

COMPARACION DE DIFERENTES EXTRACTANTES PARA DETERMINAR EL AMONIO INTERCAMBIABLE EN LOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Mario Blasco L. (*) y A. H. Cornfield (**)

I — INTRODUCCION

Las investigaciones reportadas sobre este problema son bastante escasas, y por lo que respecta a suelos colombianos no existen estudios anteriores. Sin embargo, cuando se trata de determinar el amonio nativo fijo en los suelos (fracción mineral) se requieren valores exactos de amonio intercambiable. Además desde el punto de vista agronómico es muy importante su determinación puesto que el amonio intercambiable se utiliza como medida de nitrógeno del suelo aprovechable por las plantas y como fuente de nitratos.

II — REVISION DE LITERATURA

El amonio intercambiable de los suelos ha sido usualmente determinado mediante extracción con sales solubles, principalmente N-ClK (Allison y colaboradores, 1,3,4; Axley y Legg, 5; Bremner, 9; Walsh y Murdock, 24). Otros investigadores, (Bengston, 8; Harner, 13; McLean y Robinson, 18; Olsen, 20; Rodríguez, 21) han usado N-ClK acidificado con suficiente HCl para obtener un pH 1.0 y demostraron que este método extraía más amonio intercambiable que N-ClK utilizado solo. También se ha empleado Cl_2Ca y Allison, Kefauver y Roller (2) encontraron que N- Cl_2Ca extraía más amonio intercambiable que N-ClK..

III — MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron suelos (capa arable) del Valle del Cauca región situada a 1.000 m. de altitud aproximadamente con un promedio anual de temperatura cercano a los 24°C y una precipitación alrededor de los 1.000 mm./año. La muestra de Buenaventura corresponde a una terraza marina (Océano Pacífico), en cuya región la temperatura es de 28°C y la lluvia de 7.000-8.000 mm./año promedio. Las características principales de los suelos aparecen en la Tabla I.

(*) M. Blasco L. Ph. D. Prof. Asoc. Dpto. Suelos y Química Fac. Agron. Palmira.

(**) A. H. Cornfield. Ph. D. Prof. Dpto. Química Imperial College Sci. Tech. U.L.

— TABLA I —

Algunas de las características de los suelos usados (0-25 cms).

Nombre	pH	Textura	Tipo (1)	Arcillas Principales (2)
Palmira	Aprox. Neutral	Franco- Limoso	Semejante a Chernozem	M—V
Villarrica	Muy Acida	Arcilloso	Latosol	C—CL
Jamundí	Muy Acida	Franco Limoso	Latosol	C—V
Cerritos	Acida	Franco- Arenoso	Ando	MH—V
Sal. Palmaseca	Salina	Arcilloso	Salino	Mont.—M
Sal. Sod. Pal- maseca	Salina	Arcilloso	Salino- Alcalino	Mont.—M
Risaralda	Acida	Franco- Arenoso	Aluvial reciente	Mont.—C
Buenaventura	Muy Acida	Franco Arenoso	Latosol (Altamente Lixiviado)	C—Cl

(1) Clasif. A. González M. Jefe Dpto. Suelos-Química. Fac. Agron. Palmira.

(2) M-Mica. V-Vermiculita. C-Caolinita. Cl-Clorita. MH-Metahalloysita.

Mont.-Montmorillonita. (Sólo se indican los minerales que muestran más alto porcentaje).

En los métodos analíticos se utilizaron períodos de agitación de 1, 12 y 24 horas empleando soluciones 0.5 N y N de cloruros y acetatos de potasio y calcio, y también N-ClK - HCl (pH 1.0), conservando una relación normal de 5 g. de suelo por 100 ml. de solución.

Después de filtrar las mezclas a través de papel de filtro Whatman N° 1, se tomaba una alícuota apropiada (25-50 ml.) para destilarla con: a— Hidróxido de sodio (15 ml., 7.5 N). b.— Borato amortiguado (50 ml.) (*), y en algunos casos c)— Oxido de magnesio (5 g.). Todos los volúmenes iniciales se llevaban a 300 ml. Se utilizó un destilador de vidrio basado en el tipo Markham modificado en el Imperial College. El tiempo de destilación fue de 30 minutos contados a partir de la ebullición. Para prevenir la formación de espuma se adicionaron 5 gotas de parafina líquida.

El destilado se recogió en 15 ml. de 1% H_3BO_3 , y titulado con 0.01 N-HCl usando metil rojo - metileno azul como indicador.

Se corrieron blancos apropiados. Para cada suelo y variación analítica las determinaciones se realizaron por duplicado, o por triplicado con algunos suelos para probar la reproductibilidad de cada método (Suelos secos al aire, 2 mm. tamiz).

IV — RESULTADOS

a)—Comparación de diferentes tiempos de agitación y adiciones alcalinas usando 0,5 N y N-Cl₂Ca con extractores.

La Tabla II da los resultados para 0.5 N-Cl₂Ca y la Tabla III para la extracción con N-Cl₂Ca..

La destilación con NaOH siempre dió los valores más altos para NH₄ -N. En promedio NaOH dió 20.6% más NH₄ -N intercambiable que MgO, y 41.1% más que el borato amortiguado. Con relación al tiempo de agitación, en promedio 79.4% de NH₄ -N intercambiable fue liberado en 1 hora de agitación, si se asume que todo el NH₄ -N intercambiable es liberado en 24 horas de agitación. Con 12 horas de agitación fue liberado el 93.4% del NH₄ -N intercambiable.

N-Cl₂Ca siempre dió valores más altos para NH₄ -N intercambiable que 0.5 N-Cl₂Ca. Las diferencias, en promedio 28.3%, debida a la concentración fueron más grandes con 1 hora de agitación, pero decrecieron con el tiempo de agitación a 15.1% durante 24 horas.

b)—Comparación de diferentes tiempos de agitación y adiciones alcalinas usando 0.5 N y N-ClK.

La Tabla IV da los resultados para 0.5 N-ClK, y la Tabla V para N-ClK.

— TABLA II —

NH₄ -N intercambiable usando 0.5 N-Cl₂Ca como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	NaOH			MgO			1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm			
1	34.7	46.5	48.1	27.9	37.5	41.2	20.5	28.2	33.4
2	55.2	66.6	70.2	33.5	41.4	45.0	30.0	37.3	37.6
3	56.3	66.2	70.5	—	—	—	32.3	40.1	46.2
4	48.3	55.7	59.9	—	—	—	22.6	30.4	33.1
5	32.7	39.4	44.9	—	—	—	16.4	22.7	26.9
6	32.0	37.8	39.5	—	—	—	10.9	19.4	22.5
7	44.5	52.4	59.2	35.6	44.7	49.2	22.0	33.4	35.6
8	39.3	49.3	50.8	31.4	36.6	39.4	19.5	26.1	30.0

NOTA: Para todas las Tablas los números de Suelos significan:

1—Palmira. 2—Villarica. 3—Jamundí. 4—Cerritos. 5—Salino Palmaseca. 6—Salino Sódico Palmaseca. 7—Risaralda. 8—Buenaventura.

— TABLA III —

NH_4 -N intercambiable usando $\text{N-Cl}_2\text{Ca}$ como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	N ^o OH			MgO			1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm			
1	46.9	54.8	56.3	41.0	46.9	50.2	32.0	37.2	38.7
2	69.8	77.0	78.7	48.2	54.9	59.8	40.8	43.7	45.8
3	70.4	76.3	80.1	—	—	—	49.5	55.3	56.2
4	60.7	65.8	68.2	—	—	—	33.7	40.2	42.5
5	44.8	50.2	53.3	—	—	—	25.8	29.9	33.3
6	43.0	49.0	51.6	—	—	—	20.1	25.7	29.9
7	59.5	63.8	67.9	48.4	53.8	57.1	35.2	41.3	42.2
8	56.2	60.9	62.5	42.6	46.0	47.9	29.7	32.9	35.8

— TABLA IV —

NH_4 -N intercambiable usando 0.5 N-ClK como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	NaOH			MgO			Borato Amortig.		
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
1	29.2	33.5	39.8	20.6	28.4	34.1	17.5	23.9	29.1
2	50.5	62.4	65.7	27.5	36.3	40.0	25.3	32.3	35.7
3	49.0	60.3	65.1	—	—	—	23.4	33.5	35.8
4	42.1	51.6	56.5	—	—	—	20.7	28.2	33.9
5	29.9	36.2	43.9	—	—	—	11.2	18.4	25.0
6	19.6	28.4	33.7	—	—	—	9.8	16.0	21.3
7	33.8	42.7	45.1	26.3	34.5	40.4	20.0	28.2	33.6
8	25.4	36.2	39.2	18.4	27.5	30.1	16.4	24.1	27.7

— TABLA V —

NH_4 -N intercambiable usando N-ClK como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	NaOH			MgO			Borato Amortig.		
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
1	41.0	45.1	47.3	32.3	37.2	39.6	27.2	30.5	33.9
2	67.3	70.4	73.3	42.0	48.8	50.0	39.0	41.6	42.7
3	65.4	68.5	71.9	—	—	—	37.5	42.0	44.1
4	57.5	60.8	63.8	—	—	—	31.6	36.1	42.0
5	43.5	48.2	50.6	—	—	—	19.3	25.3	31.2
6	31.8	37.1	40.7	—	—	—	17.3	22.2	26.7
7	45.7	50.2	52.2	39.6	45.1	46.9	29.8	35.4	40.7
8	39.9	44.7	46.1	27.6	32.0	34.3	26.6	29.3	32.6

La destilación con hidróxido de sodio siempre dió los valores más altos para $\text{NH}_4\text{-N}$. En promedio NaOH dió 26.9% más $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable que MgO , y 40.3% más que el borato amortiguado. Con relación al tiempo de agitación, en promedio 75.7% del $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable fué liberado en una hora de agitación, asumiendo que todo el $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable es liberado en 24 horas de agitación. Con 12 horas de agitación fué liberado el 91.3% del $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable. N-KCl siempre dió valores más altos para $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable que 0.5 N-KCl. Las diferencias debidas a la concentración fueron más grandes con 1 hora de agitación, en promedio 30.1%, pero decrecieron con el tiempo de agitación a 19.7% con 24 horas.

c)—Comparación de diferentes tiempos de agitación y adiciones alcalinas usando N- $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ como extractor.

La Tabla VI da los resultados correspondientes.

Con N- $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ solamente dos métodos de destilación fueron probados: NaOH y borato amortiguado. La destilación con NaOH dió siempre más altos valores que el borato amortiguado. En promedio NaOH dió 39.0% más $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable que el borato amortiguado.

Si se asume que todo el $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable es liberado en 24 horas de agitación, en promedio 83.3% fué liberado en 1 hora de agitación, y 98.1% en 12 horas.

— TABLA VI —

$\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable usando N- $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	NaOH			Borato Amortig.		
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
1	42.9	48.8	50.4	29.3	35.6	37.8
2	65.6	72.3	74.8	40.8	45.2	46.9
3	68.7	76.0	79.4	39.9	47.0	49.1
4	53.5	60.5	62.2	32.0	37.6	40.0
5	40.8	47.3	49.0	21.6	28.5	30.8
6	36.2	42.8	44.9	19.7	24.9	27.1
7	57.3	63.5	66.7	34.0	42.8	44.2
8	53.4	58.0	60.2	28.5	31.3	34.7

d)—Comparación de diferentes tiempos de agitación y adiciones alcalinas usando N- CH_3COOK como extractor.

La Tabla VII da los resultados correspondientes.

Con N- CH_3COOK dos métodos de destilación fueron probados: NaOH y borato amortiguado. La destilación con NaOH siempre dió

— TABLA VII —

NH_4 -N intercambiable usando N-CH_3 COOK como extrante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas ,

Suelos	NaOH			Borato Amortig.		
	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm	1 h ppm	12 h ppm	24 h ppm
1	40.6	43.2	45.4	26.3	29.5	32.6
2	63.0	66.3	68.2	32.8	36.9	38.3
3	63.3	66.2	67.5	33.4	36.1	39.7
4	52.1	56.8	59.9	29.1	34.6	37.1
5	39.2	41.1	45.6	19.0	24.2	28.3
6	32.5	37.3	39.4	16.1	20.4	23.5
7	44.4	49.5	51.0	29.4	34.0	40.0
8	34.6	39.7	41.8	25.2	27.9	30.1

más altos valores que el borato amortiguado. En promedio NaOH dió 39.2% más NH_4 -N intercambiable que el borato amortiguado.

Si se asume que todo el NH_4 intercambiable es liberado en 24 horas de agitación, en promedio 82.3% fue liberado en 1 hora y 93.4% en 12 horas de agitación.

e) — **Comparación de diferentes adiciones alcalinas usando N-KCl, acidificado con HCl a pH 1.0, como extractor.**

Habida cuenta que Harper (13) McLean y Robinson (18) y Olsen (20), encontraron que podía hacerse una extracción más completa de NH_4 -N intercambiable si N-ClK era acidificado con HCl a pH1, el siguiente método fue probado: 5 g. de suelo fueron agitados durante 1 hora con 100 ml. de N-ClK que recibieron suficiente HCl concentrado para traer el pH a 1.0. Una alícuota de 25 ml. fue destilada con NaOH o borato amortiguado tal como sa sido descrito previamente.

La Tabla VIII da los resultados para N-ClK - HCl, pH 1.0.

La destilación con NaOH en promedio dió 39.7% más NH_4 -N intercambiable que el borato amortiguado.

V — DISCUSION

Los resultados obtenidos en este estudio han demostrado que los valores de NH_4 -N intercambiable varían con el método empleado.

Soluciones de sales de calcio siempre extrajeron más NH_4 -N intercambiable que las soluciones de sales de potasio. Allison, Kefauver y Roller (2), obtuvieron resultados similares. Esto puede ser debido al hecho de que el potasio contrae las láminas cristalinas de las ar-

— TABLA VIII —

NH_4 -N intercambiable usando N-ClK - HCl (pH 1.0), como extractante con diferentes tiempos de agitación y diferentes destilaciones alcalinas.

Suelos	NaOH ppm 1 h	Borato Amortig. ppm 1 h
1	44.3	31.8
2	68.9	42.3
3	71.8	45.6
4	62.0	34.2
5	46.2	26.7
6	40.1	23.8
7	56.2	34.1
8	53.4	29.0

cillas mientras que el calcio las expande (1, 2, 3), o que el calcio expande las láminas cristalinas de las arcillas más que el potasio. Por esta razón el NH_4 -N es más fácilmente liberado utilizando calcio.

También los resultados pueden ser relacionados a las diferencias en los radios iónicos entre el K y Ca. De acuerdo a Levina, et alia (17), el radio iónico del K = 1.35 Å y Ca = 0.98 Å. Barshad (7), sugiere que el ión Ca es suficientemente pequeño para acomodarse en las cavidades correspondientes al oxígeno en las láminas aluminosilicatadas, mientras que el K es demasiado grande para ser acomodado fácilmente. Esto indica que el Ca intercambiable estaría principalmente en las láminas. Los iones de NH_4 -N intercambiable (radio iónico = 1.43 Å) con muy similar radio iónico al K, estará también entre las láminas. Esto indica que el K intercambiable puede bloquear la liberación del NH_4 -N en mayor grado que el Ca intercambiable.

Sin embargo, Giesecking (12), y en trabajos más recientes Norrish (19), Barrer y Brummer (6) y Uskov y Uskova (23), han demostrado que los cationes intercambiable, incluyendo el Ca, están normalmente entre las láminas. Esto indica un mayor efecto de expansión del Ca sobre el K (Norrish, 19) en las láminas de arcillas, causando efectivamente más fácil remoción del NH_4 -N.

Con referencia al efecto del tipo de anión en las soluciones extractoras, los resultados de este estudio demuestran que los cloruros de Ca y K casi siempre liberan más NH_4 que los correspondientes acetatos. Joffe y Lavine (15) trabajando con bentonita obtuvieron resultados similares, pero Chaminade (10) no encontró diferencias debidas al tipo de anión asociado. Hendricks (14) encontró que los iones orgánicos producían menos dispersabilidad e hinchamiento en la montmorillonita que los iones inorgánicos, debido a un mayor nú-

mero de puntos de interacción entre las arcillas y los iones orgánicos. Kunin y Myers (16) en un experimento con resinas, encontraron que los acetatos eran retenidos más firmemente que los cloruros. Esta reducción en la capacidad de chinchamiento resulta en un más difícil desplazamiento del $\text{NH}_4\text{-N}$.

Los resultados obtenidos en este estudio, como los obtenidos por otros investigadores (Olsen, 20); Chaminade, 11; Bremmer, 9), demuestran que N-ClK acidificado a pH 1.0 con HCl (reactivo de Olsen), siempre extrajeron más $\text{NH}_4\text{-N}$ que el liberado con N-ClK. Olsen (20), sugiere que este fenómeno pueda deberse a que parte del $\text{NH}_4\text{-N}$ se derive de fuentes orgánicas nitrogenadas, probablemente a causa de la hidrólisis de amidas, ocasionada por la acidez del reactivo de Olsen. También existe la posibilidad de que un pH bajo descomponga la arcilla (Schofield, 22) y libere $\text{NH}_4\text{-N}$ fijo. Finalmente cabe considerar que la más alta concentración del ión hidrógeno en el reactivo de Olsen comparada con aquélla del N-ClK produzca simplemente un desplazamiento más eficiente del $\text{NH}_4\text{-N}$.

Esta última razón es la más probable puesto que en el presente trabajo se encontró que la extracción con N- Cl_2Ca dió los mismos valores para $\text{NH}_4\text{-N}$ que la extracción con el reactivo de Olsen. El primer reactivo es difícil que descomponga las arcillas o cause hidrólisis de los compuestos orgánicos nitrogenados.

Los valores para $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable siempre aumentaron con el tiempo de agitación (contacto) con todos los extractantes utilizados. Sin embargo, si se asume que en 24 horas de agitación se obtiene una completa liberación del $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable, se encontró (v.g. examinando los resultados de las Tablas II y III) que 1 hora de agitación en promedio liberaba 79.4%, y 12 horas liberaban el 93.4% del total $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable.

Puesto que una excesiva agitación o contacto en más de 24 horas puede resultar en liberación de $\text{NH}_4\text{-N}$ de fuentes orgánicas, o incluso en fijación de $\text{NH}_4\text{-N}$ liberado durante los primeros períodos de contacto, períodos mayores de 4 horas no pueden ser recomendables.

Todos los suelos se comportaron similarmente respecto de las diferentes variables estudiadas. A medida que la normalidad del extractante y el tiempo de agitación aumentada, más el $\text{NH}_4\text{-N}$ intercambiable fue liberado de todos los suelos. La desilación con NaOH siempre dió los más altos valores, siendo intermedios los correspondientes al MgO y los más bajos valores se obtuvieron con borato amortiguado.

VI — CONCLUSIONES

Puesto que todos los suelos se comportaron similarmente con respecto a las diferentes variables estudiadas, los resultados promedios aparecen en la Tabla IX.

— TABLA IX

PROMEDIO DE LOS DIFERENTES METODOS EMPLEADOS PARA DETERMINAR NH_4 -N INTERCAMBIABLE.

Extractor	Normalidad	Tiempo H	Métodos Destilación		
			NaOH ppm	MgO ppm	Bor. Am. ppm
Cl_2Ca	N	1	56.4	45.0	33.3
	N	12	66.2	50.4	38.2
	N	24	64.8	53.7	40.5
Cl_2Ca	0.5 N	1	42.7	32.1	21.7
	0.5 N	12	51.7	40.0	29.7
	0.5 N	24	55.4	43.7	33.1
ClK	N	1	49.0	35.4	28.5
	N	12	54.3	40.8	32.8
	N	24	55.7	42.7	36.7
ClK	0.5 N	1	34.9	23.2	18.0
	0.5 N	12	43.9	31.7	25.5
	0.5 N	24	48.6	36.1	30.2
$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$	N	1	52.3	—	30.7
	N	12	58.6	—	35.3
	N	24	60.9	—	38.8
CH_3COOK	N	1	46.2	—	26.4
	N	12	50.0	—	30.4
	N	24	52.3	—	33.7
ClK - HCl (pH 1.0)	N	1	55.3	—	33.4

NH_4 -N INTERCAMBIABLE EXPRESADO EN PORCENTAJE DEL NITROGENO TOTAL EN LOS DISTINTOS SUELOS ESTUDIADOS

Palmira	1.68	S. Palmaseca	1.22
Villarrica	1.44	S.S. Palmaseca	2.27
Jamundi	1.80	Risaralda	1.35
Cerritos	1.65	Buenaventura	2.53

PROMEDIO 1.74

El tipo de álcali usado durante la destilación tiene un efecto más pronunciado sobre NH_4 -N intercambiable que las otras variables. Los valores de NH_4 -N intercambiable fueron siempre más altos con NaOH, después con MgO, y los más bajos con borato amortiguado.

Las soluciones normales siempre dieron valores más altos que

las soluciones 0.5 N, siendo las diferencias más grandes con 1 hora que con más largos períodos de agitación.

Los cloruros de potasio y calcio siempre dieron extracciones ligeramente superiores a las de los correspondientes acetatos.

Las más grandes diferencias en NH_4 -N intercambiable ocurrieron entre 1 y 12 horas de agitación, mientras que con 24 horas de contacto consistentemente se liberó más NH_4 -N, aunque la magnitud de la diferencia entre 12 y 24 horas de agitación no fue grande.

El uso del N-ClK acidificado a pH 1.0 con HCl, y 1 hora de agitación, dió valores muy similares a los obtenidos con N-Cl₂Ca utilizando el mismo tiempo de contacto y destilación con hidróxido de sodio.

RESUMEN

Las soluciones de sales de calcio siempre extrajeron más NH_4 -N que las soluciones de sales de potasio teniendo los mismos aniones. Los cloruros de calcio y potasio casi siempre extrajeron más amonio que los correspondientes acetatos N-ClK acidificado a pH 1.0 con HCl siempre extrajo más NH_4 -N que N-ClK. La destilación de las alícuotas con NaOH dió los más altos valores para NH_4 -N correspondiendo los valores intermedios a MgO y los más bajos a borato amortiguado (pH 8.8).

Se presentan los resultados para el NH_4 -N intercambiable en los suelos del Valle del Cauca determinados por varios métodos. En promedio el NH_4 -N intercambiable significó el 1.74% del nitrógeno total de esos suelos.

SUMMARY

COMPARISON OF DIFFERENT EXTRACTANTS FOR DETERMINING EXCHANGEABLE AMMONIUM IN THE SOILS OF THE CAUCA VALLEY

Solutions of calcium salts always extracted more ammonium than did solutions of potassium salts having the same anions. The chlorides of calcium and potassium nearly always extracted more ammonium than did the corresponding acetates. N-potassium chloride acidified to pH 1.0 with hydrochloric acid always extracted more ammonium than did N-potassium chloride. Distillation of the extracts with sodium hydroxide gave the highest, with magnesium hydroxide intermediate, and with borate buffer (pH 1.0) the lowest values for ammonia.

Results for exchangeable ammonium in the Cauca Valley soils as determined by the various methods are presented. Exchangeable ammonium-nitrogen on average accounted for 1.74% of the total nitrogen of these soils.

BIBLIOGRAFIA

1. ALLISON, F. E., J. H. DOETSCH, and E. M. ROLLER.— 1951. Ammonium fixation and availability in Harpster clay loam. *Soil Sci.* 72: 187-200.
2. ALLISON, F. E., M. KEFAUVER, and E. M. ROLLER.— 1953. Ammonium fixation in soils. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 17: 107-110.
3. ALLISON, F. E. and E. M. ROLLER.— 1955. A comparison of leaching and distillation procedures for determining fixed ammonium in soils. *Soil Sci.* 80: 349-362.
4. ALLISON, F. E., E. M. ROLLER and J. H. DOETSCH.— 1953. Ammonium fixation and availability in vermiculite. *Soil Sci.* 75: 173-180.
5. AXLEY, J. H. and J. O. LEGG.— 1960. Ammonium fixation in soils and the influence of potassium on nitrogen availability from nitrate and ammonium sources. *Soil Sci.* 90: 151-156.
6. BARRER, R. M. and BRUMMER.— 1963. Relations between partial ion exchange and interlamellar sorption in alkylammonium montmorillonites. *Trans. Faraday Soc.* 59: 959-968.
- 7.— BARSHAD, I.— 1952. Factors affecting the interlayer expansion of vermiculite and montmorillonite with organic substances. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 16: 176-182.
8. BENGTTSSON, N. 1924. The determination of ammonia in soils. *Soil Sci.* 18: 255-278.
9. BREMMER, J. M.— 1959. Determination of fixed ammonium in soils. *Jour. Agric. Sci.* 52: 147-160.
10. CHAMINADE, R.— 1936. La retrogradation du potassium dans les sols. *Ann. Agron.* 6: 818-830.
11. Chaminade, R.— 1940. Fixation de l'ion NH_4 par les colloïdes argileux des sols sous forme non échangeable. *Comp. Rend. Acad. Sci. Paris.* 210: 264-266.
12. GIESEKING, J. E.— 1939. The mechanism of cation exchange in the montmorillonite, beidellite, nontronite type of clays minerals. *Soil Sci.* 47: 1-12.
13. HARPER, H. J.— 1924. The determination of ammonia in soils. *Soil Sci.* 18: 409-418.
14. HENDRICKS, S. T.— 1941. Base exchange of the clay mineral montmorillonite for organic cations and its dependence upon adsorption due to van der Waals forces. *Jour. Prys. Chem.* 45: 65-81.
15. JOFFE, J. S. and A. K. LAVINE.— 1947. Fixation of potassium in relation to exchange capacity of soils III. Factors contributing to the fixation process. *Soil Sci.* 63: 241-247.

16. KUNIN, R. and J. MYERS.— 1947. The anion exchange equilibria in an anion exchange resin. *Jour. Amer. Chem. Soc.* 69: 2874-2878.
17. LEVINA, S. A., et alia.— 1963. Investigation of structure and the adsorption and ion-exchange properties of synthetic zeolites. *Koll. Zhur.* 25: 41-45.
18. McLEAN, W. and G. W. ROBINSON.— 1924. A new method for the determination of ammoniacal nitrogen in soils. *Jour Agric. Sci.* 14: 548-554.
19. NORRISH, K.— 1954. The swelling of montmorillonite. *Faraday Soc. Dis.* 18: 120-134.
20. OLSEN, C.— 1927-1829. On the analytical determination of ammonia in soil, and the adsorption power of soil for ammonia. *Comp. Rend. Lab. Carlsberg.* 17 (15): 1-20.
21. RODRIGUES, G.— 1954. Fixed ammonium in tropical soils. *Jour. Soil Sci.* 5: 264-274.
22. SCHOFIELD, R. K.— 1932. Colloid chemistry of clays. *Ann. Rep. Prog. Chem.* 28: 351-336.
23. USKOV, I. A. and E. T. USKOVA.— 1959. Electrochemical studies of bentonite suspensions. *Koll. Zhur.* 21: 217-222.
24. WALSH, L. M. and J. T. MURDOCK.— 1960. Native fixed ammonium and fixation of applied ammonium in several wisconsin soils. *Soil Sci.* 89: 183-193.