ahí que la población bacteriana fuese afectada en el método utilizado por el aluminio procedente del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y no por aquel que procedía de la otra fuente.

Las poblaciones bacteriales se comportan normalmente en el testigo, siendo una población adecuada para suelos de regiones ácidas. En los tratamientos los resultados son un tanto erráticos que, como se anotó previamente no concuerdan con las medidas de actividad (CO_2). La población de hongos es definitivamente baja. Y evidentemente el método no parece ser recomendable para suelos volcánicos ya que los suelos testigos dieron cero, para después obtenerse distintas cantidades de colonias a partir de la misma muestra.

En relación con el aluminio intercambiable, definitivamente el método de extracción con KCl no es recomendable. Previamente Jiménez y Ocampo (45) utilizando este método en suelos volcánicos de Mariño observaron que las cantidades de aluminio extraídas eran muy bajas, lo cual no concordaba con otros aspectos característicos de estos suelos. Fuentes (40) indica que el KCl fué incapaz de extraer el aluminio de cambio en suelos volcánicos de Costa Rica. Podría anotarse que en el caso de el $\text{Al}(\text{OH})_3$ al no disolverse no habría posibilidad de extracción. Sin embargo, la demostración de su ineficacia en las muestras tratadas con $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ es total y por tanto debe descartarse de todo análisis que tenga que ver con suelos volcánicos.

para los microorganismos del suelo. La actividad microbiana (CO_2) continuó aún con la aplicación de altas concentraciones de aluminio.

9. El incremento de dosis de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ produjo efecto sobre la reacción de los suelos, aumentando de la acidez de los mismos, por el contrario el aumento de $\text{Al}(\text{OH})_3$ tuvo muy poca incidencia.

10. Los datos referentes a la acción de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ sobre las distintas variables estudiadas en los suelos, son más representativas que la fuente $\text{Al}(\text{OH})_3$, debido a que la primera se solubilizó en los suelos y la segunda no.

11. El método empleado para determinar la población de hongos no es recomendable para suelos de origen volcánico.

12. La marcha analítica utilizada para determinar aluminio intercambiable en que actúa como extractante el KCl no es aconsejable en suelos de origen volcánico.

VI. RESUMEN

En la presente investigación se tomaron muestras de suelos del Altiplano de Pasto, La Laguna, Catambuco y Iotana, situados entre 2.500 y 2.600 m.s.n.m. Sus coordenadas geográficas son $0^{\circ} 37' - 2^{\circ} 43'$ Latitud Norte y $79^{\circ} 03' - 76^{\circ} 47'$ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

Los resultados demostraron que la aplicación de $Al(OH)_3$ a los suelos de La Laguna y Catambuco, elevó la producción de $N-NH_3$, aunque no significativamente.

La aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ en los tres suelos se traduce en una disminución de la producción de $N-NO_3$, a medida que transcurre el tiempo de incubación.

La aplicación de dosis crecientes de $Al_2(SO_4)_3$ produce concentraciones muy elevadas de $N-NO_2$ en los tres suelos estudiados, tanto que la producción de $N-NO_2$ supera al $N-NH_3$ y $N-NO_3$.

La aplicación de $Al_2(SO_4)_3$ produjo un aumento de la población bacteriana con el transcurso del tiempo, cuando las dosis de los tratamientos fueron superiores a las 1.000 p.p.m. En cambio la aplicación de $Al(OH)_3$ no produjo una conducta definida en la población bacteriana produciéndose altibajos que no siguen ninguna tendencia.

La aplicación de dosis crecientes de $Al_2(SO_4)_3$ afectó la producción de aluminio intercambiable en forma negativa. Con el incremento de la interacción de dosis por tiempo ocurre un aumento no significativo de Al-intercambiable.

SUMMARY

In this investigation samples of soil were taken from the "Altiplano" of Pasto, the lake "Laguna", Catambuco and Botana, situated between 2,500 and 2,800 metres above sea-level. Their geographical positions are $0^{\circ} 37' - 2^{\circ} 43'$ Latitude North, and $79^{\circ} 03' - 76^{\circ} 47'$ Longitude West from the Greenwich Meridian.

The results showed that the application of $Al_2(SO_4)_3$ to the soils of the lake "Laguna" and those of Catambuco increased the production of $N-NH_3$, even if not very significantly.

The application of $Al_2(SO_4)_3$ to the three soils shows a decrease in the production of $N-NO_3$, in the length of time necessary for incubation.

The application of increasing amounts of $Al_2(SO_4)_3$ produces very high concentrations of $N-NO_2$ in the three soils studied. In fact the production of $N-NO_2$ is higher than that of $N-NH_3$ and $N-NO_3$.

Over a period of time, the application of $Al_2(SO_4)_3$ produced an increase in the bacterial population when the amount of the treatments were superior to 1,000 parts per million. On the other hand the application of $Al(OH)_3$ did not produce a definite behaviour pattern in the bacterial population, producing on a graph falls and rises which did not follow any definite pattern.

The application of increasing amounts of $Al_2(SO_4)_3$ affected the production of interchangeable aluminum in a negative form. With the increase of the interaction of the amounts applied over a period of time, an insignificant increase of interchangeable aluminum occurs.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGARWAL, A.S. et al. 1971. Ionic effect of salts on mineral nitrogen release in an allophanic soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 454-457.
2. ALCOFORADO, C.B. 1972. Mineralizacáo de fósforo en solos de Pacífico de Costa Rica. Tesis M.Sc. IICA - CIBI. Turrialba, Costa Rica. 76p.
3. ALEXANDER, M. 1961. Introduction to soil microbiology. Wiley. New York. 472p.
4. ANDERSON, J.H. 1964. Studies on the oxidation of ammonia to hydroxylamine by Nitrosomonas. Biochem. Jour. 92: 1c-3c.
5. ———. 1964. The metabolism of hydroxylamine to nitrite by Nitrosomonas. Biochem. Jour. 91: 8-17.
6. ———. 1965. Studies on the oxidation of ammonia by Nitrosomonas. Biochem. Jour. 95: 688-698.
7. ANDERSON, C.E. et al. 1971. Variations in low temperature adaptability of nitrifiers in acid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 68-71.
8. ANGULO, M. et al. 1970. Fraccionamiento de N.P. E. en el piso tropical del Departamento de Nariño, Llanura del Pacífico. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 116p.

9. AOMINES, S. and Y. KOBAYASHI. 1964. Effects of allophanic clays on the enzymatic activity of protease. Soil Sci. Plant Nutr. 10: 28-32.
10. AYALA, R. 1971. Estudio del azufre en algunos suelos del Departamento de Maricao y la Intendencia Nacional del Putumayo. Universidad de Maricao, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 67p.
11. BECK, T. 1968. Microbiologie des boden. Bayrischer LV Munchen. 452p.
12. BERGERSEN, F. 1960. Biochemical pathways in legume root nodule nitrogen fixation. Bacteriol. Rev. 24: 246-250.
13. BIRCH, H.F. 1958. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. Plant and Soil. 10: 9-31.
14. BLASCO, M. 1966. Studies on some aspects of nitrogen in the soils of Colombia. Ph.D. Thesis, University of London. 311p.
15. ———. 1970. Microbiología de suelos. IICA. Turrialba, Costa Rica. 247p.
16. ———. 1971. Efecto de la humedad sobre la mineralización del carbono en suelos volcánicos de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. 21: 7-12.
17. ———. 1972. Contenido y metabolismo del azufre en suelos volcánicos de Centro Améri-

ca. In: Panel sobre suelos volcánicos de América. Pasto, Colombia. 27p.

18. BLASCO, M. y A.H. CORNFIELD. 1966. Stimulation of nitrification following temporary acidification, *Nature*. 210: 1187-1188.
19. _____, 1967. $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ y N-mineral en suelos del Valle del Cauca, con y sin adición de CO_2Ca , y producción de CO_2 . *Acta Agronómica*. 17: 55-61.
20. _____, 1971. Nitrification in saline soils acidified with aluminum sulphate. *Geoderma*. 5: 161-164.
21. BORNEMISZA, E. 1965. Conceptos modernos de acidez del suelo. Turrialba, Costa Rica. 15: 20-24.
22. BRENNER, 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.
23. _____, 1967. Nitrogenous compounds. In: McLaren, A.D. y Peterson. G.H. ed. *Soil biochemistry*. Dekker, New York. pp.19-66.
24. BRENNER, J.M. y D.W. NELSON. Chemical decomposition of nitrite in soils. In: *Transactions of the 9th International Congress of Soil Science*. Adelaide Vol. 2. pp.495-503.
25. BROADBENT, F.E. et al. 1964. Mineralisation of

carbon and nitrogen in some New Zealand Alluvial soils. University of California, Davis. pp.118-128.

26. BROCK, T.D. 1970. Biology of microorganisms. Prentice-Hall, Englewood, Cliffs, N.J. 737p.
27. BUENO, J. Estudio geológico del Departamento de Maricao que presenta el Laboratorio Nacional de Fomento y Minas de Pasto, al Ministerio de Minas y Petróleos. Pasto, Colombia. Informe N° 625 (sin paginación).
28. CAMPBELL, N.B. y H. LEEB. 1967. The nitrogen cycle. In: McLaren, A.D. y Peterson. G.H. ed. Soil biochemistry. Dekker, New York. pp.194-215.
29. CANNE, P.A. y A.H. CORNFIELD. 1969. The reduction of ^{15}N -labelled nitrate to nitrite by fresh soils following treatment with gamma radiation. Soil biology & Biochemistry. 1: 267-274.
30. CHANDRA, P. 1962. Note on the effect of shifting temperatures on nitrification in a loam soil. Canad. Jour. Soil Sci. 42: 314-315.
31. CORNFIELD, A.H. 1952. The mineralization of nitrogen of soils during incubation: Influence of pH, total nitrogen and organic carbon content. Jour. Sci. Food Agric. 1: 343-349.
32. —————. 1959. Mineralization of organic nitrogen compounds in soils as related

- to soil pH. Jour. Sci. Food Agric. 10: 27-28.
33. 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.
34. ————. 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.
35. DOMINGUEZ, G. y C.H. RODRIGUEZ. 1971. Estudio sobre algunos aspectos del azufre en el Altiplano de Pasto. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 77p.
36. ESPINAL, Z.L. y E. MONTENEGRO. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Inst. Geogr. Agustín Codazzi. 210p.
37. FEUILLET, C. y A. FEUILLET. 1971. Fraccionamiento del N.P.K. en suelos de la Sabana de Túquerres, bajo condiciones de pradera. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 109p.
38. FREDERICK, D.R. 1956. The formation of nitrate from ammonia nitrogen in soil. 1. Effect of temperature. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 20: 496-500.

39. FREDERICK, D.R. 1957. Formation of nitrate from ammonium nitrogen in soils. 2. Effect of population of nitrifiers. Soil Sci. 83: 481-485.
40. PUENTES, R. 1971. Comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico en algunos suelos de origen volcánico. Tesis M.Sc. IICA - CIES. Turrialba, Costa Rica. 112p.
41. HARSEN, G.W. y D.A. VAN SCHREVEN. 1955. Mineralization of organic nitrogen in soil. Adv. Agron. 7: 299-398.
42. HEBAL, F. 1971. Fraccionamiento del nitrógeno en suelos del Altiplano de Ipiales. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 63p.
43. IBARRA, A. y L. MELO. 1971. Mineralización del nitrógeno en presencia del aluminio, hierro, cobre y molibdeno en algunos suelos de Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto. Tesis de grado. 116p.
44. JACKSON, M.L. 1963. Aluminum bounding in soils: A unifying principle in soil science. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27: 1-10.
45. JIMENEZ, P.J. y M. OCAÑO. 1970. El aluminio como factor de acidez en varios suelos del Departamento de Nariño. Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. Tesis de grado. 93p.

46. KONONOVA, M.M. 1961. Soil organic matter. Trad. ruso. Acad. Sci. U.R.S.S. 490p.
47. LEES, H. 1948. The effect of zinc and copper on soil nitrification. Biochem. Jour. 42: 534-538.
48. LEES, H. y J.R. SIMPSON. 1957. The biochemistry of nitrifying organisms. 5. Nitrite oxidation by Nitrobacter. Biochem. Jour. 65: 297-305.
49. MARTINI, J. 1968. Algunas notas sobre el problema del encalado en los suelos del Trópico. Turrialba, Costa Rica, Vol. 18. pp.249-256.
50. MEETING ON THE CLASSIFICATION AND CORRELATION OF SOILS FROM VOLCANIC ASH. 1964. Properties of volcanic ash soils. Tokyo, Japan. FAO. 71p.
51. MOLINA, C. 1969. Estudio sobre algunos aspectos del nitrógeno en los suelos del Altiplano de Pasto. Narino, Colombia. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. Tesis de grado. 68p.
52. MORA, M. y L. LEGARDA. 1961. Estudio de ciertas características de algunos suelos de Narino, relacionadas con las formaciones ecológicas. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. Tesis de grado. 179p.
53. NELSON, D.W. y J.M. BREMER. 1970. Gaseous

- products of nitrite decomposition in soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 2: 203-215.
54. NELSON, D.W. y J.H. BRENNER. 1970. Role of soils minerals and metallic cations in nitrite decomposition and chemo-denitrification in soils. *Soil Biology & Biochemistry*. 2: 1-8.
55. NICHOLAS, D.J. 1963. The metabolism of inorganic nitrogen and its compounds in microorganisms. *Biol. Rev.* 38: 530-568.
56. ODUM, E.P. 1969. *Ecología*. 2a. ed. (Traducción de C.G. Ottenwaelder). México, Interamericana. 412p.
- + 57. PINEDA, J.R. 1968. Alofana. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, Turrialba, Costa Rica. Polígrafo sin publicar. 30p.
58. PLUCKNETT, D.L. y G.D. SHERMAN. 1963. Extractable aluminum in some Hawaiian soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 39-41.
59. POZUECO, H. 1968. Curso de leches y derivados. Instituto Tecnológico Agrícola. Universidad de Nariño, Pasto. Departamento de Zootecnia. 130p.
60. PREMÍ, P.R. y A.H. CORNFIELD. 1969. Effects of addition copper, manganese, zinc and chromium compounds on ammonification and nitrification during incubation of soil. *Plant and Soil*. 11: 345-352.

61. REUSS, J.O. y R.L. SMITH. 1965. Chemicals reactions on nitrites in acid soils. Soil Sci. Amer. Proc. 29: 267-270.
62. SAIZ DEL RIO, J.F. y E. BORNEMISZA. 1961. Análisis químico de suelos. Método de laboratorio para diagnóstico de fertilidad. Turrialba, Costa Rica. IICA. 107p.
63. SILVA, F. et al. 1964. Métodos analíticos de laboratorio de suelos. 2a. ed. Bogotá, Inst. Geogr. Agustín Codazzi. 183p.
64. WULLSTEIN, L.H. y C.M. GILMOUR. 1964. Non-enzimatic gaseous loss of nitrite from clay and soil systems. Soil Sci. 97: 428-430.
65. ZAMBRANO, F.D. et al. 1969. Atlas agrológico del Departamento de Narino. Universidad de Narino, Instituto Tecnológico Agrícola, Pasto. 257p.

CUADRO 1.

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE $H-NH_3$

PUENTES	DOSIS	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		- p.p.m. -								
INSTRIGO	0	166	39	132	103	98	156	256	112	114
$Al_2(SO_4)_3$	100	164	117	139	165	107	164	194	115	151
"	500	158	100	122	152	119	150	188	107	127
"	1.000	163	99	75	141	124	153	187	109	112
"	5.000	163	98	86	158	133	155	223	113	151
"	10.000	152	79	74	109	100	120	214	87	99
"	15.000	117	77	68	139	84	87	169	78	82
"	20.000	100	71	57	111	76	112	145	69	74
"	50.000	65	42	89	50	69	161	86	69	63
$Al(OH)_3$	100	180	63	134	191	120	178	206	89	137
"	500	70	111	132	187	146	160	176	107	125
"	1.000	80	104	140	204	162	207	171	106	148
"	5.000	79	101	142	182	141	165	161	109	137
"	10.000	191	109	141	199	133	162	65	97	133
"	15.000	145	78	132	182	124	153	191	91	146
"	20.000	171	113	102	193	131	204	191	58	132
"	50.000	171	94	103	176	148	88	206	108	130

SUMLO.

- 1 = La Laguna
2 = Catambuco
3 = Potana

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE $N-NH_3$.

NOTACION USADA PARA LAS MATRICES, PROMEDIOS, VARIANCIAS
Y DESVIACIONES TIPICAS.

- X_1 = Dosis (D)
 X_2 = Tiempo en semanas (s)
 X_3 = $\frac{\text{Dosis}^2}{\text{Tiempo en semanas}^2}$ (D^2/s^2)
 X_4 = $\frac{\text{Tiempo en semanas}^2}{\text{Dosis}^2}$ (s^2/D^2)
 X_5 = Efecto dosis por semanas (D x s)
 X_6 = Suelo 1 (La Laguna)
 X_7 = Suelo 2 (Catambuco)
 X_8 = Suelo 3 (Botana).

CUADRO 3

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRESCIENTES DE ALUMINIO
($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), SOBRE H-NH_3 .

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	149,555572	2210,178229	47,012535
x_7	92,259262	564,891725	23,767452
x_8	113,814819	1192,615970	34,534278

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRESCIENTES
DE ALUMINIO ($Al(OH)_3$), SOBRE $N-NH_3$.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	0,169	0,366	0,165	0,334	0,201	1,000		
x_7	0,090	0,108	0,106	0,008	0,069	0,172	1,000	
x_8	-0,427	0,075	-0,465	-0,008	-0,297	0,099	0,380	1,000

CUADRO 5

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRESCIENTES DE ALUMINIO
($Al(OH)_3$), SOBRE $H-NH_3$.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
			15582,191432
x_1	11288,890651	6,230772	2,496151
x_2	6,000000		
x_3		915,923097	30,264225
x_4	42,000007		104842,015808
x_5	67733,343963	2182,417487	46,716354
x_6	166,037048	767,563844	27,704944
x_7	107,111114	724,651612	26,919357
x_8	141,962982		

CUADRO 6

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE $N-NO_3$

FUENTES	DOSIS	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		- p.p.m. -								
$Al_2(SO_4)_3$	0	45	39	42	0	5	20	7	10	9
	100	39	42	42	0	6	22	7	12	7
	500	42	42	43	0	40	21	9	12	8
	1.000	43	42	42	0	31	39	9	9	7
	5.000	39	44	44	2	24	37	9	14	5
	10.000	42	42	40	2	29	26	12	13	10
	15.000	42	50	44	2	32	28	9	14	10
	20.000	41	46	42	6	23	33	11	13	8
	50.000	44	40	42	11	24	1	9	18	14
$Al(OH)_3$	100	43	42	43	0	5	24	7	12	8
	500	9	42	41	2	26	26	9	12	2
	1.000	37	47	40	6	35	24	9	11	9
	5.000	43	45	44	0,2	36	24	5	10	3
	10.000	41	44	41	0,2	18	23	5	9	9
	15.000	39	45	42	0	27	24	7	13	10
	20.000	43	43	41	0,2	20	28	13	9	12
	50.000	42	44	36	3	27	35	9	12	5

SUMIO.

- 1 = La Laguna
2 = Catambuco
3 = Botana.

CUADRO 7

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE HNO_3 .

x_1	1,000								
x_2	0,000	1,000							
x_3	0,954	0,000	1,000						
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000					
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000				
x_6	0,084	-0,769	0,077	-0,673	-0,132	1,000			
x_7	0,059	-0,847	0,015	-0,830	-0,154	0,690	1,000		
x_8	-0,109	-0,906	-0,139	-0,896	-0,321	0,676	0,851	1,000	

CUADRO B

PROMEIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TIPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE $N-NO_3$.

	PROMEIOS	VARIANCIAS	D. TIPICAS
I_1	11288,890651		15582,191432
I_2	6,000000	6,230772	2,496151
I_3			
I_4	42,000007	915,923097	30,264225
I_5	67733,343963		104842,015808
I_6	17,851852	313,746277	17,712886
I_7	27,258262	219,891510	14,828741
I_8	25,407409	238,635345	15,447828

CUBRO 9

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al(OH)_3$), SOBRE H-NO₃.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	0,069	-0,715	0,057	-0,623	-0,146	1,000		
x_7	0,065	-0,890	0,052	-0,858	-0,183	0,748	1,000	
x_8	0,043	-0,973	0,028	-0,968	-0,205	0,684	0,880	1,000

CUADRO 10

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($\text{Al}(\text{OH})_3$) SOBRE H_2NO_3 .

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
			15582,191432
x_1	11288,890651	6,230772	2,496151
x_2	6,000000		
x_3		915,923097	30,264225
x_4	42,000007		104842,115008
x_5	67753,343963	306,495850	17,507026
x_6	15,725921	231,182220	15,204679
x_7	25,481483	206,934448	14,385217
x_8	24,629631		

CUADRO 11

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE $N-NO_2$.

FUENTES	DOSIS	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		- p.p.m. -								
TESTIGO	0	189	51	130	152	372	287	267	120	225
$Al_2(SO_4)_3$	100	191	126	144	163	330	167	531	424	161
"	500	172	113	173	166	189	324	237	153	128
"	1.000	178	126	84	252	102	281	308	505	257
"	5.000	187	109	88	174	315	151	267	171	175
"	10.000	176	113	144	133	328	285	391	248	108
"	15.000	162	85	89	152	497	95	167	209	94
"	20.000	208	76	10	133	360	184	158	217	232
"	50.000	102	54	179	252	285	165	185	321	87
$Al(OH)_3$	100	197	189	147	289	328	465	360	135	309
"	500	198	137	136	204	420	253	453	138	158
"	1.000	191	139	133	366	442	479	345	136	677
"	5.000	218	115	137	235	189	309	357	131	311
"	10.000	252	121	239	338	167	295	204	113	229
"	15.000	182	91	141	293	120	472	475	127	302
"	20.000	188	141	280	251	391	417	328	182	317
"	50.000	182	109	200	442	149	364	538	124	322

SUELO.

- 1 = La Laguna
2 = Catambuco
3 = Botana.

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE $H-NO_2$.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	-0,234	0,493	-0,166	0,527	-0,134	1,000		
x_7	0,020	0,520	0,002	0,449	0,182	0,245	1,000	
x_8	-0,244	0,258	-0,149	0,187	-0,216	-0,029	0,237	1,000

CUADRO 13

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE $N-NO_2$.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	209,370392	7857,003917	88,639755
x_7	222,185211	18077,621139	134,453064
x_8	164,703705	5790,359388	76,094421

CUADRO 15

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al(OH)_3$), SOBRE $N-NO_2$.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	284,963014	10886,574241	104,338760
x_7	180,629639	11497,625022	107,226989
x_8	297,555603	20883,101608	144,509888

CUADRO 16

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE CO_2

PUERTOS	DOSIS	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
		Mg./10 gr. de Suelo									
- p.p.m. -											
ISSHICO $Al_2(SO_4)_3$	0	12	16	11	60	45	31	63	44	29	
	100	19	24	19	39	28	26	47	41	29	
	500	21	17	13	22	34	22	40	35	23	
	1.000	16	17	11	25	24	17	36	29	24	
	5.000	19	14	7	26	18	21	32	28	30	
	10.000	16	11	11	30	19	26	30	22	22	
	15.000	12	15	8	31	18	19	33	24	25	
"	20.000	17	14	10	23	17	20	36	22	22	
	50.000	6	8	5	14	13	8	23	23	14	
	$Al(OH)_3$	100	20	20	18	44	37	25	61	39	37
		500	14	23	13	40	36	36	61	38	43
1.000		15	18	14	45	40	43	60	46	37	
5.000		25	20	17	40	28	33	60	35	38	
10.000		21	21	17	44	38	33	53	49	37	
15.000		20	19	18	45	17	34	48	44	41	
20.000		24	22	15	39	34	33	61	38	41	
"	50.000	20	16	17	43	34	36	52	48	34	

SUELO.

- 1 = La Laguna
- 2 = Catambuco
- 3 = Rotana.

CUADRO 18

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TIPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE CO_2 .

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TIPICAS
X_1	11288,890651		15582,191432
X_2	6,000000	6,230772	2,496151
X_3			
X_4	42,000007	915,923097	30,264225
X_5	67733,343963		104842,015808
X_6	27,703704	191,139313	13,825315
X_7	23,037040	96,113876	9,803770
X_8	18,629631	61,088264	7,815898

CUADRO 19

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al(OH)_3$), SOBRE CO_2 .

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,939	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	-0,055	0,938	-0,046	0,904	0,164	1,000		
x_7	-0,033	0,860	0,001	0,830	0,239	0,847	1,000	
x_8	0,038	0,870	0,013	0,814	0,251	0,873	0,771	1,000

CUADRO 20

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al(OH)_3$), SOBRE CO_2 .

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
X_1	11288,890651		15582,191432
X_2	6,000000	6,230772	2,496151
X_3			
X_4	42,000007	915,923097	30,264225
X_5	67733,343963		104842,015208
X_6	40,370376	294,011353	17,146762
X_7	32,111114	120,179367	10,962636
X_8	28,925926	109,378875	10,458436

CUADRO 21

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE pH.

FURNOS	DOSIS P.P.M.	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
TESTIGO	0	6,4	7,3	5,9	6,7	6,6	6,1	6,3	7,1	6,7
$Al_2(SO_4)_3$	100	6,0	6,6	5,4	5,9	6,3	5,4	6,0	6,5	5,3
"	500	4,8	5,0	4,2	4,9	5,2	3,7	4,8	4,7	5,6
"	1.000	4,2	4,1	3,4	4,1	4,1	3,8	4,3	3,8	4,0
"	5.000	3,3	3,7	3,0	3,4	3,2	3,1	3,3	3,4	3,2
"	10.000	3,5	3,8	3,1	3,2	3,4	3,2	3,4	3,1	3,3
"	15.000	3,3	3,4	2,9	3,2	3,2	3,1	3,2	3,1	3,1
"	20.000	3,4	3,3	3,0	3,2	3,1	3,1	3,2	3,3	3,2
"	50.000	3,2	3,2	3,0	3,1	2,8	2,9	3,3	3,1	3,1
$Al(OH)_3$	100	6,4	6,9	6,1	6,1	7,0	6,1	6,5	7,0	6,9
"	500	6,3	6,8	6,2	6,1	7,0	6,0	6,1	6,5	6,5
"	1.000	6,2	6,8	7,0	6,1	6,7	5,9	5,8	6,5	6,9
"	5.000	5,8	6,7	5,9	6,1	6,9	6,1	5,6	6,4	6,2
"	10.000	5,9	6,8	6,1	5,9	6,8	5,8	5,8	6,3	6,5
"	15.000	6,0	6,7	6,1	6,0	6,8	5,7	6,2	6,7	6,1
"	20.000	6,1	6,8	5,9	5,8	6,7	5,7	5,2	6,5	6,4
"	50.000	6,1	6,3	5,8	6,1	6,7	6,0	6,1	6,1	5,7

SUBLO.

- 1 = La Laguna
- 2 = Catambuco
- 3 = Botana.

CUADRO 22

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE pH.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	-0,581	-0,011	-0,338	-0,009	-0,519	1,000		
x_7	-0,584	-0,073	-0,404	-0,065	-0,535	0,982	1,000	
x_8	-0,541	0,140	-0,363	0,147	-0,467	0,951	0,933	1,000

CUADRO 23

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE pH.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
X_1	11288,890651		15582,191432
X_2	6,000000	6,230772	2,496151
X_3			
X_4	42,000007	915,923097	30,264225
X_5	67733,343963		104842,015808
X_6	4,207403	1,498401	1,224092
X_7	4,311106	2,104869	1,450817
X_8	3,918514	1,404641	1,185175

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRESCIENTES
DE ALUMINIO ($Al(OH)_3$), SOBRE pH.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	-0,056	-0,300	0,039	-0,317	-0,104	1,000		
x_7	-0,546	-0,349	-0,505	-0,377	-0,582	0,400	1,000	
x_8	-0,424	0,552	-0,350	0,605	-0,342	-0,019	0,004	1,000

CUADRO 25

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($\text{Al}(\text{OH})_3$), SOBRE pH.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	5,988882	0,307179	0,554237
x_7	6,718513	0,070028	0,264628
x_8	6,137031	0,129344	0,359645

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ SOBRE LA PRODUCCION DE BACTERIAS, (10 x N° COLONIAS BACTERIALES)

PUNTES	DOSIS p.p.m.	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
MEHCO	0	33.480	16.120	27.760	139.500	139.500	200.880	4.800	33.480	39.060
$Al_2(SO_4)_3$	100	223.200	150	140	50	5.580	89.200	11.160	130	145.080
"	500	64.400	340	70	558.000	89.280	10	73.160	11.160	3.100
"	1.000	80	70	30	451.980	90	50	33.480	30	10
"	5.000	10	220	20	0	0	0	0	0	0
"	10.000	10	0	80	0	0	10	0	30	0
"	15.000	20	10	20	10	0	0	10	0	0
"	20.000	30	50	0	0	50	0	0	10	0
"	50.000	40	30	30	0	0	0	0	0	0
$Al(OH)_3$	100	41.540	800	6.820	0	0	200.880	66.960	6.820	74.400
"	500	880	29.760	52.080	89.280	0	50.220	0	50.220	50.220
"	1.000	1.620	190	40.300	139.500	0	327.360	30.220	139.500	0
"	5.000	111.600	1.440	51.260	104.780	5.580	5.500	30.960	5.580	32.860
"	10.000	200	720	230	451.980	0	558.000	50	160	55.800
"	15.000	100.000	230	4.960	5.580	620	451.980	16.740	5.600	0
"	20.000	17.980	540	320	0	5.600	5.580	39.060	74.400	26.040
"	50.000	100.000	480	40	75.020	80	0	0	40	301.320

SUELO.
1 = La Laguna
2 = Catumbuco
3 = Rotana.

CUADRO 27

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$). SOBRE BACTERIAS

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	-0,304	-0,066	-0,203	-0,116	-0,270	1,000		
x_7	-0,258	0,040	-0,167	-0,008	-0,230	0,469	1,000	
x_8	-0,286	0,150	-0,183	0,120	-0,255	0,006	0,619	1,000

QUADRO 28

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(3O_4)_3$), SOBRE BACTERIAS

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	59015,562606		139060,062866
x_7	10975,185573		31449,296928
x_8	18705,558639		48906,804794

CUADRO 30

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al(OH)_3$), SOBRE BACTERIAS.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	60064,078216		91110,328308
x_7	19163,187345		38978,711044
x_8	94941,484588		148810,000366

CUADRO 31

ESECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE HONGOS,
(Nº DE COLONIAS).

PUNTEROS	DOSIS p.p.m.	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
TESTIGO	0	0	0	0	40	0	19	0	14	0
$Al_2(SO_4)_3$	100	0	30	1	0	72	73	11	480	0
"	500	0	0	0	34	0	34	0	23	272
"	1.000	0	1	0	32	24	32	0	160	1
"	5.000	5	1	0	35	72	72	2	36	0
"	10.000	4	1	0	186	12	120	144	26	49
"	15.000	1	6	4	38	56	64	80	0	4
"	20.000	0	0	2	19	10	56	44	240	0
"	50.000	0	0	0	29	9	80	0	0	1
$Al(OH)_3$	100	75	1	0	17	16	32	8	88	0
"	500	2	1	0	24	96	48	216	102	22
"	1.000	1	0	0	2	96	40	0	216	2
"	5.000	0	1	0	0	24	64	0	320	0
"	10.000	0	17	62	20	10	3	180	0	0
"	15.000	0	0	0	42	48	48	24	160	60
"	20.000	0	2	0	7	11	24	10	80	5
"	50.000	0	33	0	3	17	28	576	0	0

SUBLO.

- 1 = La Laguna
2 = Catambuco
3 = Botana.

QUADRO 32

MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRECIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE HONGOS.

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	0,008	0,277	-0,104	0,229	0,091	1,000		
x_7	-0,167	0,430	-0,154	0,445	-0,092	-0,049	1,000	
x_8	-0,061	0,253	-0,049	0,200	-0,042	0,261	-0,108	1,000

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DEPARTAMENTO DE BIBLIOTECA
PASTO - COLOMBIA

BIBLIOTECA ESPECIALIZADA

CUADRO 33

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE HONGOS.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	26,074077	2043,455813	45,204605
x_7	47,888893	10635,398464	103,128082
x_8	32,740745	3406,426764	58,364608

CUADRO 35

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al(OH)_3$), SOBRE HONGOS.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	45,925926	14034,144557	118,465805
x_7	50,481483	6007,565443	77,508499
x_8	16,925926	210,763062	22,600071

CUADRO 36

EFFECTOS DE LA ADICION DE $Al_2(SO_4)_3$ Y $Al(OH)_3$
SOBRE LA PRODUCCION DE ALUMINIO INTERCAMBIABLE.

FUENTES	DOSIS	3ª SEMANA			6ª SEMANA			9ª SEMANA		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		- D.P.H. -								
TESTIGO	0	92	0	19	4	0	0	0	0	0
$Al_2(SO_4)_3$	100	89	0	14	0	0	0	0	0	0
"	500	42	0	20	9	1	13	0	0	0
"	1.000	55	10	46	27	25	22	10	6	10
"	5.000	84	29	49	60	49	36	0	21	29
"	10.000	102	32	43	74	38	44	0	32	29
"	15.000	30	14	49	74	66	41	76	38	26
"	20.000	91	35	45	83	55	129	0	32	35
"	50.000	84	14	53	69	57	39	105	21	32
$Al(OH)_3$	100	45	0	10	4	0	0	0	0	0
"	500	90	0	9	0	0	0	0	0	0
"	1.000	22	0	8	0	0	0	0	0	0
"	5.000	50	0	3	0	0	0	0	0	0
"	10.000	16	0	9	0	0	0	0	0	0
"	15.000	74	0	7	0	0	0	0	0	0
"	20.000	42	0	10	0	0	0	0	0	0
"	50.000	51	0	0	0	0	0	0	0	0

SUELO.

- 1 = La Laguna
- 2 = Catambuco
- 3 = Botana.

CUADRO 37

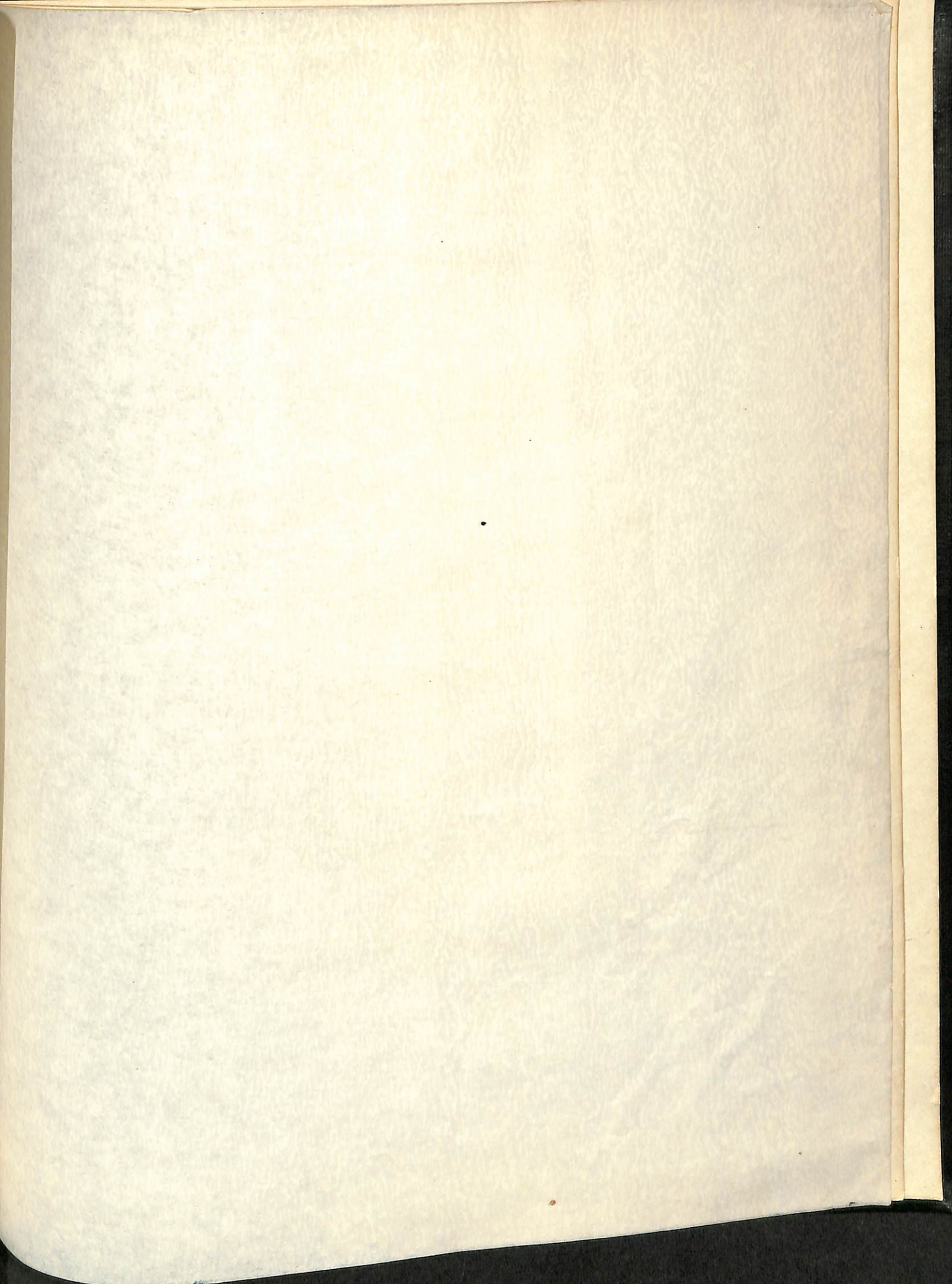
MATRIZ DE CORRELACION CORRESPONDIENTE A DOSIS CRESCIENTES
DE ALUMINIO ($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE ALUMINIO

x_1	1,000							
x_2	0,000	1,000						
x_3	0,954	0,000	1,000					
x_4	0,000	0,989	0,000	1,000				
x_5	0,891	0,268	0,851	0,266	1,000			
x_6	0,469	-0,563	0,402	-0,551	0,374	1,000		
x_7	0,472	0,013	0,273	-0,044	0,448	0,465	1,000	
x_8	0,437	-0,305	0,255	-0,323	0,312	0,541	0,661	1,000

CUADRO 38

PROMEDIOS, VARIANCIAS Y DESVIACIONES TÍPICAS,
OBTENIDAS DE DOSIS CRECIENTES DE ALUMINIO
($Al_2(SO_4)_3$), SOBRE ALUMINIO.

	PROMEDIOS	VARIANCIAS	D. TÍPICAS
x_1	11288,890651		15582,191432
x_2	6,000000	6,230772	2,496151
x_3			
x_4	42,000007	915,923097	30,264225
x_5	67733,343963		104842,015808
x_6	46,666671	1538,458433	39,223198
x_7	20,925926	412,686035	20,314678
x_8	30,629631	685,164430	26,175647



T

 UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 12194

631.84 Autor: Viveros Zarama, Miguel

V857 Título: Efecto del alunio en la mi

Ej.2. neralización del nitroge..

Fecha Dev.	Nombre	Carnet
	Dña. Gomez	20093221
	Cristian David Gelpud (Hoy)	15031240
	Bryan Gomez	27031209

X

T

E-631.84

V857

Ej.1

12194

X ①