

ESTUDIO DE LAS FRACCIONES Y ALGUNAS REACCIONES DEL
POTASIO EN DOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Por

NHORA BOHORQUEZ AMPUDIA

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

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de Tesis

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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE AGRONOMIA - PALMIRA

" El Presidente de Tesis, el Consejo de Tesis y el Consejo examinador de Grado no serán responsables de las ideas emitidas por el candidato ".

A mis padres y hermanos

(Art. 217, Cap. XVIII, de los Estatutos de la Univ. Nal. de Colombia).

DEDICÓ:

A mis padres y hermanos

C O N T E N I D O

La autora expresa su agradecimiento :

Al Dr. Mario Blasco L., Presidente de Tesis,
por su acertada dirección.

A los señores Silvio Castaño y J. Luijín So-
larte.

Al Laboratorio Químico Regional Cooperativo.

A la Facultad de Agronomía - Palmira.

Y a todas aquellas personas que en una u o-
tra forma contribuyeron a la realización
de este trabajo.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
BIBLIOTECA
ALBERTO GUERRERO

No. **212903** - - - - - Fac. _____

Ej. _____ Vol. _____ Lib. _____

Valor \$ _____ Don. _____ Can. _____ Com. _____

Fecha **11/10/2023** Resp. **Al's aj**

C O N T E N I D O

I.-	INTRODUCCION	1
II.-	REVISION DE LITERATURA	3
III.-	MATERIALES Y METODOS	
	A) Materiales	9
	B) Métodos :	
	1) Potasio Total	13
	2) Potasio Soluble en Agua	14
	3) Potasio Intercambiable	14
	4) Potasio Intercambiable en ácido nítrico 0.1 N	14
	5) Potasio no Intercambiable	
	a) Total	14
	b) Fracción mas soluble del potasio no Intercambiable.....	15
	6) Lixiviación de potasio	
	a) con agua destilada	15
	b) con ácido clorhídrico 0.01 N y cloru ro de sodio 0.01 N	15
	c) con distintos compuestos nitrogena- dos y fosforados	16
	7) Incubación	16

8) Fijación Inducida de potasio en arcillas	
a) separación de la fracción de arcillas .	17
b) inducción de la fijación	17
9) Efectos de la fijación del potasio en la capacidad catiónica de cambio	18
10) Determinación del sodio	19
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION	20
V.- CONCLUSIONES	63
VI.- RESUMEN	65
SUMMARY	67
VII.- BIBLIOGRAFIA	68

I L U S T R A C I O N E S

Pag.

TABLA	I.- Características generales del suelo de la Facultad de Agronomía	10
"	II.- Características generales del suelo de la Buitrera	12
"	III.- Fraccionamiento del potasio	21
"	IV.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de agua destilada en los suelos de la Facultad de Agronomía y la Buitrera tratados con 0 - 75 - 300 Kg/Ha. de potasio.	27
"	V.- Lixiviación de potasio en el suelo de la Facultad de Agronomía mediante adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01N....	33
"	VI.- Lixiviación de potasio en el suelo de la Buitrera mediante adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01N.....	34
"	VII.- Lixiviación de potasio en el suelo de la Facultad de Agronomía mediante adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01N.....	35
"	VIII.- Lixiviación de potasio en el suelo de la Buitrera mediante adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01N.....	36
"	IX.- Lixiviación de potasio en el suelo de la Facultad de Agronomía mediante adición de	

FIGURA 1.-	sio y someterlo a diferentes tratamientos de humedad y sequedad	58
TABLA XVI.-	Contenido de sodio total, intercambiable y soluble en agua en suelos del Valle del Cauca	60
" XVII.-	Relación K/Na en sus formas total, intercambiable y soluble en agua.....	61

FIGURA	1.- Fraccionamiento del potasio en los suelos del Valle del Cauca.....	22
"	2.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de agua destilada en el suelo de la Facultad de Agronomía tratado con 0 - 75 - 300 Kg/Ha. de potasio	30
"	3.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de agua destilada en el suelo de La Buitrera tratado con 0 - 75 - 300 Kg/Ha de potasio.....	31
"	4.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01N. en el suelo de la Facultad de Agronomía tratado con 0 - 75 - 300 Kg/Ha de potasio	38
"	5.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01N. en el suelo de La Buitrera tratado con 0 - 75 - 300 Kg/Ha de potasio.....	39
"	6.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01N. en el suelo de la Facultad de Agronomía tratado con 0 - 75 - 300 Kg/Ha de potasio.....	40
"	7.- Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01N, en el suelo de La Buitrera tratado con 0 - 75 -	

	300 Kg/Ha. de potasio.....	41
FIGURA	8.- Potasio lixiviado mediante adición de 250 cc/día de distintos compuestos nitrogenados al suelo Facultad de Agronomía.....	45
"	9.- Potasio lixiviado mediante adición de 250 cc/día de distintos compuestos nitrogenados al suelo La Buitrera.....	46
"	10.- Potasio lixiviado mediante adición de 250 cc/día de distintos compuestos fosforados al suelo Facultad de Agronomía.....	47
"	11.- Potasio lixiviado mediante adición de 250 cc/día de distintos compuestos fosforados al suelo La Buitrera.....	48

ESTUDIO DE LAS FRACCIONES Y ALGUNAS REACCIONES DEL
POTASIO EN DOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA

Por

Nhora Bohórquez Ampudia (")

I.- INTRODUCCION

El potasio se encuentra en los suelos en diversas formas, no estando completamente entendido el mecanismo de su comportamiento. Este elemento es uno de los tres nutrientes mayores de las plantas y al igual que otros elementos químicos del suelo se presenta en varias combinaciones que van desde solubles en agua hasta prácticamente inasequibles. En la mayoría de los suelos solamente una pequeña parte del potasio total es fácilmente intercambiable por otros iones, pero la mayoría se encuentra en forma no intercambiable o muy difícilmente intercambiable.

En general el potasio intercambiable puede estimarse como un índice de la cantidad de potasio asequible a las plantas. Sin embargo, es muy conveniente conocer las otras

(") Tesis presentada como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia del Dr. Mario Blasco L., I.A. Ph.D., a quien la autora expresa su gratitud.

formas que son las que van a constituir la verdadera reserva del suelo, aceptándose que al menos se presenta un equilibrio dinámico parcial entre el potasio de las diversas fuentes.

Al potasio se ha tendido a estudiarle desde un punto de vista químico, ya que al contrario de como sucede con los otros dos elementos mayores, nitrógeno y fósforo, no forma compuestos estables con la materia orgánica y por tanto sus transformaciones microbiológicas han recibido muy poca atención.

En la presente investigación se trató de estudiar el comportamiento del potasio en dos suelos distintos del Valle del Cauca, uno de ellos correspondiente a la Facultad de Agronomía considerado como muy aceptable en fertilidad, mientras que el otro suelo pertenece al área erosionada de La Buitrera, bastante deficiente en su aspecto de fertilidad.

II.- REVISION DE LITERATURA

El contenido promedio de potasio en las rocas de la corteza terrestre es de 2.58% (K_2O ~~3.11%~~) según Holmes (42). Los suelos contienen generalmente entre el 1 y el 2 % de potasio, es decir, la cantidad de este elemento es comparativamente mayor que la correspondiente a los otros dos macronutrientes, considerándose que de 97-98 % del potasio está en forma difícil y muy lentamente accesible (Attoe, 10; Antoniani, 6).

Según Middelbug (55) en trabajos realizados utilizando suelos tropicales de Indonesia, la proporción de potasio aumentó con la acidez de las rocas (contenido elevado de SiO_2) a la vez que disminuyeron las cantidades de CaO y MgO , siendo por tanto mayor el contenido de potasio en el granito y la liparita que en la andesita y basalto.

De acuerdo a Arnold (8), los feldespatos potásicos son los que más fácilmente liberan potasio bajo condiciones de laboratorio, sin embargo en los suelos, la liberación es más difícil ya que el feldespato está protegido por una superficie de los productos de su propia meteorización. El potasio proveniente de la biotita es más fácilmente intercambiable que el proveniente de la muscovita, debido a la presencia de hierro ferroso que favorece una más rápida meteo-

rización y similarmente se comporta la flogopita cuya meteorización es facilitada por la presencia del magnesio.

Los investigadores consideran que el poder de suministro de potasio en los suelos no radica, en la mayoría de los casos, en los minerales potásicos presentes en la fracción arenosa, sino en la arcillosa y en la cantidad de micas (illitas) que por su tamaño quedan clasificadas en dicha fracción, debiéndose tener en cuenta que las illitas, cuyas cargas están balanceadas por el ión potasio, son los minerales arcillosos mas abundantes en los suelos (Andreatta, 4; Bloomfield 25; Millot, 56).

Por otra parte la capacidad de los suelos para dar potasio no solamente depende de las cantidades presentes en las distintas formas del equilibrio dinámico, sino de la velocidad a la cual la forma intercambiable es reabastecida a partir de la no intercambiable. La velocidad de la reacción disminuye a medida que aumenta la intensidad de las cosechas pudiendo presentarse un déficit, a pesar de que las reservas potásicas sean aceptables (MacLean, 51; Welte y Niederbude, 78).

Es evidente que las plantas, cuando se agota la fracción intercambiable, son capaces de asimilar potasio no intercambiable (Arnold y Close, 9). Esta fracción no intercam-

biable inicialmente proviene de las posiciones interlaminares de los minerales secundarios tipo 2:1, principalmente illitas (Welte y Niederbudde, 78).

Reichenbach (63) indica que a medida que este potasio interlaminar disminuye, aumenta la capacidad de fijación del potasio en los suelos, lo cual está indicando que suelos ricos en illita y cuyo potasio haya sido extraído, mostrarán poca respuesta a la fertilización potásica debido al aumento de fijación.

Es conocido que el potasio es un elemento constitutivo esencial de los tejidos vegetales y en la mayoría de los compuestos orgánicos que normalmente se adicionan al suelo representa 1-2 %. Alrededor de un 30% del potasio en los vegetales superiores está asociado con las proteínas en forma absorbida y el 70 % permanece en el jugo celular (Willcox y Townsend, 80).

Esto significa que el potasio no forma compuestos estables con la materia orgánica. Según Chaminade (26), dos tercios del potasio en la materia orgánica son directamente solubles en agua y el resto es liberado como consecuencia de la mineralización microbiológica. Barbier (citado por Chaminade, 26) encontró que el humus no es capaz de fijar el potasio o lo realiza en cantidades ínfimas, v.g. 1 gr. de humato

cálcico fijó 0.025 m.e. de potasio. Esta fijación aumenta cuando el humus se halla asociado a la arcilla.

De acuerdo a Reitemeier (64) el potasio soluble es la cantidad disuelta en el agua del suelo bajo condiciones normales de capacidad de campo. Las cantidades de potasio soluble son muy bajas. MacLeand (51), para algunos suelos canadienses da valores que van desde 0.006 a 0.087 m.e./100 gr. Kauffman y Bouldin (48) consideran que el paso de potasio intercambiable a la fase líquida es tan rápida que puede considerarse en equilibrio constante.

Uno de los problemas mas característicos del potasio es su fijación. De acuerdo a Wiklander (79) y Duchaufbur 33 las formas fijas aparecen entre las láminas de las arcillas, principalmente en las illitas, pudiendo pasar a formas intercambiables mediante la destrucción estructural de las arcillas o por migración a las caras externas de las láminas.

La fijación del potasio se debe a su gran radio iónico lo cual significa escasa o nula capacidad de hidratación por lo cual el catión no es capaz de separar las láminas cristalinas (Norrish, 59).

Investigaciones en Colombia.-

Pocos han sido los estudios realizados sobre el pota-

sio en suelos colombianos, probablemente porque se ha considerado que este elemento se encuentra, por lo general, en niveles adecuados para el sostenimiento de las cosechas.

Piedrahíta y Benavides (62), encontraron que los suelos de Bolívar, Cundinamarca y Magdalena (15 muestras estudiadas), en su mayoría mostraron una capacidad de liberar potasio relativamente alta. Las menores cantidades de potasio total inicial en los suelos correspondieron a Cundinamarca.

García et al.(35) estudiando los suelos del Valle encontraron que en general el potasio intercambiable era bajo en suelos con los pH más ácidos. A medida que aumentó el pH los suelos aumentaron el contenido de potasio siendo mas altos en el centro que en el norte del Valle.

Marín et al.(54) estudiaron la capacidad de varios suelos para suministrar potasio mediante cosechas con Trébol Blanco bajo condiciones de invernadero. Encontraron que los suelos variaron ampliamente en su capacidad de dar potasio a las plantas. Los resultados indicaron una mejor correlación entre el potasio extraído con ácido nítrico y el removido por la cosecha que con el acetato de amonio.

En el fraccionamiento de potasio realizado por Tafur (73) en los suelos del Valle del Cesar encontró que la fracción arenosa tenía mayor influencia que la fracción arcillosa

en el contenido de potasio total, probablemente debido a la relativa abundancia de minerales primarios tales como feldespatos potásicos, leucita y biotita en la fracción mayor de 2 μ . En estos suelos el potasio estructural representó un promedio del 93.6 al 96.7 % del potasio total, el potasio no intercambiable varió entre 4.5 y 2.7 % del potasio total, el potasio intercambiable representó entre el 1.8 y 0.6 % del potasio total, mientras que el potasio soluble en agua varió entre 0.099 y 0.067 %.

III.- MATERIALES Y METODOS

A.- Materiales

Descripción de los suelos:

La investigación se llevó a cabo en los suelos de la Facultad de Agronomía de Palmira y de la región de La Buitrera, Municipio de Palmira, Departamento del Valle del Cauca.

Los primeros pueden considerarse representativos de la terraza media o planicie aluvial del Valle del Cauca, caracterizados por la presencia de una mezcla de materiales medianos a pesados en la superficie, colocados sobre estratos subyacentes constituidos por arenas finas y limos; en algunas localidades ocurren variaciones texturales que acercan estos últimos estratos al tipo arcilla mezclado con arenas y limos. La dominancia de la fracción arcillosa en la superficie le imparte un carácter ligeramente ácido a neutro con tendencia a la alcalinidad en los estratos inferiores, (60 cm \pm).

El relieve para efectos prácticos se puede considerar plano o casi plano. Las características químicas, aparecen en la Tabla I. Mineralógicamente hay predominancia de arcillas illíticas y vermiculita en la fracción $>2 \mu$.

T A B L A I

Características generales del suelo de la Facultad de
Agronomía.

Arenas	%	28
Arcillas	%	31
Limos	%	41
pH		6.2
C Orgánico	%	2.87
C/N		8.15
N Total	ppm	3.521
N Inorgánico	ppm	121.7
N Intercambiable	ppm	38.7
N Orgánico	ppm	3.360.6
P Fácilmente rem- plazable	ppm	8.7
P Orgánico	ppm	137.7
P Total	ppm	750.7
Ca meq./100 gr		12.3
Mg meq./100 gr		5.4
CaCO ₃ %		0.04
Al Intercambiable	ppm	0.0
Fe Intercambiable	ppm	9.1
CCC suelo meq./100 gr		30.2
CCC fracción >2 μ meq./100 gr		54.0

Los suelos de La Buitrera corresponden al pie de monte del flanco oriental de la Cordillera Central. Son suelos que han sufrido el proceso de Latosolización; de reacción ácida con muy bajo contenido de materia orgánica.

Son suelos rojos o pardo rojizos en todo el perfil exceptuando una delgada capa vegetal en la cual dominan los colores pardo oscuros. Presentan manchas ocreas de concreciones ferruginosas y negras de manganeso.

Por su ubicación topográfica presentan fuertes variaciones en el perfil, especialmente en lo que a profundidad se refiere. Son típicamente arcillosos y franco-arcillosos.

El material parental es de origen diabásico. La caolinita es la arcilla dominante. Los datos químicos aparecen en la Tabla II.

La topografía es de muy ondulada a quebrada.

Tanto en la determinación del fraccionamiento del potasio, como del sodio, se incluyeron, además de los suelos estudiados, algunos localizados en otras regiones del Valle del Cauca. Estos suelos fueron: Cerritos, un suelo ácido; Palmaseca, suelo salino-sódico; Jamundí, suelo ácido; Vijes, un suelo calcareo y Buenaventura, suelo ácido de costa.

También de acuerdo a los datos obtenidos en dichas de

T A B L A II

Características generales del suelo de la Buitrera

Arenas	%	36
Arcillas	%	51
Limos	%	13
pH		5.0
C Orgánico	%	1.10
C/N		6.4
N Total	ppm	1.724
N Inorgánico	ppm	167.4
N Intercambiable	ppm	45.2
N Orgánico	ppm	1.511.2
P Fácilmente rem- plazable	ppm	5.0
P Orgánico	ppm	47.2
P Total	ppm	224.8
Ca meq./100 gr		3.5
Mg meq./100 gr		1.2
CaCO ₃ %		0.0
Al Intercambiable	ppm	37
Fe Intercambiable	ppm	59
CCC suelo meq./100 gr		18.3
CCC fracción >2 μ meq./100 gr		36.5

terminaciones, se calculó la relación K/Na para dichos suelos, la cual aparece en la tabla XVII.

Esto se hizo con el fin de obtener datos promedios para el Valle del Cauca.

B.- Métodos.

1 - Potasio Total:

Siguiendo el procedimiento descrito por Jackson (45) un gramo de suelo fué colocado en un crisol humedeciéndose con unas gotas de ácido sulfúrico 18 N, añadiendo a continuación 1 ml. de ácido perclórico y 5 ml. de ácido fluorhídrico del 48%. El crisol se tapó con un vidrio de reloj dejando una pequeña abertura para dar salida a los vapores, calentándose a 200 - 225°C hasta sequedad, mediante ebullición constante. El procedimiento anterior se repitió tres veces y a continuación se colocaron gotas de ácido sulfúrico 18 N, calentando hasta la producción de humos. El crisol se dejó enfriar, adicionando luego 5 ml. de ácido clorhídrico 6 N y 15 ml. de agua destilada. El crisol se pasó a una plancha caliente hasta que la mezcla empezó a hervir. Se dejó enfriar, se filtró y se llevó a volumen conocido, leyéndose la extinción en un espectrofotómetro Beckman B.

2 - Potasio soluble en agua:

Se utilizó el método recomendado por MacLean (51). Una relación suelo : agua 1 : 2 se agitó por 2 horas manteniéndola a continuación en reposo por 16 horas. Se filtró y se llevó a volumen conocido, quedando lista para su lectura.

3 - Potasio intercambiable:

Se siguió el método común de extracción con acetato de amonio N, siguiendo el método de Schollenberger y Simon (68)

4 - Potasio intercambiable (ácido nítrico 0.1N):

Se procedió de acuerdo a Haylock (41), con las modificaciones sugeridas por MacLean (51). A 5 gr. de suelo colocados en un vaso de precipitados se le adicionaron 50 ml. de ácido nítrico 0.1N manteniéndose en reposo durante la noche, filtrando y llevando a volumen conocido con la misma solución extractora.

5 - Potasio no - intercambiable:

a). Total:

El filtro con el suelo utilizado en la extracción anterior se pasó a un vaso de precipitados y se le adicionaron 50 ml. de ácido nítrico N, manteniéndose en ebullición durante 10 minutos, llevando a volumen y leyendo; sobre el mismo

se volvió a repetir la extracción anterior tres veces mas, consecutivamente. Según las investigaciones realizadas por MacLean (51), la suma de las cuatro extracciones equivalen al potasio no intercambiable total.

b)- Fracción mas soluble del potasio no intercambiable

De acuerdo a MacLean (51) y según el procedimiento anterior la suma de las extracciones 1 y 2 menos la suma de la extracción 3 y 4 representa la fracción mas soluble del potasio no intercambiable.

6 - Lixiviación del potasio:

a)- Porciones de suelo de 10 gr. cada una y conteniendo aplicaciones de cloruro de potasio que equivalían a 0 - 75 - 300 Kg/Ha. de potasio, se colocaron convenientemente en embudos de 75 mm de diámetro sobre erlenmeyers. Por espacio de 30 días fueron lixiviados con 100 cc/día de agua destilada, leyéndose diariamente el potasio lixiviado.

b)- Lixiviación con ácido clorhídrico 0.01N (tratamiento propuesto por Garman, 36) y cloruro de sodio 0.01N.

Se pesaron 10 gr. de suelo con los mismos tratamientos indicados en el apartado a), por espacio de 5 días, se adicionaron 100 ml. de ácido clorhídrico 0.01N y a otra tanda de muestras 100 ml. de cloruro de sodio 0.01N, diariamente, determinándose a continuación la fracción lixiviada.

c)- Distintas porciones de 10 gr. de suelo fueron lixiviadas independientemente por espacio de cuatro días consecutivos con 100 cc/día de nitrato de sodio N, nitrato de calcio N, fosfato de calcio monobásico N, fosfato de calcio dibásico saturado y fosfato de calcio tribásico saturado, leyéndose diariamente la cantidad de potasio lixiviado.

7 - Incubación.-

Se tomaron 20 gr. de suelo seco al aire y tamizado por malla de 2mm. Fueron colocados en erlenmeyer de 125 ml. adicionándole agua destilada hasta su capacidad de campo, previamente determinada, y a otro número igual de erlenmeyer con la misma cantidad de gr. de suelo, se les agregó agua destilada para obtener suelos anegados. A cada erlenmeyer se le colocó un vial conteniendo peróxido de bario (humedecido con solución saturada de hidróxido de bario), para absorber CO_2 y generar O_2 (Cornfield, 28). Los erlenmeyer se sellaron e incubaron por espacio de 3 y 6 semanas. Cada vez que fué necesario se renovaron los viales.

Al finalizar cada período de incubación se obtuvo el potasio intercambiable por el método del acetato de amonio N, se llevó a volumen conocido y se leyó en el espectrofotómetro Beckman B. (Schollenberger y Simon, 68).

8 - Fijación inducida de potasio en arcillas.-

a)- Separación de la fracción de arcilla:

200 gr. de suelo fueron agitados por espacio de 24 horas con 2 litros de hidróxido de sodio 0.1 N. Los suelos dispersados se dejaron sedimentar durante 5½ horas y los diez primeros centímetros de la suspensión fueron trasladados mediante succión a un vaso de precipitados y neutralizados con ácido clorhídrico. Entonces se adicionaron 100 gr. de cloruro de calcio, ajustándose el pH a 7 mediante ácido clorhídrico o solución de hidróxido de calcio.

Después de agitar se permitió que la arcilla (mas materia orgánica) sedimentase. El líquido supernatante fué decantado y la suspensión remanente tratada adecuadamente con H₂O₂ para destruir la materia orgánica. La arcilla residual fué entonces secada y molida (lmu.) (Dettmann, 32; Blasco y Cornfield, 22).

b)- Inducción de la fijación:

3 gr. de arcilla fueron lixiviados con 75 ml. de clororuro de potasio N, (pH 7). El excesi de cloruro de potasio fué lavado con 75 ml. de alcohol acuoso 70%. Las muestras de arcilla fueron entonces: 1) secadas a la estufa a 100°C por 24 horas, 2) secadas a la estufa a 100°C por 24 horas y

entonces sometidas a cuatro ciclos mas de rehumedecimiento (con agua) y secadas a 100°C. (Blasco y Cornfield, 22).

A continuación se extrajo el potasio con acetato de amonio, determinándose por el procedimiento normal de espectrofotometría.

9 - Efectos de la fijación del potasio en la capacidad catiónica de cambio.-

25 gr. de suelo que previamente habían recibido las siguientes dosis de potasio (proveniente de cloruro de potasio) en Kg/Ha.: 0 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300, se sometieron a los siguientes tratamientos: 1) constantemente húmedo por espacio de una semana, 2) secado a temperatura ambiente, 3) secos a la estufa a 100°C y entonces sometidos a cuatro ciclos mas de rehumedecimiento (con agua) y secado a 100°C.

A continuación se tomaron 2 gr. de suelo y se lixiviaron con 50 ml. de acetato de amonio N, lavándose el exceso con 50 ml. de alcohol acuoso 70%. La muestra fué destilada con hidróxido de sodio 10 N y el destilado colectado en ácido bórico, titulándose con ácido sulfúrico standard, según la metodología de Schollenberger y Simon (68).

10 - Determinación del sodio.-

Como complemento de las determinaciones del potasio y siguiendo la metodología previamente descrita para este elemento, se determinó el sodio en sus formas total, intercambiable y soluble en agua, permitiendo así establecer las relaciones K/Na en los suelos del Valle.

El sodio se determinó, así mismo, espectrofotométrica mente.-

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

1 - Fraccionamiento del potasio.-

Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla III. Teniendo en cuenta que no existían datos anteriores sobre el fraccionamiento del potasio en el Valle del Cauca se consideró conveniente adicionar a los dos suelos estudiados muestras representativas de otros lugares del Valle: Cerritos, Palmaseca, Jamundí, Vijes y Buenaventura.

En promedio el potasio total representó 3.883 ppm. En general se puede señalar que el contenido de potasio total en los suelos del Valle (capa arable) no es muy alto si se compara con los datos obtenidos por Tafur (73) para el Valle del Cesar.

La explicación radica en el hecho de que la capa arable de los suelos del Valle del Cauca tiene mas contenido de materia orgánica que los suelos del Valle del Cesar. Simi-larmente, Piedrahíta y Benavides (62) encontraron menos po-tasio total en los suelos de alto contenido de materia orgá-nica (Sabana de Bogotá) que en suelos de Bolívar (bajo con-tenido de materia orgánica).

Por tanto en éstos y posiblemente en otros suelos que se vayan estudiando, cabe esperar que en las capas arables

T A B L A III

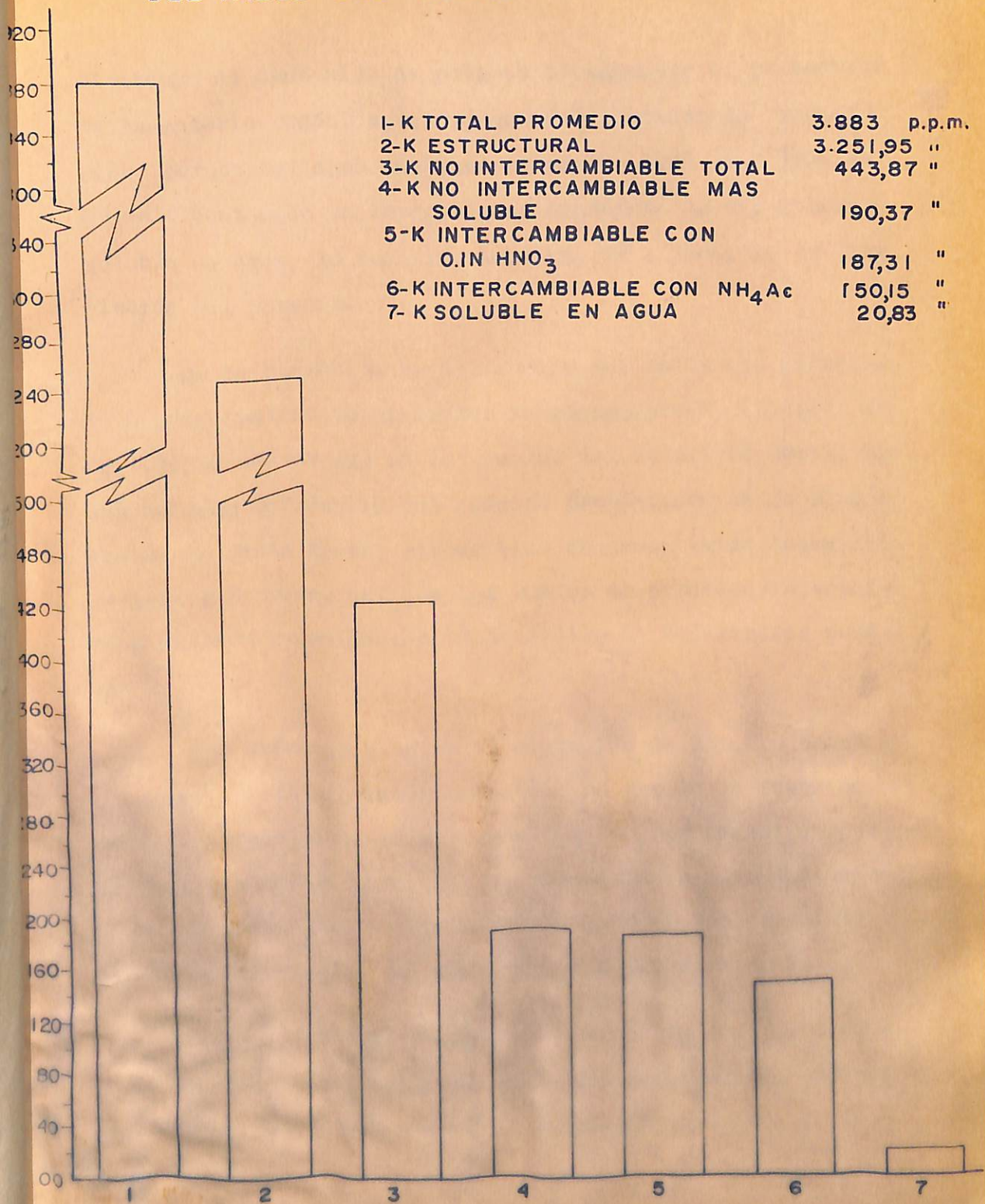
Fraccionamiento del Potasio en los suelos del Valle del Cauca.

Valores como K en ppm.

Nombre	K Total	K Estructural	K no-Intercambiable Total	Mas Soluble.	K Intercambiable 0.1 HNO ₃ N ^o 4OAc	K soluble en agua	
Facultad	5.557	3.103,90	1848,60	647,40	604,50	417,30	56,16
Buitrera	4.192	4.156,12	15,60	3,12	20,28	27,30	0,78
Cerritos	2.613	2.483,52	70,98	8,58	58,50	56,55	0,78
Palmaseca	3.822	2.546,70	846,30	557,70	429,00	117,00	74,88
Jamundí	3.627	3.527,94	36,66	14,04	62,40	42,90	0,78
Vijes	4.173	3.819,66	244,14	80,34	109,20	343,20	7,80
Buenaventura	3.198	3.125,85	44,85	21,45	27,30	46,80	4,68
Promedio	3.883	3.251,95	443,87	190,37	187,31	150,15	20,83
% K T	100	83,74	11,43	4,90	4,82	3,86	0,53

(*) % de cada columna es únicamente comparable con el K Total.

Fig.1-FRACCIONAMIENTO DEL POTASIO EN LOS SUELOS DEL VALLE DEL CAUCA.



disminuya el contenido de potasio al aumentar el porcentaje de la materia orgánica, no porque ésta carezca de potasio sino, porque tal como demostró Chaminade (26) las $2/3$ del potasio contenido en los residuos orgánicos es directamente soluble en agua, lo cual lógicamente, va a permitir la lixiviación del potasio.

En la formación de los suelos del Valle han intervenido principalmente minerales ferromagnésicos (Blasco et al, 24), mientras que en los suelos del Valle del César, hay una marcada influencia del granito proveniente de la Sierra Nevada de Santa Marta, siendo bién conocido (Middelburg, 55 Jackson y Sherman, 46) que los suelos de procedencia granítica contienen cantidades sustanciales de feldespatos potásicos.

Por diferencia entre el contenido de potasio total y el potasio total no intercambiable, se obtuvo la fracción de potasio estructural que representó el 83,74% (3.251,9 ppm) del potasio total. Este potasio se considera perteneciente a la red cristalina de los minerales, no siendo extraíble por cuatro tratamientos sucesivos de ácido nítrico N.

Esta definición de potasio estructural fué propuesta a la División de Potasio del Suelo del Departamento de Agricultura del Canadá. MacLean^{*} la consideró en principio acep

*) Comunicación personal.

table aunque como es lógico, dado el dinamismo del potasio en los suelos, es muy difícil separar concretamente el potasio estructural en su línea divisoria con el potasio no intercambiable.

El potasio total no intercambiable representó el ... 11.43% (443,87 ppm) del potasio total. Esta forma de potasio está siempre relacionada con la presencia de Illita en los suelos (Arnold, 8; Duchaufour, 33; Millot, 56). De los suelos estudiados se conoce la formación minaralógica de todos ellos, excepto Vijes (Blasco et al 24). Los suelos de la Facultad y Palmaseca son los que mas illita contienen, 25 y 22% respectivamente y evidentemente (Tabla III), son los que mayor potasio no intercambiable presentaron (1.848,6 y 846,3 ppm respectivamente). Posiblemente Vijes tenga un contenido intermedio de illitas, mientras que en el resto de las muestras el porcentaje de este mineral varió entre el 1 y 5%.

Teniendo en cuenta la dinámica del potasio en los suelos (Barbier, 12 y Malquori, 53) y la presencia de illita en el Valle, se puede esperar una suficiente reserva de potasio en los suelos que conforman la parte plana del Valle, mientras que muy posiblemente se presentarán deficiencias potásicas en los suelos de pie de monte y en el área de Buena-ventura.

Dentro del potasio no intercambiable su fracción mas soluble representó el 4.9% (190,37 ppm) del potasio total. Esta fracción de acuerdo a MacLean (51), puede considerarse como la forma que durante una cosecha puede llegar a ser asequible a las plantas.

El potasio intercambiable como reflejo de las anteriores fracciones de las cuales procede, también es mas alto en los suelos de la Facultad, Palmaseca y Vijes. Por el procedimiento del ácido nítrico representó el 4.82% (187,31 ppm) del potasio total, mientras que el potasio intercambiable obtenido por el método de acetato de amonio dió resultados mas bajos: 3,86% (150,15 ppm) del potasio total.

Al igual que sucedió con las determinaciones realizadas por Tafur (73) en los suelos del Valle del Cesar, la mayor extracción obtenida con el ácido nítrico, cabe atribuir la a su acción mas drástica sobre la materia orgánica, que el acetato de amonio.

Considerando los resultados obtenidos por Marín et al (54) es probable que el potasio intercambiable decaiga mas rápidamente en los suelos de la Facultad, Palmaseca y Vijes. No obstante, no es factible que se presenten deficiencias por los motivos expuestos anteriormente.

El potasio soluble en agua representó el 0.53% (20.83

ppm) del potasio total. Esta fracción de acuerdo a Reitemei er (64) por lo general es inadecuada para el sostenimiento de una cosecha. Tal como lo indican los resultados, esta fracción resultó mayor en los suelos con mas alto contenido de illita. El potasio soluble en agua siempre es bajo en los suelos ya que de acuerdo con la hipótesis de Goldschmidt (37, 38, 39) si el potasio no es absorbido por las plantas, es fácilmente lavado debido a su débil potencial iónico, lo cual es corroborado por la evolución del potasio a través de los tiempos geológicos (Vinogradov y Ronov,76) presentando una disminución constante en los suelos.

2 - Lixiviación del potasio con agua destilada.-

Como era de esperarse, el potasio lixiviado aumentó con las cantidades de fertilizante adicionado (Tabla IV). Comparativamente hubo una lixiviación ligeramente mayor en el suelo de La Buitrera que en el suelo de la Facultad como puede apreciarse en el cuadro siguiente en el cual el testigo tiene valor de cero.

Suelos	K / Adicionado		
	0	75	300
	Diferencia en meq./litro		
Facultad	0	0.032	0.234
La Buitrera	0	0.044	0.297

T A B L A IV

Potasio lixiviado mediante adición de 100 cc/día de agua destilada en los suelos de la Facultad de Agronomía y La Buitrera tratados con 0 - 75 - 300 Kg/Ha. de Potasio

Resultados en meq./litro

Días	F A C U L T A D			B U I T R E R A		
	0	75	300	0	75	300
1	0.063	0.080	0.114	0.113	0.028	0.100
2	0.042	0.050	0.057	0.005	0.013	0.040
3	0.035	0.035	0.045	0.005	0.006	0.020
4	0.039	0.033	0.040	0.002	0.005	0.013
5	0.030	0.030	0.050	0.005	0.008	0.015
6	0.017	0.023	0.038	0.002	0.002	0.008
7	0.017	0.023	0.026	0.002	0.002	0.011
8	0.012	0.015	0.022	-	0.002	0.008
9	0.008	0.012	0.015	-	0.002	0.008
10	0.008	0.008	0.014	-	-	0.005
11	0.005	0.005	0.008	-	-	0.008
12	0.007	0.007	0.011	-	0.002	0.007
13	0.007	0.008	0.013	0.002	0.002	0.002
14	0.007	0.007	0.013	0.002	0.002	0.007
15	0.005	0.005	0.008	-	-	0.002
16	0.007	0.007	0.012	-	0.002	0.005
17	0.007	0.007	0.012	-	0.002	0.007
18	0.007	0.007	0.008	-	-	0.005
19	0.008	0.008	0.017	-	-	0.002
20	0.007	0.007	0.017	-	0.002	0.002
21	0.007	0.007	0.017	-	-	0.002
22	0.007	0.007	0.018	-	-	0.002
23	0.012	0.008	0.012	-	-	0.002
24	0.008	0.007	0.008	-	-	0.002
25	0.008	0.007	0.008	-	-	0.002
26	0.008	0.007	0.008	-	-	0.005
27	0.008	0.008	0.012	-	-	0.002
28	0.008	0.008	0.012	-	-	0.003
29	0.008	0.008	0.008	-	-	0.002
30	0.008	0.008	0.008	-	-	0.002
Total	0.421	0.453	0.655	0.038	0.082	0.299

Considerando que el contenido de potasio del suelo de la Facultad es superior al suelo de La Buitrera (Tabla III), es factible suponer que se presentó alguna pequeña fijación en el suelo de la Facultad.

Esta retención es normal y concuerda con investigaciones realizadas en otros suelos tropicales (Acquaye, MacLean y Rice, 1; Moss y Coulter, 58), si tenemos en cuenta la composición mineralógica de los dos suelos con predominio de illita y vermiculita en el suelo de la Facultad y caolinita en el suelo de La Buitrera (Blasco et al, 24). A medida que domina la caolinita disminuyen las posibilidades de fijación, habida cuenta de su baja capacidad catiónica de cambio por un lado y su falta de expansión (Grim, 40).

El suelo de la Facultad está en condiciones de provocar alguna retención puesto que su arcilla vermiculita es expandible (Grim, 40; Barshad, 13) y además la vermiculita es una arcilla capaz de producir fijaciones, incluso cuando está húmeda (Young y McNeal, 82; Barshad, 14, 15, 16; Allison, Roller y Doetsch, 3).

Desde un punto de vista agronómico interesa más observar que prácticamente ninguno de los dos suelos retuvo las cantidades adicionadas, al menos al nivel de 300 Kg/Ha. de potasio, aunque los mecanismos son distintos. Para La Bui

trera es válida la explicación dada anteriormente. El suelo de la Facultad en cambio, salvo la pequeña fijación de carácter mineralógico, no retendrá el potasio por ser un suelo adecuadamente saturado. Es decir, en el suelo de la Facultad, o similares, no cabe esperar una respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos.

En el suelo de La Buitrera sí puede haber respuesta a la fertilización potásica. No obstante, en este suelo los problemas prácticos de la fertilización vienen afectados por la rata de lixiviación.

Así, observando las figuras 2 y 3 se aprecia que mientras la estabilización de las curvas en el suelo de la Facultad se logró alrededor de los 11 días de lixiviación, en el suelo de La Buitrera la estabilidad se presentó entre los tres y los cinco días. Prácticamente el potasio adicionado desapareció aproximadamente 3 a 4 veces más rápidamente en La Buitrera que en la Facultad.

Dentro de la tónica general descendente de las curvas, se presentan algunos picos correspondientes a una mayor cantidad de potasio lixiviado, mucho más prominentes en los suelos de la Facultad que en los suelos de La Buitrera.

Estos efectos caben atribuirse a la materia orgánica y población microbiológica, mas abundantes **ambas** en el suelo

Fig. 2 - POTASIO LIXIVIADO, MEDIANTE ADICION DE 100 cc/día DE AGUA DESTILADA, EN EL SUELO FACULTAD DE AGRONOMIA TRATADO CON 0, 75 Y 300 Kg./Ha. DE POTASIO.

TOTAL DE POTASIO LIXIVIADO EN 30 DIAS

Gráfica	Tratamiento	m. e/ litro.
+++++	0 Kg./Ha.	0.421
-----	75 " "	0.453
_____	300 " "	0.655

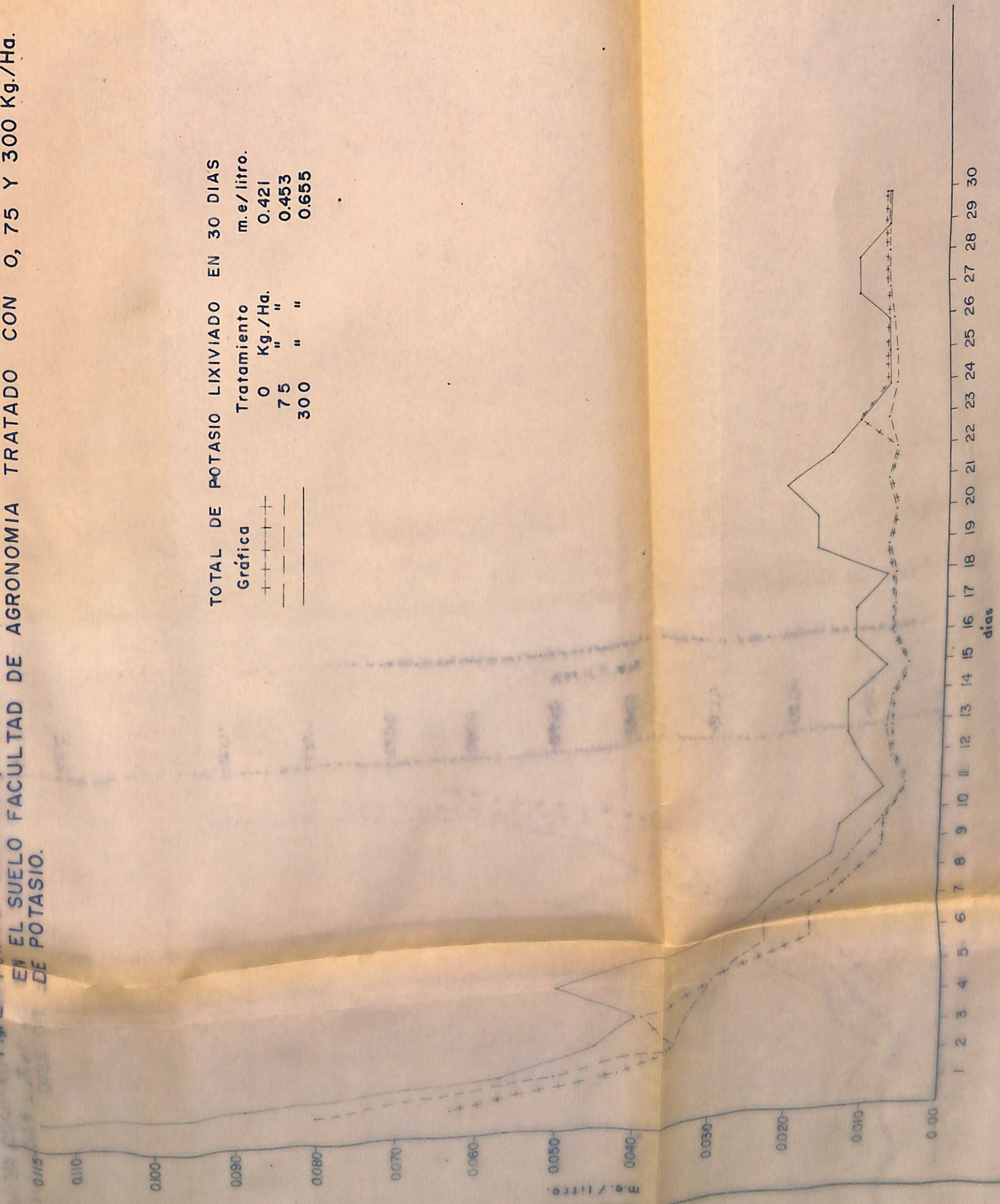
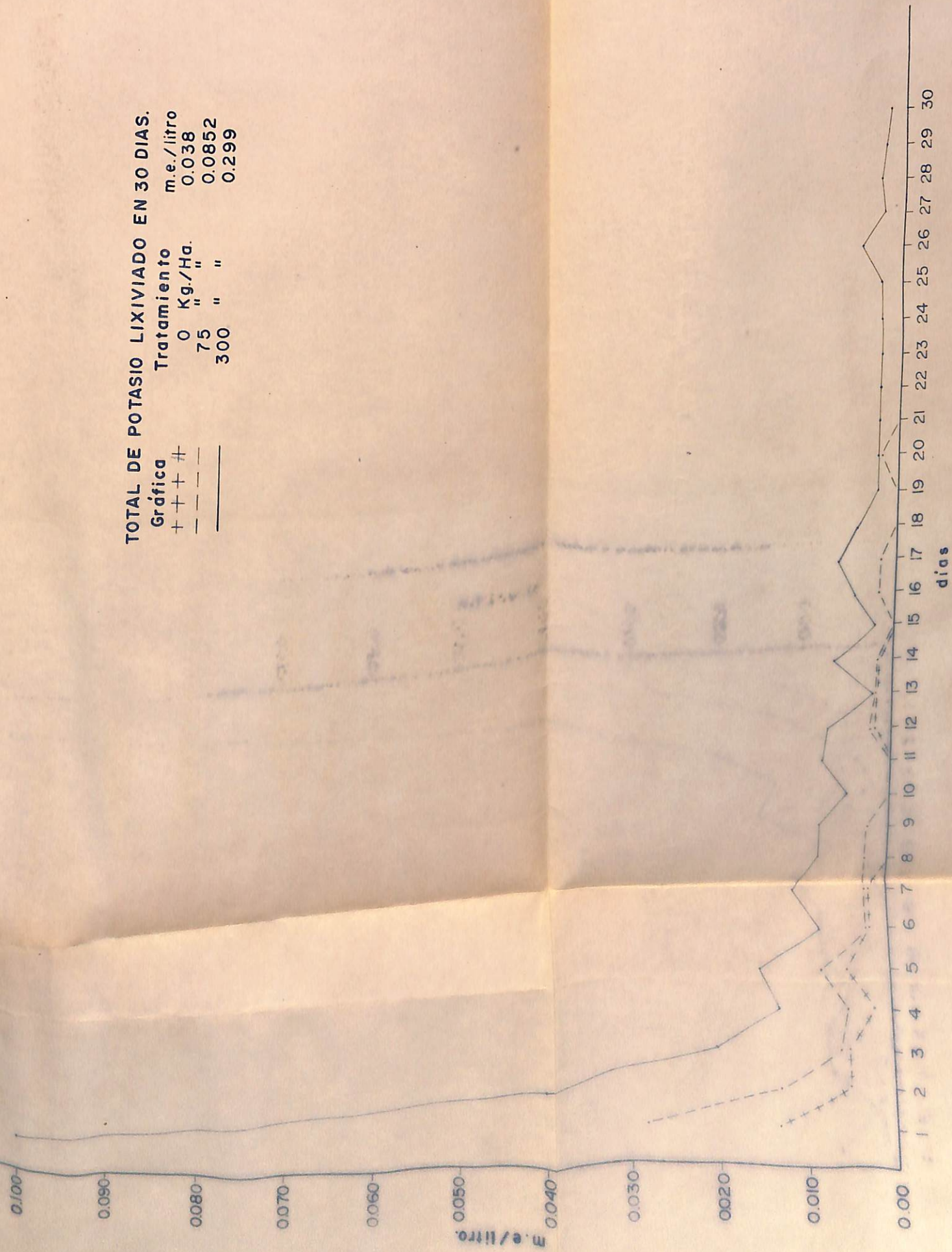


Fig 3- POTASIO LIXIVIADO, MEDIANTE ADICION DE 100cc/día DE AGUA DESTILADA, EN EL SUELO BUITRERA TRATADO CON 0, 75 Y 300 Kg./Ha. DE POTASIO.



de la Facultad. Birch (19) y Birch y Friend (20), señalan que al producirse un secamiento (fácilmente se pueden producir pérdidas de humedad en el laboratorio) se ocasiona la fragmentación de los geles coloidales orgánicos dando lugar obviamente, a una mayor superficie expuesta al ataque de los microorganismos, así liberando mas potasio (y otros elementos).

3 - Lixiviación del potasio con ácido clorhídrico 0.01 N y cloruro de sodio 0.01 N.-

Como es sabido, MacLean (51) correlaciona la lixiviación de los suelos con ácido clorhídrico con su capacidad potencial potásica. Tafur (73) encontró que el potasio lixiado en diez días equivalía a la fracción mas soluble del potasio no intercambiable de los suelos del Valle del Cesar.

Avanzando un poco más se trató de comparar el efecto de dos cationes distintos, hidrógeno y sodio, comunes en los suelos, manteniendo el mismo anión cloro. Según los resultados encontrados para los dos suelos (Tablas V a VIII) el hidrógeno es capaz de remover mas potasio que el sodio.

En general a medida que el pH aumenta hay una mayor capacidad catiónica de cambio debida a la ionización de los grupos superficiales motivada por la adsorción de iones OH^- (Hunter y Alexander, 43). A medida que el pH aumenta las

T A B L A V

Lixiviación de Potasio en el suelo de la Facultad median
te adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01 N.

Resultados en meq./100 gr.

Días	Kg/Ha. de Potasio Adicionados		
	0	75	300
1	0.500	0.650	0.850
2	0.293	0.340	0.340
3	0.284	0.240	0.270
4	0.052	0.052	0.049
5	0.016	0.020	0.020
TOTAL	1.145	1.302	1.529

T A B L A VI

Lixiviación de Potasio en el suelo de La Buitrera median
te adición de 100 cc/día de ácido clorhídrico 0.01 N.

Resultados en meq./100 gr.

Días	Kg/Ha. de Potasio Adicionados		
	0	75	300
1	0.010	0.620	1.620
2	0.020	0.140	0.240
3	0.010	0.060	0.140
4	0.005	0.040	0.060
5	0.005	0.010	0.030
TOTAL	0.050	0.870	2.090

T A B L A VII

Lixiviación de Potasio en el suelo de la Facultad mediante adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01 N.

Resultados en meq./100 gr.

Días	Kg/Ha, de Potasio Adicionados		
	0	75	300
1	0.320	0.380	0.585
2	0.205	0.228	0.270
3	0.120	0.130	0.160
4	0.120	0.133	0.165
5	0.015	0.016	0.020
TOTAL	0.780	0.887	1.200

T A B L A VIII

Lixiviación de Potasio en el suelo de La Buitrera median
te adición de 100 cc/día de cloruro de sodio 0.01 N.

Resultados en meq./100 gr.

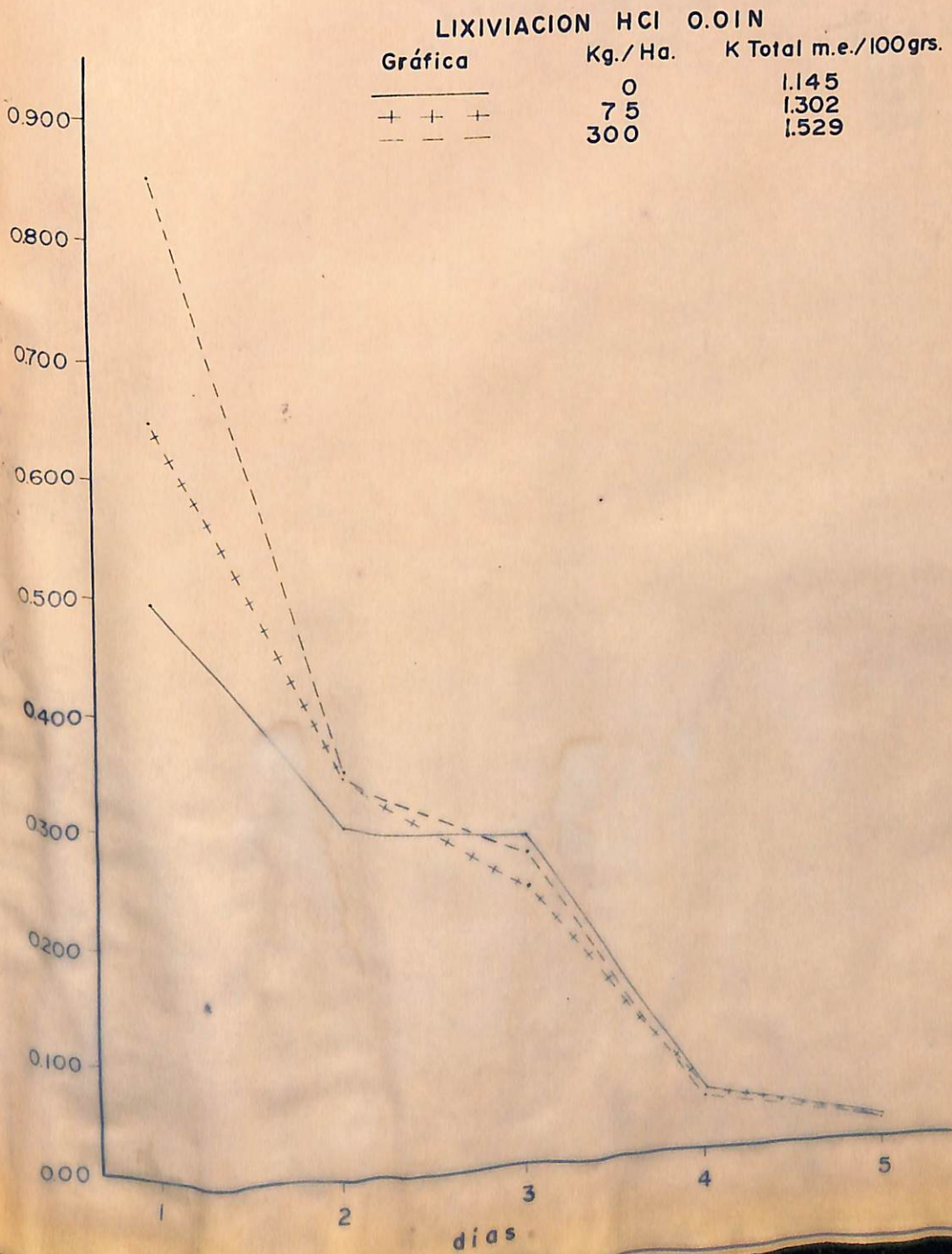
Días	Kg/Ha. de Potasio Adicionados		
	0	75	300
1	0.010	0.090	0.430
2	0.010	0.130	0.320
3	0.020	0.070	0.170
4	0.005	0.050	0.140
5	0.005	0.040	0.110
TOTAL	0.050	0.380	1.170

fuerzas de unión entre las aristas cargadas positivamente y las caras cargadas negativamente decrecen (Olphen, 61; Schofield y Samson, 66) produciendo una mayor capacidad de hinchamiento en las arcillas (Norrish et al, 60), por tanto a medida que el pH fué mayor (comparativamente mas alto pH con cloruro de sodio que con ácido clorhídrico) la difusión del potasio dentro de las láminas cristalográficas fué más fácil y consecuentemente la posibilidad de lavado mas difícil.

El constante lavado equivale a la saturación del suelo con un determinado ión. Aomine y Wada (7) encontraron que la capacidad de fijación disminuía con el ión saturador en el orden $Na > Ca > Li > Mg > Ba > H$, indicando que el lavado con ácidos diluídos siempre producía la disminución de la capacidad de fijación.

Por otra parte como puede apreciarse en las figuras de 4 a 7, la lixiviación con ácido clorhídrico al igual que ocurrió con el agua (en ambos casos catión H^+) es más rápida en el suelo de La Buitrera que en el suelo de la Facultad. En cambio con el sodio hay cierta tendencia a presentarse un poco mas de estabilidad en el suelo de La Buitrera que en el de la Facultad.

Fig.4- POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE ACIDO CLORHIDRICO 0.01NORMAL AL SUELO FACULTAD DE AGRONOMIA TRATADO CON 0-75-300 Kg./Ha. DE POTASIO.



3.5- POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE ACIDO CLORHIDRICO 0.01 NORMAL AL SUELO LA BUITRERA TRATADO CON 0- 75 - 300 Kg./Ha. DE POTASIO.

LIXIVIACION HCl 0.01 N		
Gráfica	Kg./Ha.	K Total lixiviado m.e./100grs.
— — — — —	0	0.05
+ + +	75	0.87
- - - - -	300	2.09

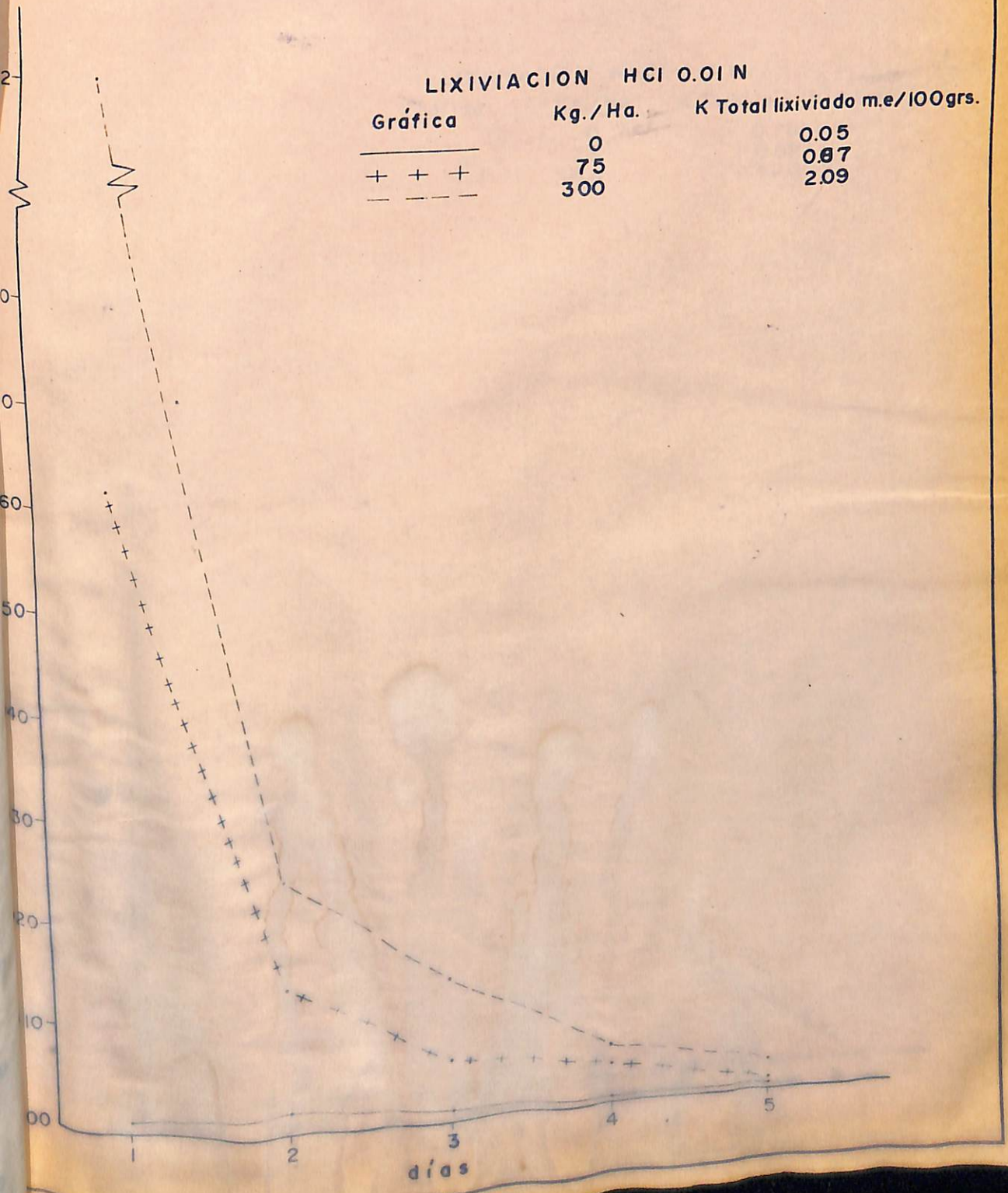
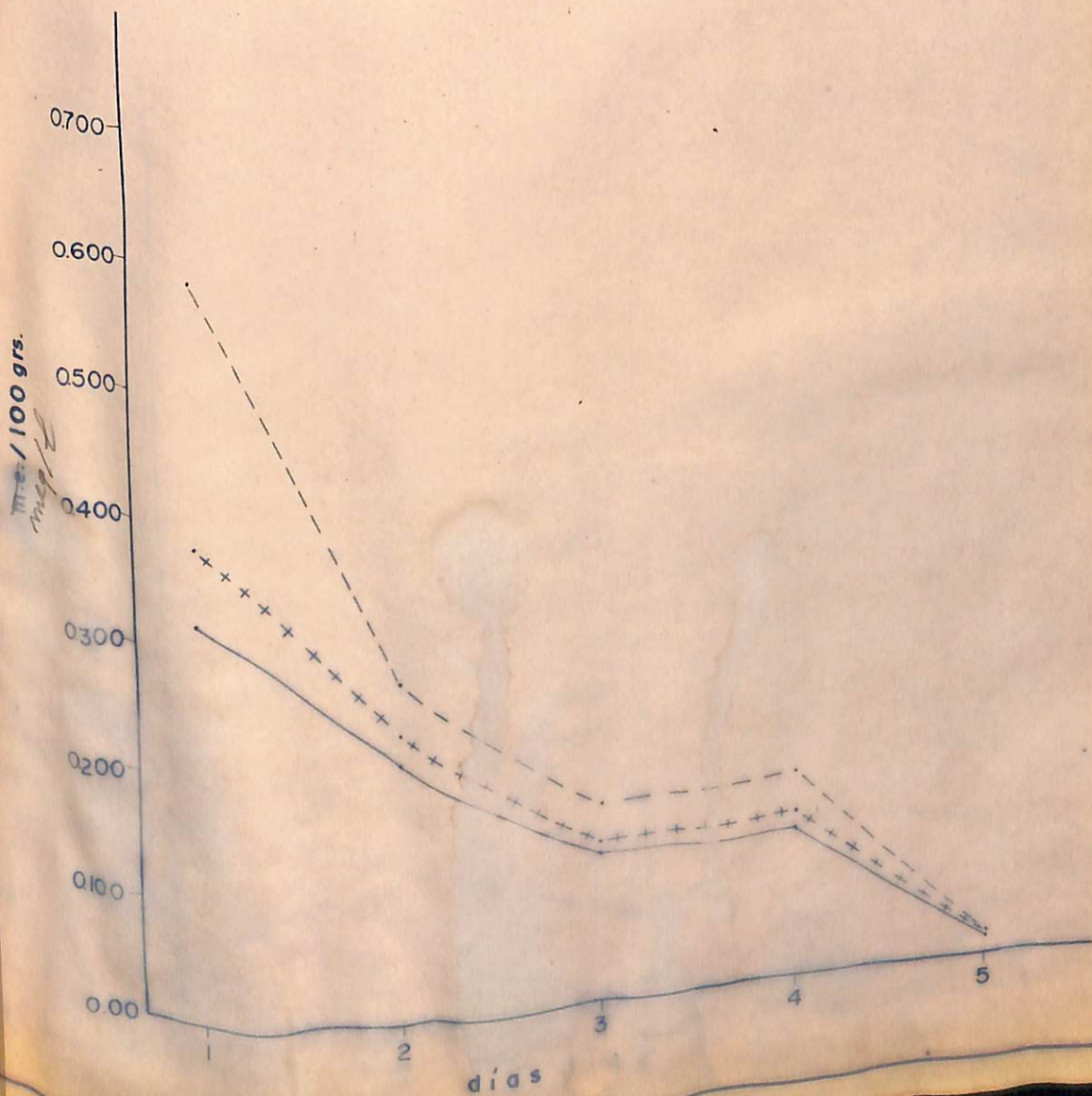


Fig.6- POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE CLORURO DE SODIO 0.01 NORMAL AL SUELO FACULTAD DE AGRONOMIA TRATADO CON 0-75-300 Kg./Ha. DE POTASIO.

LIXIVIACION NaCl 0.01N

Gráfica	Kg./Ha.	K Total m.e./100 grs.
—	0	0.781
+ + +	75	0.887
- - -	300	1.200



4 - Lixiviación del potasio mediante adición de dis tintos compuestos nitrogenados y fosforados.-

De acuerdo a los resultados (Tablas IX y X y figuras 8 a 11), de los compuestos nitrogenados el de menor efecto en ambos suelos fué el amonio, como cloruro de amonio. Es un resultado normal porque es bién conocida la relación contras tante entre el potasio y el amonio (Chaminade y Drouineau, 27; Reitemeier, 64; Barshad, 13, 14, 15, 16). Es decir, apa rece el conocido efecto del bloqueo de los iones amonio sobre la liberación del potasio.

Dentro de los fosfatos, el que produjo mayor lixivia ción en ambos suelos fué el fosfato cálcico monobásico, pre sumiblemente porque es más fácilmente soluble y el calcio pudo entrar en intercambio más rápidamente que las otras dos formas ensayadas.

Es notable la lixiviación producida por los nitratos de calcio y sodio en los suelos de la Facultad en contraste con los suelos de La Buitrera y con cualquiera otro de los tratamientos. Es difícil por el momento explicar el efecto causado, puesto que en la presente investigación no se tra tó de estudiar las reacciones aniónicas y catiónicas.

De acuerdo a Kunin y Myers (49) el anión nitrato tie ne un potencial mayor de intercambio que el anión fosfato.

T A B L A IX

Lixiviación de Potasio en el suelo de la Facultad median
te adición de distintos compuestos nitrogenados y
fosforados.

Resultados en meq./100 gr.

ml. de Sol. Adicionados Acumulado	250	250	250	250	TOTAL
	250	500	750	1000	
Nitrato de Sodio N,	6.500	0.845	0.675	0.600	8.620
Nitrato de Calcio N.	5.500	0.675	0.560	0.645	7.380
Cloruro de Amonio N.	0.770	0.320	0.090	0.350	1.530
Fosfato de Calcio Monobásico N.	0.800	0.750	0.460	0.660	2.670
Fosfato de Calcio Dibásico Sat.	0.300	0.360	0.100	0.420	1.190
Fosfato de Calcio Tribásico Sat.	0.250	0.390	0.260	0.450	1.350

T A B L A X

Lixiviación de Potasio en el suelo de la Buitrera mediante
te adición de distintos compuestos nitrogenados y
fosforados.

Resultados en meq./100 gr.

ml. de Sol.	250	250	250	250	TOTAL
Adicionados	250	500	750	1000	
Acumulados					
Nitrato de Sodio N.	0.430	0.520	0.400	0.590	1.940
Nitrato de Calcio N,	0.570	0.790	0.672	0.745	2.777
Cloruro de Amonio N.	0.190	0.275	0.290	0.460	1.215
Fosfato de Calcio Monobásico N.	0.520	0.590	0.600	0.715	2.425
Fosfato de Calcio Dibásico Sat.	0.050	0.200	0.250	0.510	1.010
Fosfato de Calcio Tribásico Sat.	0.060	0.175	0.220	0.550	1.005

Fig.8- POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE 250c.c./día DE DISTINTOS COMPUESTOS NITROGENADOS. AL SUELO FACULTAD DE AGRONOMIA.

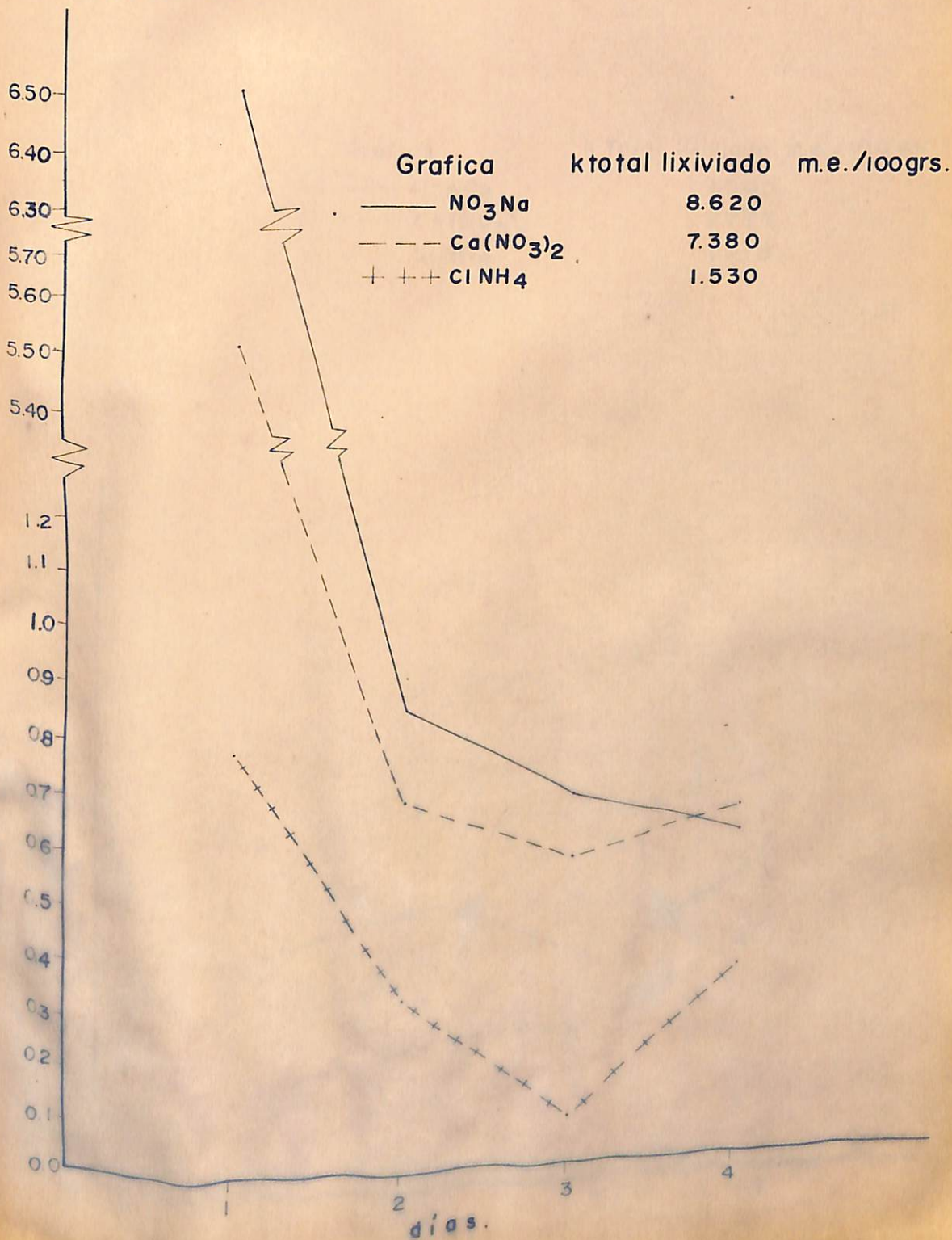


Fig.9-POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE 250 c.c./día DE DISTINTOS COMPUESTOS NITROGENADOS AL SUELO LA BUITRERA.

Gráfica	K Total lixiviado m.e./100 grs.
————— NaNO_3	1.940
- - - - - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	2.777
+ + + ClNH_4	1.215

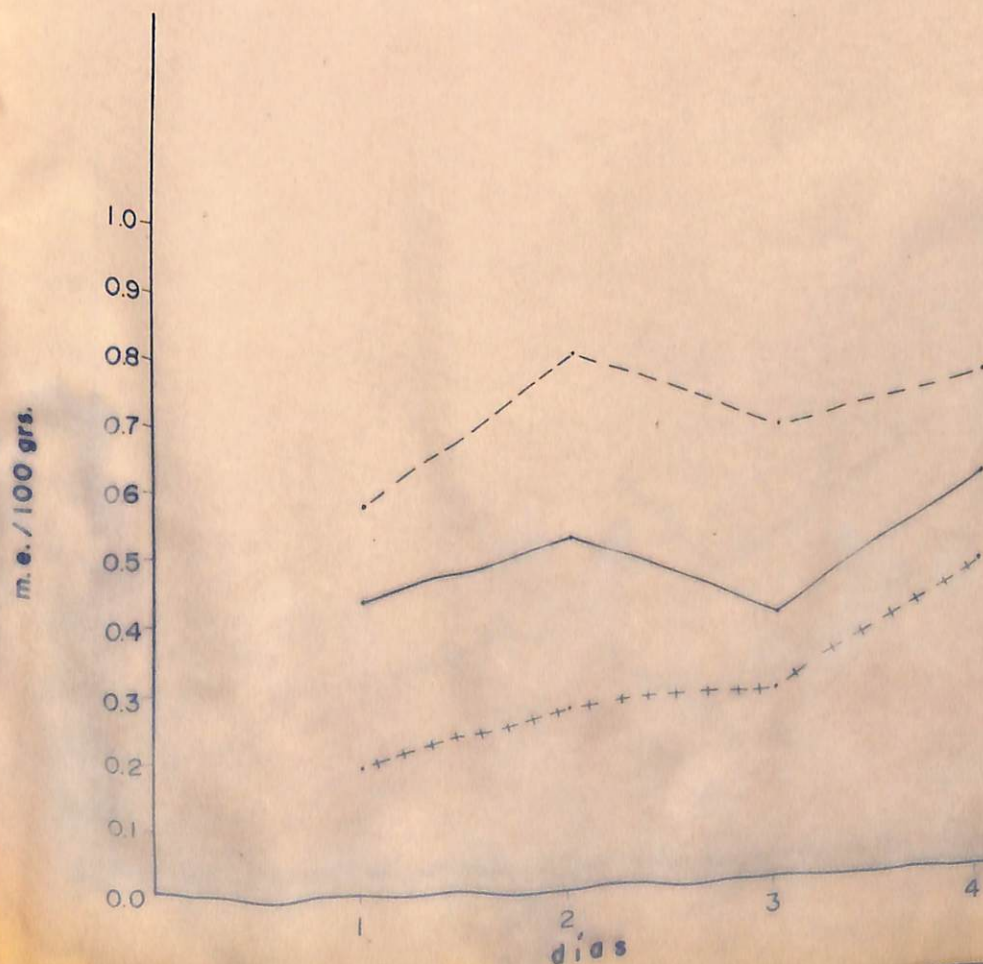


Fig.10- POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE 250c.c./ día DE DISTINTOS COMPUESTOS FOSFORADOS AL SUELO FACULTAD DE AGRONOMIA.

Gráfica	K Total lixiviado m.e./100 grs.
————— $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.670
- - - - Ca HPO_4	1.190
+ + + $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1.350

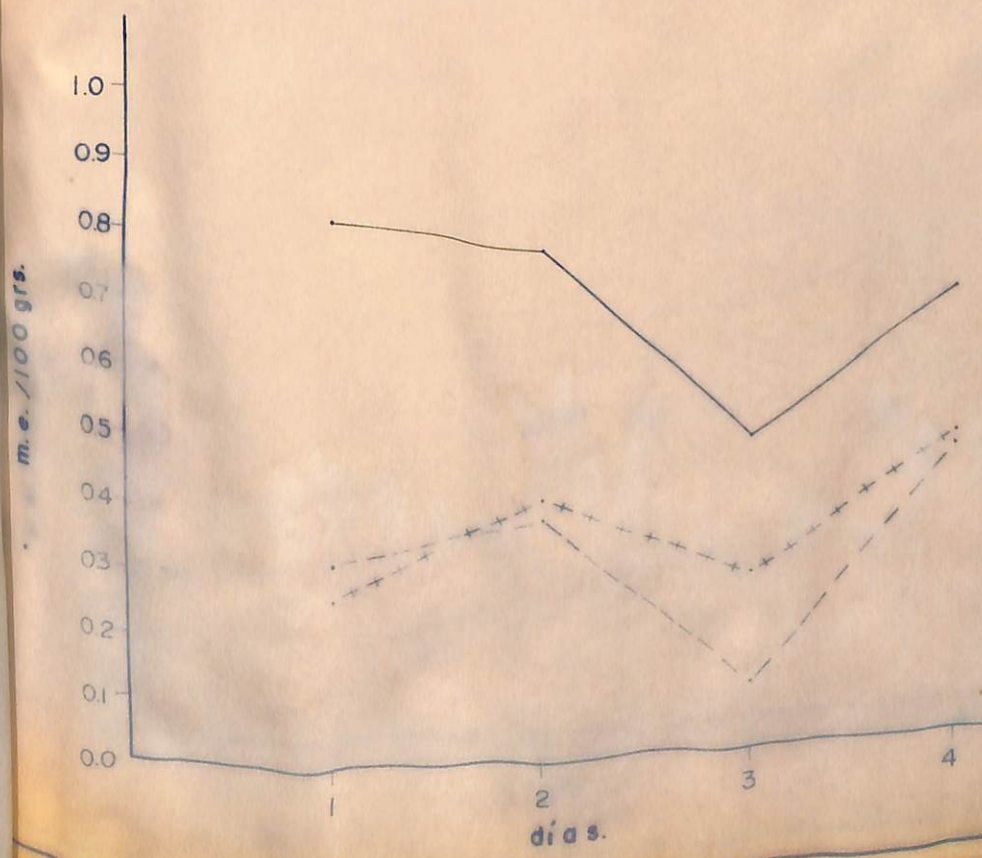
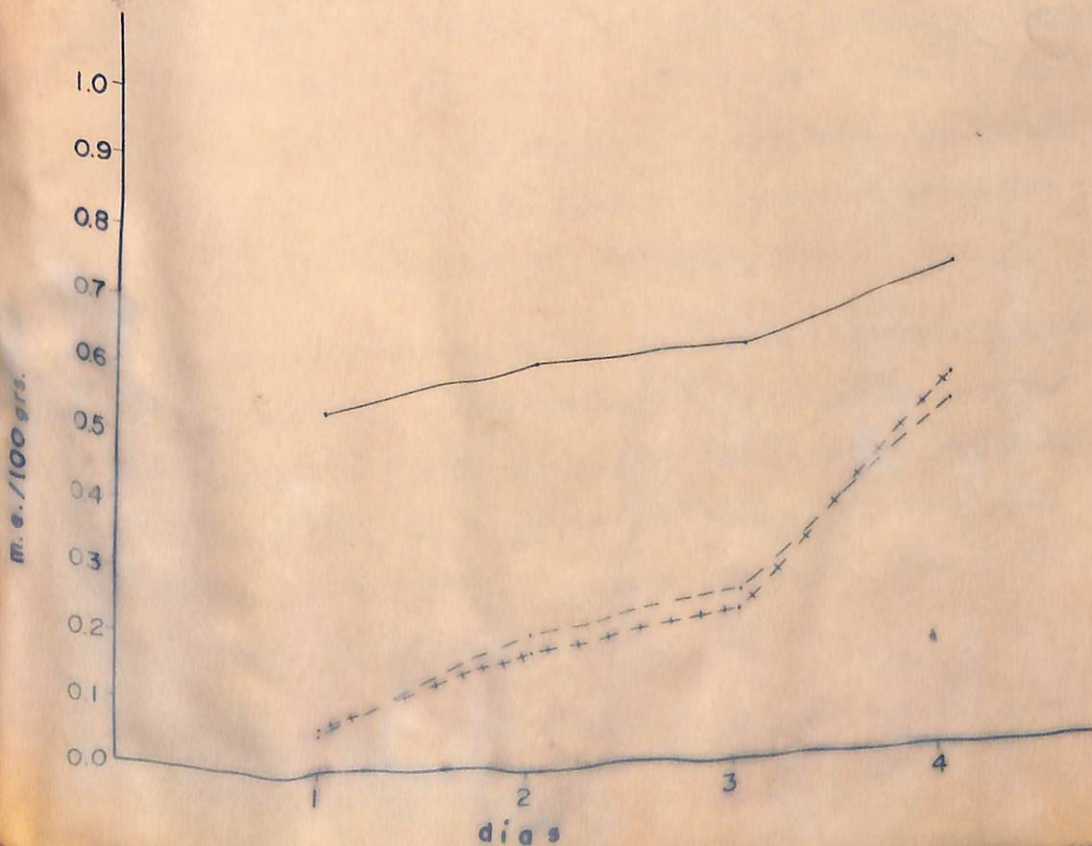


Fig.II-POTASIO LIXIVIADO MEDIANTE ADICION DE 250c.c./día DE DISTINTOS COMPUESTOS FOSFORADOS AL SUELO LA BUITRERA.

Gráfica	K Total lixiviado m.e./100 grs
————— $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.425
- - - - CaHPO_4	1.010
+ + + + $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1.005



Esto podría dar alguna idea, al menos en el suelo de la Facultad, de la mayor actividad aniónica del nitrato. Por otra parte aparece que el intercambio aniónico en pruebas con resinas (B.D.H., 17) siempre es más rápido a medida que aumenta la basicidad (suelo Facultad más básico que el de La Buitrera).

El efecto del calcio o sodio en combinación con los nitratos aparece bastante similar en el estudio realizado. Por una parte ambos cationes de acuerdo a la hipótesis de Goldschmidt (37, 38, 39) tienen un débil potencial iónico, por otro lado el sodio, con menor carga, tiene mas movilidad que el calcio (Milot, 56). Si bien en estado de hidratación el radio iónico del calcio es mayor que el sodio (Sutra, 72) lo cual permitiría un intercambio catiónico mas grande debido a que la hidratación reduce la atracción entre los iones y la arcilla (Norrish, 59; Hutcheon, 44).

Es conveniente añadir que si el intercambio K/Na actúa normalmente, el intercambio K/Ca está afectado por varias condiciones como son las respectivas saturaciones, tipo de arcillas y la afinidad del potasio por sitios de intercambio no fácilmente desplazables por el calcio (Deist y Talibudeen, 31; Beckett y Nafady, 18).

En estudios comparativos realizados por Cornfield y

y Pollard (30) se encontró que el potasio era más móvil que el calcio y/o el magnesio. A mayor cantidad de potasio, que equivaldría en el presente estudio al suelo Facultad, se presentó menor acción del calcio. De acuerdo a los resultados (Tabla IX y X) y teniendo en cuenta las cantidades respectivas de K-intercambiable (Tabla III), el calcio fué menos hábil para extraer potasio en el suelo Facultad que en el suelo de La Buitrera.

5 - Incubación de los suelos y su influencia en el potasio asimilable.-

De acuerdo a los resultados obtenidos (Tabla ^{II}XI), en los suelos estudiados predominó la mineralización del potasio durante las 3 y 6 semanas de incubación. Solamente se presentó inmovilización en el suelo de la Facultad (pF 2.7) después de 6 semanas de incubación.

Siguiendo a Alexander (2) y Malquori (52), la mineralización del potasio en los suelos estudiados debe atribuirse a la descomposición de la materia orgánica y a la formación de ácidos orgánicos e inorgánicos por los microorganismos que reaccionan con los minerales potásicos. De los microorganismos son particularmente activos Clostridium pasteurianum y Aspergillus niger.

T A B L A X I

Cambios en el potasio asimilable en los suelos estudiados después de 3 y 6 semanas de incubación a temperatura ambiente y a dos niveles de humedad.

Suelos	pF	Originales.	Resultados en ppm			
			Semanas de Incubación			
			3	6	Acumulación	Acumulación
	(1)	(2)	Acumulación (3)	Acumulación (3)	(3)	(3)
Facultad	-	417.3	548.3	131.0	390	-27.3
"	2.7		434.4	17.1	425.1	7.8
"	0					
Buitrera	-	27.30	33.93	6.63	28.11	0.81
"	2.7		29.55	2.25	28.11	0.81
"	0					

- (1) † pF 0:125% max. cap. retención agua (anegamiento)
 (2) † Suelos sin incubar
 (3) † Datos acumulativos en relación a los valores originales.-

A la mineralización potásica no se le ha prestado casi atención. Sin embargo, según Antoniani (5) la liberación del potasio desempeña una acción activadora directa sobre las funciones de los microorganismos y sobre los procesos enzimáticos de los cuales depende la respiración de los suelos.

A las 3 semanas de incubación se presentó una mejor mineralización en los suelos con humedad equivalente. Es un resultado adecuado, ya que la población microbiológica activa tiende a disminuir cuando predominan los procesos anaeróbicos (anegamiento) (Waskman, 77; Blasco y Cornfield, 23).

La inmovilización ocurrida en el suelo de la Facultad es atribuible a su asimilación para la formación de nuevas células microbiales. Esta inmovilización es corroborada por la reducción en la evolución del CO₂ (Tabla XII), puesto que al aumentar la población microbiana se presenta también la re-síntesis del carbono.

Además del caso de inmovilización, a las 6 semanas de incubación hubo una disminución en la ganancia neta de mineralización (menor acumulación). Prácticamente estaría indicando que si el potasio liberado no es tomado por las plantas o lixiviado, es asimilado por los microorganismos.

T A B L A X I I

Producción de CO₂ en los suelos estudiados después de 3 y 6 semanas de incubación a temperatura ambiente y a dos niveles de humedad.

Suelos	pF	CO ₂ en mg/10 gr. suelo Semanas de Incubación.	
		3	6
Facultad	2.7	3.6	3.3
"	0	2.8	3.4
Buitrera	2.7	1.0	3.3
"	0	1.4	2.2

6 - Fijación inducida de potasio en arcillas.-

La cantidad de potasio que las arcillas o suelos pueden fijar no solamente tiene interés teórico sino importancia práctica. que la fijación pueda ser considerada deseable o no, depende de las circunstancias. Si las plantas carecen de potasio la fijación es indeseable. Por el contrario, si va a ocurrir una fuerte lixiviación (épocas de lluvia), entonces la fijación puede ser deseable.

Los resultados de la Tabla XIII demuestran que el potasio recuperado disminuyó consistentemente con los 5 secamientos (a 100°C) alternados. Los resultados concuerdan con los datos obtenidos por otros autores (Cornfield y Pollard, 29; Joffe and Kolodny, 47).

Aunque naturalmente debe esperarse una mayor fijación en las arcillas de la Facultad que en las correspondientes de La Buitrera, por las razones ya discutidas anteriormente, los resultados de la Tabla XIII indican que en la fijación artificial se presentaron interferencias de otra clase, mayores en la Facultad que en La Buitrera. En primer lugar la presencia probable de materia orgánica residual dentro de las láminas de arcilla tal como señalan Freney (34), Young y Cattani (81) y Axley y Legg (11), y por otra parte Lavine y Joffe (50) señalan que la presencia de cationes y aniones

T A B L A XIII

Fijación del potasio en las arcillas ocasionada por la alternación de períodos secos y húmedos consecutivos (Secamiento a 100°C).

Resultados en meq./100 gr.

	Cantidades recuperadas con K ⁺ intercambiable		K ⁺ fijado
	A	B	C
Facultad	93.2	73.2	20.0
Buitrera	86.5	58.2	28.3

- A: Arcillas humedecidas y secas una vez
B: Arcillas humedecidas y secas cinco veces.
C: Potasio no recuperado (Diferencia entre A-B).

solubles pueden reducir la fijación del potasio debido a la competencia en el complejo de intercambio.

Los ciclos de humedecimiento y secamiento alternados de acuerdo a Blasco y Cornfield (22), y Slabaugh y Siege (69) producen el rompimiento de las partículas de arcilla. Esto significa que las arcillas así tratadas presentan mayor exposición superficial para ser llenada por el potasio. Consecuentemente, este sistema aumenta la posibilidad de fijación.

7 - Efectos de la fijación del potasio en la capacidad catiónica de cambio.

De acuerdo a los datos obtenidos Tablas XIV y XV la capacidad catiónica de cambio va disminuyendo a medida que aumenta la temperatura del secamiento. Por otra parte las distintas cantidades adicionadas de potasio no dieron ninguna consistencia en los resultados.

Al aumentar la temperatura se produce una disminución en la capacidad catiónica de cambio, debido a que aumenta la capacidad de fijación tal como se indicó anteriormente. Como señala Blasco (21) no solamente se llenan algunas posiciones de fijación, sino, que también los cationes fijados previenen el movimiento de otros cationes intercambiables de radios iónicos mas pequeños que el potasio.

T A B L A X I V

Variaciones en la capacidad catiónica de cambio del suelo de la Facultad después de adicionar distintas cantidades de potasio y someterlo a diferentes tratamientos de humedad y sequedad.

Resultados en meq./100 gr.

K Kg/Ha.	Constantemente húmedo.	Seco a T° ambiente	Húmedo y seco a 100°C cinco veces <u>al</u> ternados.
0	30.02	29.94	29.91
50	27.74	31.46	28.82
75	32.29	30.45	27.40
100	32.79	31.21	27.91
150	33.24	27.34	26.89
200	29.76	30.95	26.64
300	26.23	29.26	27.40

T A B L A X V

Variaciones en la capacidad catiónica de cambio del suelo de La Buitrera después de adicionar distintas cantidades de potasio y someterlo a diferentes tratamientos de humedad y sequedad.

Resultados en meq./100 gr.

K Kg/Ha.	Constantemente húmedo	Seco a T° ambiente	Húmedo y seco a 100°C cinco veces <u>al</u> ternados.
		15.74	15.73
0	17.91	16.59	16.24
50	19.42	16.29	15.42
75	22.70	16.44	15.98
100	19.67	15.73	15.73
150	23.21	16.24	16.24
200	20.18	15.22	15.22
300	22.20		

T A B L A XV

Variaciones en la capacidad catiónica de cambio del suelo de La Buitrera después de adicionar distintas cantidades de potasio y someterlo a diferentes tratamientos de humedad y sequedad.

Resultados en meq./100 gr.

K Kg/Ha.	Constantemente húmedo	Seco a T° ambiente	Húmedo y seco a 100°C cinco veces alternados.
		15.74	15.73
0	17.91	16.59	16.24
50	19.42	16.29	15.42
75	22.70	16.44	15.98
100	19.67	15.73	15.73
150	23.21	16.24	16.24
200	20.18	15.22	15.22
300	22.20		

La disminución en la capacidad catiónica de cambio debe ser mayor a medida que la capacidad de contracción se incrementa, es decir, a medida que el tamaño de las partículas de arcilla disminuye (Rich y Lutz, 65).

Teóricamente cabría esperar muy poca reducción en la capacidad de cambio de La Buitrera. Sin embargo, la presencia de materiales inorgánicos amorfos en los suelos tropicales puede interferir con el concepto de Rich y Lutz (65). La capacidad catiónica de cambio de los materiales amorfos puede ser relativamente elevada v.g. 54 m.e./100 gr. (Mitchell, et al, 57) y las investigaciones de Schofield y Samson (66, 67), Summer (70) y Summer y Reeve (71) demuestran que los óxidos de hierro contribuyen a la presencia de abundantes cargas positivas y negativas en las caolinitas. Por tanto la reducción en la capacidad catiónica de cambio en La Buitrera podría atribuirse mayormente a los efectos de los tratamientos sobre los materiales inorgánicos amorfos, principalmente óxidos de hierro.

8 - Relación K/Na.-

En todos los suelos estudiados se determinó el Na-total, Na-intercambiable y Na-soluble para establecer una relación K/Na en los suelos del Valle (Tablas XVI y XVII).
La relación K/Na para el Valle del Cauca se estableció

T A B L A X V I

Contenido de Sodio Total, Intercambiable y soluble en
agua en suelos del Valle del Cauca.

Resultados en ppm.

Nombre	Na Total	Na NH ₄ OAc	Na soluble en agua
Facultad	2.990	33,35	31,74
Buitrera	1.552	117,30	6,90
Cerritos	2.576	139,15	19,32
Palmaseca	2.011	234,60	846,40
Jamundí	908,5	87,40	7,36
Vijes	2.369	262,20	26,22
Buenaventura	2.116	117,30	52,44
Promedio	2.073,21	141,61	141,48
% Na	100	6,83	6,82

T A B L A X V I I

Relación K/Na en sus formas Total, Intercambiable y soluble en agua

Nombre	K/Na		
	Total	Intercambia- ble	Soluble en agua
	1,85	12,51	1,76
Facultad	2,70	0,23	0,11
Buitrera	1,01	0,40	0,04
Cerritos	1,91	0,49	0,08
Palmaseca	3,99	0,49	0,10
Jamundí	1,76	1,31	0,29
Vijes	1,51	0,39	0,09
Buenaventura			
		2,26	0,35
Promedio	2,10		

así: K/Na intercambiable $>$ K/Na Total $>$ K/Na soluble en agua.
No obstante si no se considerase la relación K/Na -intercambiable del suelo de la Facultad cuyo valor es 12,51, las relaciones estarían acordes con los datos encontrados por Tafur (73) en los suelos del Cesar y por Vinogradov y Ronov (76) en promedios mundiales: K/Na Total $>$ K/Na intercambiable $>$ K/Na soluble en agua.

Esta relación estaría indicando así que cuando los cationes son liberados, progresivamente se va perdiendo mas potasio que sodio. Datos similares fueron encontrados por Thomas y Giddens (74) y Tinker (75).

V - CONCLUSIONES

1.- El contenido promedio de potasio total (3.883 ppm) en la capa arable de los suelos del Valle no es muy alto. Se atribuye este dato a la presencia de materia orgánica y al hecho de que en la formación de los suelos del Valle hayan intervenido principalmente minerales ferromagnésicos.

2.- Comparativamente las fracciones de potasio no intercambiable e intercambiable fueron altas, relacionándose las cantidades encontradas con la presencia de illita.

3.- La lixiviación del potasio fué aproximadamente tres a cuatro veces mas rápida en el suelo de La Buitrera que en el de la Facultad.

4.- Con el mismo anión cloro se observó que el hidrógeno es capaz de remover mas potasio que el sodio, posiblemente porque a medida que aumentó el pH se presentó una mayor capacidad catiónica de cambio debida a la ionización de los grupos superficiales motivada por la adsorción de iones OH^- .

5.- De los compuestos nitrogenados el grupo NH_4^+ produjo menos lixiviación del potasio que el grupo NO_3^- , fenómeno atribuible a la relación contrastante entre el potasio y el amonio. Dentro de los compuestos fosfatados cálcicos

fué el monobásico el que produjo mayor lixiviación debido a la mayor movilidad del calcio.

6.- Estudios realizados mediante incubaciones mostraron un predominio de la mineralización del potasio sobre la inmovilización que solamente se presentó en el suelo de la Facultad (pF 2.7) después de 6 semanas de incubación.

7.- Los estudios de fijación demostraron que el potasio recuperado disminuyó consistentemente con cinco secamientos (100°C) alternados con humedecimientos.

8.- Se observó que la capacidad catiónica de cambio disminuyó al aumentar la fijación del potasio. Esta disminución en la capacidad de cambio del suelo de La Buitrera se relacionó con la presencia de materiales inorgánicos amorfos.

9.- La relación K/Na demuestra que en los suelos del Valle progresivamente se va perdiendo más potasio que sodio.

R E S U M E N

Los suelos empleados en este estudio proceden del Valle del Cauca, región localizada en el área sur - occidental de Colombia. El Valle del Cauca se encuentra situado aproximadamente a 1.000 mts. S.N.M., entre los Andes Centrales y Occidentales. Los promedios anuales de temperatura y lluvias son 24°C y 1000 mm., respectivamente.

El estudio se enfocó principalmente a determinar las fracciones del potasio y otras reacciones como lixiviación y fijación.

Se encontró bajo contenido de K-totál en los suelos (0-25 cms.). En algunas muestras el alto contenido de K⁺ no intercambiable e intercambiable fué atribuido a la presencia de Illitas.

A igualdad aniónica (Cl⁻) la lixiviación del potasio fué promovida mas notablemente por el H⁺ que por el Na⁺.

Otros resultados obtenidos demostraron que los tratamientos con NO₃⁻ soltaron mas potasio que el tratado con NH₄⁺ y el Ca(H₂PO₄)₂.H₂O produjo mas liberación de K⁺ que las correspondientes sales dibásicas y tribásicas.

La fijación de K⁺ fué acompañada por una reducción en

la C.C.C. La mayor fijación correspondió al tratamiento de cinco ciclos de humedecimiento y secamiento (100°C).

Teniendo en cuenta las transformaciones biológicas, la movilización del K^+ resultó mas importante que su inmovilización.

S U M M A R Y

The soils used in this study were obtained from the Cauca Valley located in the southwestern part of Colombia. The Cauca Valley lies at about 3000 feet between the Central and Western Andes mountains. Average annual temperature is 24°C and average rainfall 40 in.

Total K^+ content in soils (0-10 in.) was low. High non-exchangeable and exchangeable K^+ content found in some samples was related to the presence of illite.

With equal anion (Cl^-) K^+ -lixiviation was more prominent with H^+ than with Na^+ .

Other results have shown that NO_3^- released more K^+ than did NH_4^+ , and $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ produced more K^+ liberation than did the corresponding dibasic and tribasic salts.

K^+ fixation was accompanied by a reduction in CEC. Increased values of induced K^+ fixation were found with five cycles of wetting and oven-drying (100°C) treatment.

On the basis of biological reactions, in the soils studied K^+ mobilization was more important than K^+ immobilization.

VII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- Acquaye, D.K., A.J. MacLean, and H.M. Rice. 1967. Potential and capacity of potassium in some representative soils of Ghana. *Soil Sci.* 103: 79 - 89.
- 2.- Alexander, M., 1964. Introduction to soil microbiology. 2nd. ed. John Wiley & Sons. Inc. New York 472 p.
- 3.- Allison, F.E., Roller, E.M., and Doetsch, J.H. 1953. Ammonium fixation and availability in vermiculite. *Soil Sci.* 75: 173-180.
- 4.- Andreatta, C. 1955. L'alterazione dei minerali delle rocce in rapporto alla messa in circolazione del potasio. Symposium Inst, Intern. Potasa. Berna. p. 108 - 118.
- 5.- Antoniani, C. 1955. Biochimica del potasio nel terreno nelle piante e negli animali. Potassium Symposium. Roma. p. 495 - 501.
- 6.- _____ . 1955. La liberazione del potasio. Inst. Intern. Potasa Symposium. Berna. p. 145 - 156.
- 7.- Aomine, S. and K. Wada. 1952. The fixation of ammonium in soils. V. Fixation of ammonium in homoionic soils. *J. Sci. Soil Man. Japan.* 23: 1 - 4 (Abs. in Soils and

Fert. 16: (1289)- 1953)

- 8.- Arnold, P.W. 1960. Nature and mode of Wheathering of soil potassium reserves. Jour. Sci. Fd. Agric. 11: 286 - 292.
- 9.- Arnold, P.W. and Close, B.M. 1961. Release of non - exchangeable potassium, from some British soils cropped in the glasshouse. J. Agric. Sci. 57: 295 - 304.
- 10.- Attoe, J. and E. Trong. 1945. Exchangeable an acid soluble potassium as regard availability and reciprocal relations ships. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10: 81 - 85.
- 11.- 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.
- 12.- Barbier, M.G. 1962. La Fumure potassique dans les conditions mediterrannes. La dynamique du potassium dans le sol. Inst. Intern. Potassium Symposium. Atenas. p. 231 - 258.
- 13.- Barshad, I. 1948. Vermiculite and its relation to biotite as revealed by base exchange reaction, X - ray analysis, differential thermal curves, and water con

tent. Amer, Mineral. 33: 655 - 678.

- 14.- Barshad, I . 1951. Cation exchange in soils. I. Ammonium fixation and its relation to potassium fixation and to determination of ammonia exchange capacity . Soil Sci. 72: 361 - 371.
- 15.- _____, 1954. Cation exchange in micaceous minerals I. Replaceability of the interlayer cations of vermiculite with ammonium and potassium ions. Soil Sci. 77: 463 - 472.
- 16 .- _____, 1954. Cation exchange in micaceous minerals II. Replaceability of ammonia and potassium from vermiculite, biotite and montmorillonite. Soil Sci. 78: 57 - 76.
- 17.- B.D.H. 1965. Ion exchange resins. 5th ed. BDH Lab. Chem Div. Poole. 84 p.
- 18.- Beckett, P.H.T. and M.H.M. Nafady. 1967. Potassium calcium exchange equilibria in soils: The location of non-specific (Gapon) and specific exchange sites . Jour. Soil Sci. 18: 262 - 281.
- 19.- Birch, H.F. 1959. Further observation on humus decomposition and nitrification. Plant and Soil. 11: 262 - 286.

- 20.- Birch, H.F. and M.T. Friend. 1956. Humus decomposition in East African soils. *Nature*. 178: 500-501.
- 21.- Blasco, L.M. 1966. Studies on some aspect of nitrogen in the soils of Colombia. Ph.D. Thesis, London University. 311 p.
- 22.- Blasco, L.M. and A.H. Cornfield. 1966. Fixation of added ammonium and nitrification of fixed ammonium in soil clays. *Jour. Sci. Fd. Agric.* 17:481-484.
- 23.- _____ . 1967. Effect of soil moisture content during incubation on the nitrogen mineralizing characteristics of the soil of Colombia. (South America). *Geoderma* 1: 19-25.
- 24.- Blasco, L.M., A.A. Weir., J.A. Catt and E.C. Ormerod. 1968. Mineralogía de los suelos del Valle del Cauca Rothamsted Exp. Sta Pedology Dept. (en prensa).
- 25.- Bloomfield, C. 1965. Potassium supplying power of some soil parent materials. Pedology Dept. Rothamsted. Exp. Sta. Report. p. 72-74.
- 26.- Chaminade, R. 1965. Le potassium et le matiere organique. *Inst. Intern. Potasa Symposium*. Berna. p. 203-214
- 27.- Chaminade, R. et G. Drouineau. 1936. Recherches sur la

mecanique chimique des cations exchangeables. Ann.
Agron. 6: 677 - 690.

- 28.- Cornfield, A.H. 1961. A simple technique for determining mineralization of carbon during incubation of soils treated with organic materials. Plant and Soil 14: 90 - 93.
- 29.- Cornfield, A.H. and A.G. Pollard. 1952. Potassium fixation in soils: Studies by electro dialysis. J. Sci. Fd. Agric. 12: 567 - 569.
- 30.- ~~_____~~. 1952. The relative rates of released of potassium, calcium and magnesium from soils during electro dialysis. Jour. Sci. Fd. Agric. 12: 613-615.
- 31.- Deist, J. and O. Talibudeen. 1967. Thermodynamics of K/ Ca ion exchange in soils. Jour. Soil Sci. 18: 138-148.
- 32.- Dettmann, M.G. 1958. Water uptake by clays and soil crumbs. Jour. Soil Sci. 9: 306 - 315.
- 33.- Duchaoufour, P. 1965. Précis de Pedologie. 10a. ed. Masson Editeurs. Paris. 499 p.
- 34.- Freney, J.R. 1964. An evaluation of naturally occurring fixed ammonium in soil. Jour. Agric. Sci. 63: 297 - 303

- 35.- García, F.R., A.D. Guerrero y A.M. González. 1967. Comparación de cuatro métodos para determinar potasio asequible en suelos en la parte plana del Valle Geográfico del Río Cauca (Colombia). Acta Agronómica. 17: 63 - 70.
- 36.- Garman, W.L. 1957. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. Soil Sci. Amer. Proc. 21: 52 - 58.
- 37.- Goldschmidt, V.M. 1934. Drei Vortrage uber Geochemie. Geol. Foren. Forhandl. 56: 385 - 427.
- 38.- ~~_____~~. 1937. Les principes de la repartition des éléments chimiques dans les minéraux et les roches. Jour. Chem. Soc. p. 655-663.
- 39.- ~~_____~~. 1945. Fondements géochimiques de la repartition des oligoéléments. Soil Sci. 60: 1-7.
- 40.- Grim, R.E. 1962. Applied clay mineralogy. McGraw-Hill Book Co. New York. 490 p.
- 41.- Haylock, O.F. 1956. A method for estimating the availability of non-exchangeable potassium. Intern. Congr. Soil Sci. 6th Congr. Paris. B: 403 - 408.
- 42.- Holmes, A. 1952. Geología Física. Trad. 8a. ed. Ingle sa. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 519 p.

- 43.- Hunter, J., and Alexander, A.E. 1963. Surface properties and flocculation behavior of Kaolinite. Part 1. Electrophoretic mobility and stability of Kaolinite. *Sols. Jour. Coll. Sci.* 18: 820 - 832.
- 44.- Hutcheon, A.T. 1966. Thermodynamics of cation exchange on clay: Ca - K Montmorillonite. *Journal Sci.* 17: 339 - 355.
- 45.- Jackson, M.L. 1960. Soil chemical analysis. 2nd. ed. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. 498 p.
- 46.- Jackson, M.L. and G.D. Sherman 1953. Chemical Weathering of minerals in soils. *Adv. in Agron* 5: 219-228
- 47.- Joffe, J.S. and L. Kolodny. 1938. The effect of alternate drying and Wetting on the base exchange complex with special reference to the behavior of the K - ion. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 3: 107 - 111.
- 48.- Kauffman, M.D. and D.R. Bouldin. 1967. Relationships of exchangeable and non - exchangeable potassium in soils adjacent to cation - exchange resins and plants. *Soil Sci.* 104: 145 - 150.
- 49.- Kunin, R. and J. Myers. 1947. The anion exchange equilibrium in an anion exchange resin. *J. Amer. Chem. Soc.* 69: 2874 - 2878.

- 50.- Lavine, A.K. And Joffe, J.S. 1947. Fixation of potassium in relation to exchange capacity of soils. IV. Evidence of fixation through the exchange complex. Soil Sci. 63: 329 - 335.
- 51.- MacLean, A.J. 1961 Potassium supplying power of some canadian soils. Canad. Jour. Soil Sci. 41: 196-206.
- 52.- Malquori, A. 1955. Influenza della nitrificazione sulla mobilizzazione della potassa lencitica. Potassium Symposium. Roma. p. 218 - 220.
- 53.- ~~_____~~. 1955. Idée nouvelles sur les formes du potassium dans le sol et sur la nutrition potassique des plantes. Potassium Symposium Roma. p. 455 - 469
- 54.- Marín, G.M., A.M. Colin and A.V. Luengas. 1966. La capacidad de varios suelos colombianos para suministrar potasio. Agricultura Tropical 22: 183-189.
- 55.- Middelbug, A.H. 1955. Potassium in tropical soils Indonesian archipelago. Inst. Inter. Potasa. Symposium. Roma. p. 221 - 257.
- 56.- Millot, G. 1964. Geologie des argiles. Masson Editeurs Paris. 499 p.
- 57.- Mitchell, B.D., V.C. Farmer and W.J. McHardy. 1964.

Amorphous inorganic materials in soils. Adv. In Agron
16: 327 - 381.

- 58.- Moss, P., and J.K. Coulter. 1965. The potassium status of west Indian volcanic soils. J. Soil Sci. 15: 284 - 298.
- 59.- Norrish, K. 1954. The swelling of montmorillonite. Faraday Soc. Dis. 18: 120 - 134.
- 60.- Norrish, K., and Raussell - Colom J.A. 1963. Low-angle X Ray diffraction studies of the swelling of montmorillonite and vermiculite. Clays and clay Min. 10th Conf. p. 123 - 149.
- 61.- Olphen, H. van. 1951. Rheological phenomens of clay sols in conection with the charge distribution on the micelles. Faraday Dis. Soc. 11: 82 - 84.
- 62.- Piedrahíta, S. y G. de Benavides. 1966. Distribución y formas de potasio en algunos suelos de Colombia. Agricultura Tropical. 22: 183 - 189.
- 63.- Reichenbach, H. Von. 1958. Über die Beziehungen Zwischen Kaliumnach Lieferung und Kaliemfestlegung des Bodens. Verh. d. 2. u. 4. Kommssion der Intern. Bodenkundl. Gesellschaft, Hamburg, p. 188 - 193.
- 64.- Reitemeier, R.F. 1951. Soil Potassium. Advances in A-

gron. 3: 113 - 164.

- 65.- Richⁿ, C.I. and Lutz J.A. 1965. Mineralogical changes associated with ammonium and potassium fixation in soil clays. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 167-170.
- 66.- Schofield, R.K. and H.R. Samson. 1953. The deflocculation of kaolinite suspensions and the accompanying change over from positive to negative adsorption. Clay Min. Bull. 2: 45 - 51.
- 67.- ~~_____~~. 1954. Flocculation of kaolinite due to the attraction of oppositely charged Crystal-faces. Disc. Faraday Soc. 18: 135-145.
- 68.- Schollenberger, C.J. and Simon. 1945. Determination of cation exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Sci. 59: 14.
- 69.- Slabaugh, N.H. and Siegel, R.H. 1956. Sorption of ammonia by homo ionic bentonite. Jour. Phys. Chem. 60: 1105 - 1108.
- 70.- Summer, M.E. 1963. Effect of iron oxides on positive and negative charges in clays and soils. Clay Min. Bull. 5: 218 - 226.
- 71.- Summer, M.E. and N.G. Reeve. 1966. The effect of iron oxide impurities on the positive and negative ad-

sorption of Chloride by kaolinites. Jour. Soil Sci.
17: 274 - 279.

72.- Sutra, G. 1949. Résultats récents concernant la constitution des ions électrolytiques. Rev. Gén Sci. pures et appl. p. 54 - 64.

73.- Tafur, N.V. 1968. Principales características químicas de los suelos de la región aldononera de Valle dupar (Cesar). Facultad de Agronomía. Palmira. (Tesis no publicada).

74.- Thomas, F.H. and J.E. Giddens. 1958. Release of non-exchangeable Na and K to exchangeable forms. Soil Sci. 25: 273 - 277.

75.- Tinker, T.B. 1967. The relationships of sodium in the soil to up-take of sodium by sugar bect in the greenhouse and to yield responses in the field. Soil Chemistry and fertility. Inter. Soc. Soil. Sci. trans. Aberdeen. p. 223 - 231.

76.- Vinogradov, A.P. et A.B. Ronov. 1956. Evolution of the chemical composition of clays of the Russian Platform. Geomestry. The Geoch. Soc. Ann Arbor. Michigan. 2: 123 - 129.

77.- Waksman, S.A. 1952. Soil Microbiology. John Wiley &

sons Inc. 356 p.

78.- Welte, E. and E.A. Niederbudde. 1965. Fixation and availability of potassium in loess derived and alluvial soils. Jour. Soil Sci. 16: 116 - 120.

79.- Wiklander, L. 1954. Forms of potassium in the soil. Symposium potassium. p. 109 - 123.

80.- Willcox, J.S. and W.N. Townsend. 1964. An Introduction to Agricultural chemistry. 3rd. ed. Edward Arnold. Pub. London. 243 p.

81.- Young, J.L. and Cattani, R.A. 1962. Mineral fixation of anhydrous NH_3 by air dry soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26: 147 - 152.

82.- Young, J.L. and MacNeal, B.L. 1964. Ammonia and ammonium reaction with some layer. Silicate minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28: 334 - 339.

T
631.41
B677
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 212903
Autor: Bohórquez Ampudia, Nohora
Título: Estudio de las fracciones del



T
631.41
B677
Ej.1

212903

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

Universidad de Nariño
BIBLIOTECA
ALBERTO GUILIANO GUERRERO

212903-1