

CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO EN ALGUNOS SUELOS VOLCANICOS
DEL ALTIPLANO DE IPIALES - NARIÑO

Por

CARLOS ARTEAGA MORENO

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

Presidente de tesis

RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., M.Sc.

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS
PASTO - COLOMBIA

1972

A LA COMISIÓN DE LA TESIS

A EL PADRE

A LOS HERMANOS

A EL PATRIARCADO

A LOS AMIGOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHILE

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

Artículo 1º del Acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966,
emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universi-
dad de Mariño.

Publicado

En la ciudad de Santiago, Chile

A LA MEMORIA DE MI MADRE

A MI PADRE

A MIS HERMANOS

A MIS FAMILIARES

A MIS AMIGOS

A LA JUVENTUD CAMPESINA DE NARIÑO

Dedico:

CARLOS ARTEAGA MORENO

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1 EL FORNADO EN EL PLATA.	3
2.1.1 Agradecimientos A :	3
2.1.2 Agradecimientos.	5
2.2 EL FORNADO EN EL SUR.	6
2.2.1 Fornado.	RICARDO GUERRERO RIASCOS, I.A., N.Sc.
2.2.2 Forno y horno.	FRANCISCO CITELLY P. I.A., N.Sc.
2.3 REPOSICION DE FORNOS.	6
	FRANCISCO CORTES DE LA ESPRIELLA
III. MATERIALES Y METODOS.	21
3.1 CARACTERISTICAS DE LA MADERA.	21
3.1.1 Densidad.	21
3.1.2 Clase y durabilidad.	21
3.1.3 Calidad.	21
3.2 FUEGO.	21
3.3 METODOS.	23
3.3.1 Procedimiento de prueba.	23
3.4 CARACTERES DE LOS FORNOS EN FORNADO.	23
3.5 RESULTADOS OBTENIDOS.	27
IV. CONCLUSIONES Y DISCUSION.	30
4.1 COMPARACION DE LOS FORNOS EN FORNADO.	30
4.2 DISCUSION DE FORNADO.	30

CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1 EL POTASIO EN LA PLANTA.	3
2.1.1 Funciones.	3
2.1.2 Requerimientos.	5
2.2 EL POTASIO EN EL SUELO	6
2.2.1 Fuentes.	6
2.2.2 Formas y contenido.	7
2.3 REPOSICION DE POTASIO.	10
III. MATERIALES Y METODOS.	23
3.1 GENERALIDADES DE LA REGION	23
3.1.1 Localización.	23
3.1.2 Clima y Ecología.	23
3.1.3 Geología.	24
3.2 SUELOS.	24
3.3 METODOS	25
3.3.1 Fraccionamiento de potasio.	25
3.4 CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO.	25
3.5 ANALISIS ESTADISTICO.	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	30
4.1 CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO	30
4.2 FRACCIONES DE POTASIO	33

	Pág.
4.3 RELACIONES ENTRE LA CAPACIDAD DE REPOSICION DE	
POTASIO Y OTRAS VARIABLES DEL SUELO.	35
4.3.1 Reposición Vs. características genera-	
les de los suelos.	35
4.3.2 Reposición Vs. fracciones de potasio	
originales.	37
V. CONCLUSIONES.	59
VI. RECOMENDACIONES.	61
VII. RESUMEN.	62
VIII. SUMMARY.	64
IX. BIBLIOGRAFIA	66

UNIVERSIDAD DE NARIÑO	
BIBLIOTECA	
ALBERTO QUIJANO GUERRERO	
No. <u>15112-</u>	Fac. _____
Ej. _____	Vol. _____
Lib. _____	
Valor \$ _____	Don. _____ Can. _____ Com. _____
Fecha _____	Resp. _____

TABLAS

	Pág.
TABLA I. Requerimientos de potasio para obtener buenos rendimientos en diferentes cultivos.	18
TABLA II. Minerales potásicos; su composición y porcentaje.	19
TABLA III. Concentración promedio en ppm. de las fracciones de potasio en algunos suelos de Colombia.	20-21
TABLA IV. Posición geográfica de los municipios estudiados en el Altiplano de Ipiales.	28
TABLA V. Caracterización de los suelos estudiados. . .	29
TABLA VI. Reposición de potasio en los suelos estudiados	39
TABLA VII. Reposición de potasio en los suelos estudiados en Kg/Ha.	40
TABLA VIII. Valores de "t" obtenidos para la comparación de los niveles de reposición de potasio en los diferentes períodos de incubación y límites de confianza para la media.	41
TABLA IX. Fracciones de potasio originales en los suelos estudiados.	42
TABLA X. Fracciones de potasio después de la extracción del potasio repuesto en 120 días de incubación (ppm.).	43
TABLA XI. Potasio no intercambiable original en los suelos estudiados (ppm.).	44
TABLA XII. Potasio no intercambiable en los suelos estudiados después de la extracción del potasio repuesto en 120 días de incubación (ppm.). . . .	45
TABLA XIII. Promedios de las fracciones originales de potasio en los suelos estudiados y después de extraído el K repuesto en 120 días de incubación	46

TABLA XIV.	Ecuaciones de regresión, coeficientes de correlación y porcentajes de asociación entre la reposición de potasio a los 60 días (ppm.) y otras variables del suelo.	45
Figura 2.	Las relaciones: Espinas y Cereales.	47
Figura 3.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados: Espinas y Cereales.	49
Figura 4.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados: Cereales, Cereales y Pasto.	51
Figura 5.	Relación entre el porcentaje de espigas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	52
Figura 6.	Relación entre el porcentaje de líneas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	53
Figura 7.	Relación entre el porcentaje de raíces y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	54
Figura 8.	Relación entre el porcentaje de raíces y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	55
Figura 9.	Relación entre el porcentaje de raíces y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	56
Figura 10.	Relación entre el porcentaje de raíces y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	57
Figura 11.	Relación entre la primera extracción de potasio en laboratorio (ppm.) y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	58

FIGURAS

Pág.

Figura 1.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos de Papiiales e Ipiiales.	48
Figura 2.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados: Ipiiales y Puerres.	49
Figura 3.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados: Guaimatán y Carlosama.	50
Figura 4.	Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados: Carlosama, Contadero y Pasto.	51
Figura 5.	Relación entre el porcentaje de arcillas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	52
Figura 6.	Relación entre el porcentaje de limos y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	53
Figura 7.	Relación entre el porcentaje de arenas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	54
Figura 8.	Relación entre C-orgánico % y capacidad de reposición de potasio a los 60 días de incubación.	55
Figura 9.	Relación entre el potasio no intercambiable total (ppm.) y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	56
Figura 10.	Relación entre ^{Potasio} K-no intercambiable más soluble (ppm.) y capacidad de reposición de potasio a los 60 días de incubación.	57
Figura 11.	Relación entre la primera extracción de potasio no intercambiable (ppm.) y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.	58

- 3 -

**CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO EN ALGUNOS SUELOS VOLCANICOS
DEL ALTIPLANO DE IPIALES - NARIÑO (+)**

Con el presente estudio se pretende hacer un complemento a la información existente sobre el potasio de la región del Altiplano de Ipi-
Por

CARLOS ARTEAGA MORENO

I. INTRODUCCION

El potasio del suelo es absorbido por la planta desde su fracción cambiabile y soluble. Por tanto, la capacidad de un suelo para suministrar potasio a la planta, en forma inmediata, se podrá estimar mediante la de terminación de esas dos formas de potasio.

Sin embargo desde el punto de vista de la fertilización, interesa conocer la capacidad de abastecimiento de potasio a largo plazo, cuya de terminación no es otra cosa que la estimación de la capacidad con que el suelo repone o restituye potasio cambiabile o soluble una vez éste ha sido extraído por la planta o se ha perdido por lixiviación y escorrentia. A este parámetro de la fertilidad de un suelo se lo conoce como restitución o reposición y juntamente con los parámetros de intensidad y capaci dad constituye la trilogía conceptual que actualmente define la fertili-
dad del suelo.

+ Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo, bajo la presidencia de Ricardo Guerrero Riascos, I.A., M.Sc.

De los suelos volcánicos de Naríño se conocen componentes de capacidad (formas aprovechables) y también las diferentes fracciones de potasio. Con el presente estudio se pretende hacer un complemento a la información existente sobre el potasio de la región del Altiplano de Ipiales.

2.1.1. Potasio

El potasio tiene influencia en el metabolismo del almidón y en el de los hidratos de carbono; interviene así, en la síntesis de las proteínas, almidón, aceites y, por lo tanto en la producción de los tejidos (3).

El potasio como las otras sales minerales esenciales, es necesario en la reacción del almidón sintético y para activar una serie de pocas enzimas en la síntesis de las proteínas. En el suelo es más abundante que en cualquier otra concentración elevada y cuando falta afecta específicamente en los tejidos vivos (5).

En campos sembrados con alfalfa, guano, guano y guano (5) encontraron que las dosis elevadas de potasio aumentaron la producción del CC_2 , cuando falta es deficiente, facilitando así la fotosíntesis y mejorando la regulación de la planta.

El potasio disponible, especialmente, el papel de su influencia en la actividad del almidón; por esta razón las plantas con reservas de reserva de almidón, poseen grandes cantidades de potasio (42).

Charlier (9) dice que el potasio actúa como catalizador de control en la síntesis de los carbohidratos esenciales, en los al-

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 EL POTASIO EN LA PLANTA

2.1.1 Funciones

El potasio tiene influencia en el metabolismo del nitrógeno y en el de los hidratos de carbono; interviniendo, así, en la síntesis de las proteínas, almidón, aceites y, por lo tanto en la producción de los vegetales (9).

El potasio como los cationes univalentes activadores, es necesario en la reacción del almidón sintatasa y para activar una serie de pasos enzimáticos en la síntesis de las proteínas. Es el único catión univalente que se encuentra en concentración elevada y cumple funciones específicas en los tejidos vivos (15).

En ensayos realizados con alfalfa, Cooper, Blaser y Brown (15) encontraron que las dosis elevadas de potasio aumentaron la asimilación del CO_2 , cuando éste era deficiente, facilitando así la fotosíntesis y mejorando la morfología de la planta.

El potasio desempeña, específicamente, el papel de egtimulante en la asimilación del almidón; por esta razón las plantas con órganos de reserva de carbohidratos, necesitan buenas cantidades de potasio (42).

Chavalier (9) dice que el potasio actúa como cofactor de control en la marcha de las reacciones enzimáticas, en los si-

fluencia sobre la rigidez de la caña de esta planta y que el contenido de esos dos compuestos puede incrementarse mediante adiciones de potasio, lo cual demuestra su efecto positivo en la prevención del volcamiento.

En resumen, el papel del potasio en la nutrición vegetal se concreta, de acuerdo a Lawton y Cook (25), a las siguientes funciones:

- a) Acumulación de carbohidratos.
- b) Absorción de nitratos.
- c) Reducción de los nitratos y síntesis de las proteínas.
- d) Revisión celular.
- e) Formación de ácidos y aceites orgánicos.
- f) Resistencia a las enfermedades.
- g) Mantenimiento de la turgencia de las células.
- h) Activación de la fotosíntesis.

2.1.2 Requerimientos

El requerimiento de potasio por la planta varía ampliamente según la especie. Otros factores que inciden son: el nivel de potasio intercambiable en el suelo, la cantidad de otros nutrimentos, las condiciones físicas del suelo y la variedad de las especies (25).

Por lo anterior, y tomando en cuenta que la determinación de los requerimientos de potasio por las diferentes especies depende, además, del estado de desarrollo de la planta y de la parte utili-

zada para el análisis, los datos que se encuentran en la literatura son muy variables. No obstante, en la Tabla I se presenta un resumen de los requerimientos de potasio para obtener buenos rendimientos en los diferentes cultivos, de acuerdo a la revisión de Lawton y Cook (25).

Como se ve en la Tabla I, en general, los requerimientos de potasio en los diferentes cultivos sigue la siguiente secuencia:

Según Arnold, citado por Ordóñez (39), la fuente de

Trébol	>	Papa	>	Tabaco	>	Banano	>	Maíz
Alfalfa	>		>	Harango	>		>	Soya
								Trigo

Cebada y avena	>	Perro
Gramíneas forrajeras	>	Manzano
Algodón y caña		

2.2 EL POTASIO EN EL SUELO

2.2.1 Fuentes

En la naturaleza el potasio no se encuentra en estado elemental, sino formando compuestos con otros elementos, como feldespatos y micas que se encuentran en las rocas y en el suelo, en la alunita, leucita y glauconita en forma de grandes depósitos en diversas partes de la tierra. Otras fuentes importantes son las aguas marinas y los depósitos salinos derivados de las mismas, donde el potasio se encuentra en forma de cloruro ó de sulfato (3).

En la Tabla II tomada de Bear (3), se muestran los mi-

nerales potásicos más importantes, en comparación y porcentaje de K_2O .

La mayor parte del potasio del suelo está presente en los minerales, tales como las micas y los feldospatos; siendo los más importantes: la ortoclasa, la microclina, la biotita, la muscovita y las arcillas micáceas, de las cuales la más conocida es la illita (5).

Según Arnold, citado por Ordóñez (31), la fuente de potasio más fácilmente meteorizable es la biotita, puesto que el hierro que posee, al pasar de férrico a ferroso, facilita la descomposición de esta fuente.

Otra de las fuentes de potasio en el suelo es la materia orgánica, de acuerdo a Wilcox y Townsed, citados por Ordóñez (31), contiene normalmente 1 - 2% de potasio, del cual dos tercios son solubles en agua y el resto se libera por acción microbiológica.

2.2.2 Formas y contenido

En el suelo el potasio se presenta en diversas formas, las cuales presentan diferente solubilidad y sistemas de equilibrio, dificultando, así, la formación de un criterio acertado del estado de este elemento en el suelo (6).

Debido a lo anterior, no existe un acuerdo entre los diferentes autores, con respecto a las fracciones de potasio en el suelo.

Así, según Chavalier (9), el potasio se presenta en tres formas:

- a) Potasio en la solución del suelo.
- b) Potasio adsorbido al complejo coloidal.
- c) Potasio atrapado en la red cristalina de las arcillas.

Otros autores, como Black (5) y Reitemeier (34), indican que el potasio del suelo se encuentra en las siguientes formas:

- a) K-no intercambiable
- b) K-intercambiable
- c) K-soluble en agua.

En la actualidad se acepta la ocurrencia en el suelo de otras fracciones, en adición a las anteriores. Así, Bastidas et al (2), acogen el criterio de varios autores e indican que se puede distinguir las siguientes fracciones de potasio:

- a) Potasio soluble: disuelto en el agua del suelo.
- b) Potasio intercambiable: adsorbido a las superficies coloidales.
- c) Potasio estructural: forma compleja constituyente de los minerales primarios.
- d) Potasio fijo: retenido entre las láminas de las arcillas.
- e) Potasio no intercambiable: fracción que se encuentra en proceso de meteorización y que pre-

presenta una solubilidad intermedia entre el K-intercambiable y el K-estructural.

De acuerdo a Tisdale y Nelson (40), el contenido promedio de potasio en la corteza terrestre es de 2,40%. Los mismos autores indican, sin embargo, que el contenido de potasio en los suelos es muy variable, pudiendo oscilar entre unos pocos cientos de Kg/Ha., hasta cantidades tan altas como 50.000 Kg/Ha.

Ordóñez (31) sobre la base de una amplia revisión, indica que el promedio general de potasio en los suelos está entre 1 y 2%, que en su mayor parte (97 - 98%) se presenta en forma no asequible a la planta.

Black (5), sostiene que el contenido de potasio en los suelos minerales es mucho mayor que el nitrógeno y fósforo, oscilando alrededor de 0,83%, en promedio, para los suelos de los Estados Unidos. El mismo autor indica que la concentración de potasio en los suelos está relacionada con: material parental, textura y condiciones climáticas.

Se ha llevado a cabo varios estudios sobre las fracciones de potasio en los suelos latinoamericanos y Colombianos, especialmente en el departamento de Nariño y la Comisaría Especial del Putumayo (1, 2, 8, 16, 17, 30, 31, 32), cuyos resultados promedios se resumen en la Tabla III.

Los resultados obtenidos son variables, pero, en general, la concentración de las diferentes fracciones indica un buen nivel

de potasio aprovechable y de reserva, lo cual explica la no respuesta a la fertilización potásica en suelos tropicales, especialmente en los de origen volcánico (29).

Otros aspectos relacionados con las formas y contenidos de potasio en los suelos han sido ampliamente revisados (1, 2, 8, 16, 17, 30, 31, 32), y por ello, se considera inoficioso insistir sobre ese particular.

2.3 REPOSICION DE POTASIO

Las diferentes formas de potasio en el suelo tienden a estar en equilibrio dinámico. Así, entre el potasio adsorbido a las micelas (K-intercambiable) y el potasio en la solución del suelo, siempre se presentan intercambios permanentes e instantáneos, y toda alteración en la concentración de la solución del suelo implica una modificación de este equilibrio (9, 40).

De acuerdo a Reitensteier (34), por definición, todo el potasio del suelo, excepto las formas solubles e intercambiables, están incluidas dentro de la denominación de "K-no intercambiable". Sin embargo, existen evidencias incuestionables en el sentido de que, bajo determinadas condiciones, la fracción no intercambiable puede "reponer" el potasio que ha sido removido de la fracción soluble e intercambiable. Esta reposición se efectúa con mayor o menor intensidad, dependiendo de las condiciones, a partir de:

- a) El potasio que se encuentra formando parte de los minerales potásicos primarios (Feldespatos y micas).

b) El potasio atrapado en la red cristalina de las arcillas.

El mismo autor anota que debido a que el potasio soluble es rápidamente utilizado por la planta, su nivel tiende a bajar, aún en los suelos más fértiles, siendo reabastecido por el potasio intercambiable y éste, a su vez, por el potasio no intercambiable.

Buckman (7) coincide con la apreciación anterior, cuando afirma que a medida que disminuye la forma aprovechable, una parte de la fracción no intercambiable pasa a ser cambiante, manteniéndose, así, un equilibrio constante.

Kaila y Tisdale (23) sostienen que la reposición de potasio en el suelo se efectúa mediante dos procesos:

- a) Meteorización de los minerales primarios;
b) Liberación del potasio fijado en la red cristalina de las arcillas.

Las dos principales fuentes mineralógicas de potasio no intercambiable en los suelos son los feldespatos y las micas (5). Diferentes autores coinciden en afirmar que la magnitud de reposición o solubilización de potasio depende del mineral.

Así, de acuerdo a Barbier, citado por Suárez (38), la liberación de potasio se opera con la siguiente secuencia de intensidad:

Biotita > Muscovita > Ortoclasa

Lo anterior, en razón de la mayor o menor resistencia a la meteorización por parte de esos minerales.

Otros autores como Reitemeier (34) y Black (5), confirman la secuencia anterior al demostrar que la biotita es más capaz de liberar potasio aprovechable para la planta que la muscovita y la ortoclasa, cuando mezclas de éstos minerales con arena cuarçífera fueron sometidos a cultivo intensivo.

De otra parte, Pratt (33) anota que la disponibilidad o liberación del potasio no intercambiable depende, en gran parte, del tamaño de la partícula que contiene el mineral potásico, siendo esta una relación inversa.

Con respecto a lo anterior, Suárez (38) sugiere que la liberación de potasio no intercambiable en parte es dependiente del grado de meteorización del mineral potásico en el suelo.

Martini (28) anota que es posible que el potasio "escalonado" definido como el que se extrae fácilmente con HNO_3 1N. y que disminuye con cada extracción adicional, sea una indicación del grado de meteorización del mineral potásico presente en el suelo.

Conyers y McLean, citados por Bastidas et al (2) afirman que la liberación de potasio fijo a la intercambiable es lenta y está condicionada a factores que hagan posible la apertura de los espacios interlaminares. Sin embargo, Reitemeier (34) sostiene que el potasio fijo se libera, en general, más fácilmente que las formas no intercambiables de los minerales nativos.

Evidencias del fenómeno de reposición de potasio, bajo condiciones de laboratorio, han sido obtenidas por algunos autores.

Así Bray de De Turk, citados por Black (5) encontraron que suelos de Illinois, a los cuales se les había extraído su potasio intercambiable, restituyeron su nivel original después de 5 años de incubación en húmedo y, en cambio las muestras que no se les extrajo previamente el potasio intercambiable, no mostraron variación en su nivel, al cabo del mismo período de incubación.

Estudios realizados por Suárez (38), en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica, indicaron que la capacidad de reposición de potasio, después de dos extracciones sucesivas y 4 meses de incubación en húmedo, tubo las siguientes fluctuaciones y secuencias de intensidad:

Andosoles (11 a 150 Kg/Ha.; promedio 71 Kg/Ha.) > aluviales (39 a 65 Kg/Ha.; promedio 51 Kg/Ha.) > latosoles (5 a 39 Kg/Ha. promedio 16 Kg/Ha.).

Estos valores correspondieron a los siguientes porcentajes de reposición en relación al K-intercambiable inicial:

Andosoles (8,3% a 71,42%; promedio 17,9%) > Latosoles (3,57 a 20,67%; promedio 9,28%) > Aluviales (6,48 a 11,02%; promedio 8,92%).

El mismo autor conceptúa que los anteriores valores de reposición son muy bajos en comparación a los niveles iniciales de potasio intercambiable.

La reposición de potasio intercambiable y sus relaciones con la absorción de potasio por la planta ha sido motivo de gran interés por los investigadores.

En efecto, varios autores indican que los suelos liberan potasio a lo largo de los cultivos, lo cual supone que las plantas pueden tomar potasio durante periodos largos con reducciones pequeñas del potasio intercambiable.

Así, Black (5) encontró bajo condiciones de invernadero, que el potasio extraído por la planta de maíz, durante los primeros 30 días provenía de la fracción intercambiable, mientras que durante los 30 días siguientes hubo una fuerte reducción del potasio no intercambiable, lo cual probaba que en ese periodo la planta utilizó potasio liberado desde esa fracción.

Otro experimento demostrativo del significado agronomico de la reposición de potasio, fue el llevado a cabo por Tabatabai (39) en suelos de Iowa, cuyos resultados indicaron que varias gramíneas, después de 758 días de corte continuo, absorbieron cerca de 24 veces más potasio que el que había originalmente en estado intercambiable en el suelo. La evidencia anterior y el hecho de que al final del experimento el nivel de potasio intercambiable no había sufrido modificación substancial, dió base para concluir que hubo una liberación de potasio desde las formas no intercambiables.

Bajo condiciones de invernadero, en un periodo de 200 días, del 78 al 91% del potasio absorbido por las plantas de maíz estaba rela-

cionado con las pérdidas de potasio no intercambiable, en suelos de Iowa (5).

Hemingway (19) comprobó que, bajo condiciones de campo se presenta el mismo fenómeno de reposición de potasio absorbido por la planta que se observa bajo condiciones de invernadero. Sin embargo, indica que bajo condiciones de campo el fenómeno tiende a ser más lento, en razón de que el cultivo es mucho menos intensivo que en invernadero.

Bajo condiciones de campo, Black (5) demostró que, después de 9 cortes de pastos por un período de dos años, la disminución de potasio intercambiable fue relativamente pequeña en comparación al potasio absorbido o utilizado por las plantas. Concluye que seguramente el potasio no intercambiable pasó a la forma intercambiable y ésta, a su vez, a la forma soluble para ser tomada por la planta.

Marín y Colin (27) concluyen que varios suelos aluviales de Colombia presentan buena capacidad para liberar potasio, suministrando así este elemento en cantidades adecuadas para los cultivos; pero si estos suelos son sometidos a cultivos intensivos y continuos, en poco tiempo se presentan deficiencias de potasio.

Sobre la base de su revisión, Reitemeier (34) establece los siguientes principios generales, en relación a la liberación de potasio no intercambiable durante el cultivo:

- a) los diferentes suelos difieren ampliamente en cuanto a capacidad de reposición de potasio.

- b) Suelos con igual contenido de potasio difieren en cuanto a su capacidad de liberación o reposición desde la fracción no intercambiable.
- c) El potasio fijado es generalmente más fácilmente liberado que las formas nativas no intercambiables.
- d) A pesar de que la liberación de potasio en algunos suelos ocurre a niveles de potasio intercambiable relativamente altos, lo más probable es que la reposición sea más intensa a niveles bajos de potasio intercambiable.
- e) El nivel inicial de potasio intercambiable no es un índice adecuado de la capacidad de reposición, al menos que ese nivel represente un estudio de equilibrio de potasio en el suelo.
- f) Las plantas absorben más potasio proveniente o liberado de la fracción no intercambiable que el que se libera en ausencia de plantas, mediante incubación en húmedo, durante el mismo período. Lo que, en otras palabras, significa que para un mismo suelo, la liberación de potasio intercambiable es mayor bajo condiciones de cultivo que en muestras incubadas.
- g) El encalado de los suelos ácidos incrementa, generalmente, la intensidad de la reposición.

Así mismo, Black (5), en su tratado sobre las relaciones suelo-planta y sobre la base de las evidencias experimentales existentes en lo relativo al fenómeno de reposición de potasio, concluye lo siguiente:

- a) Las plantas absorben potasio desde la solución del suelo y la fracción cambiante.

b) Si los niveles de potasio soluble y potasio intercambiable son altos, estas formas pueden sostener las pérdidas ocasionadas por los cultivos.

c) Por el contrario, si el potasio soluble y cambiante no son capaces de sostener o equilibrar la absorción de potasio por la planta, habrá una rápida liberación de potasio desde la fracción no intercambiable, pero ésta reposición se detendrá tan pronto las plantas cesen de extraer potasio.

d) Una vez se ha iniciado la liberación de potasio desde la fracción no cambiante, el nivel de potasio intercambiable permanece aproximadamente constante sin importar la magnitud de la remoción adicional.

e) Como resultado de las adiciones de potasio, mediante residuos de cosecha, abonos orgánicos y fertilizantes, los suelos usualmente tendrán niveles de potasio aprovechable superiores a los requeridos, lo cual inhibirá la respuesta al potasio.

Alfalfa

100 - 130

Soja

Trigo

Maíz

Cebada

Algodón

Caña

Pere

Mungano

30 - 40

30 - 40

36

20 - 30

15 - 30

TABLA I

REQUERIMIENTOS DE POTASIO PARA OBTENER BUENOS
RENDIMIENTOS EN DIFERENTES CULTIVOS (LAWTON Y
COOK, (25))

C U L T I V O	REQUERIMIENTO EN Kg/Ha.
Alfalfa	100 - 130
Trébol rojo	100 - 130
Papa	90 - 140
Tabaco	100
Naranja	100
Durazno	60 - 80
Soya	50 - 75
Trigo	50
Maíz	50 - 70
Cebada y avena	30 - 40
Algodón	30 - 40
Caña	36
Pero	20 - 30
Manzano	15 - 30

TABLA II

MINERALES POTASICOS; SU COMPOSICION Y PORCENTAJE (BEAR, (3))

MINERAL	COMPOSICION	PORCENTAJE DE K_2O
Silvinita	KCl	63.1
Carnalita	$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$	17.6
Cainita	$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$	18.9
Alunita	$K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot OH$	11.4
Longbeinita	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	22.6
Leucita	$KAl(SiO_3)_2$	16.8
Muscovita	$KH_2Al_3(SiO_4)_3$	11.8
Glauconita	$KFeSi_2O_6 \cdot nH_2O$	8.6
Nitrato potásico	KNO_3	46.5

TABLA III

CONCENTRACION PROMEDIA EN P.P.M. DE LAS FRACCIONES DE POTASIO EN ALGUNOS SUELOS DE COLOMBIA

SUELO	U S O	HORIZONTE	Nº de CUBOS VAC.	K TOTAL	ESTRUCTUR.	K-NO INTERCAMBIABLE		K-INTERCAMBIABLE		K SOLUBLE EN H ₂ O	REFERENCIA
						TOTAL	MÁS SOLUB.	NO H ₂ O, LN	NI NH ₄ OC.N EN H ₂ O		
VALLE DEL PASTO	Cultivo	Suelo	10	8506,52	6780,15	990,69	685,65	735,68	662,06	96,19	(31)
		Subsuelo	10	8374,14	6717,59	1012,53	722,77	644,02	647,79	54,98	"
	Bosque	Suelo	10	8484,81	7198,68	818,12	554,39	468,01	482,14	79,06	"
		Subsuelo	10	8617,81	7260,33	887,48	602,16	478,99	484,27	58,08	"
	Pradera	Suelo	10	7689,86	6688,16	714,95	474,06	286,75	312,31	48,95	"
		Subsuelo	10	7980,59	7062,28	654,60	425,45	262,70	281,31	22,96	"
VALLE DEL SIBUNDÓY	Cultivo	1ª Capa	7	6845,00	5301,57	1213,83	477,04	329,60	248,34	154,43	(2)
		2ª Capa	7	5751,83	3792,30	1528,46	950,16	431,07	135,00	36,62	"
	Pradera	1ª Capa	11	6656,51	5673,39	762,43	376,24	220,69	170,82	112,78	"
		2ª Capa	11	6279,63	4521,87	1304,83	788,42	452,87	86,32	21,44	"
	Pantano	1ª Capa	6	5861,62	4390,34	1200,92	678,67	270,36	229,43	65,00	"
		2ª Capa	3	8852,90	6949,70	1613,91	839,29	289,29	168,44	36,13	"

TABLA III (continuación)

SUELO	U S O	HORIZONTE	Nº DE OBSERV.	K TOTAL	K ESTRUCTUR.	K-NO INTERCAMBIAB.		K-INTERCAMBIAB.		K SOLUBLE EN H ₂ O	REFERENCIA
						TOTAL	MAS SOLUB.	NO. H ₂ O, IN NH ₄ OAC. N			
Pradera	1ª Capa	6	6665,15	6038,46	515,94	285,39	107,74	102,21	101,52	(30)	
	2ª Capa	5	3627,89	3197,85	374,59	182,17	55,25	44,96	37,55	"	
	3ª Capa	3	4492,22	4205,47	248,76	54,99	37,99	35,98	34,99	"	
Bosque	1ª Capa	2	3850,34	3589,03	192,49	71,06	68,81	67,39	59,43	"	
	2ª Capa	2	4495,01	4202,01	244,14	50,91	48,85	45,47	33,17	"	
	3ª Capa	2	6081,41	5774,08	263,83	46,39	43,30	40,63	39,47	"	
Cultivo	Suelo	10	5816,62	4235,96	1214,30	708,73	339,36	297,99	65,10	(17)	
	Subsuelo	10	5350,59	4234,74	1002,34	567,32	113,51	111,75	15,17	"	
Bosque	Suelo	10	5702,64	4188,09	1140,69	605,98	373,86	329,00	54,42	"	
	Subsuelo	10	4613,94	3778,47	872,01	506,59	163,46	145,49	19,53	"	
Pradera	Suelo	10	3595,24	3810,78	1235,89	659,97	348,57	307,70	65,14	"	
	Subsuelo	10	4696,22	3563,75	984,41	487,41	148,06	136,78	16,03	"	
LAJUNA DEL PACIFICO	1 Horiz.		3294,45	3260,61	579,83	125,80	354,01	273,75	34,86	(1)	
	2 Horiz.		2791,34	2045,73	536,14	162,32	209,44	268,64	8,57	"	
	3 Horiz.		2792,14	2021,36	469,76	109,15	300,72	294,96	3,07	"	
VALLE JAMUNDI	1ª Capa	6	4574,80	2720,32	1230,00	626,47	624,48	306,96	47,16	(8)	
	2ª Capa	6	2695,21	1375,86	832,25	389,72	487,10	210,53	37,01	"	
	3ª Capa	5	3156,31	1470,69	1105,01	500,69	580,61	311,08	44,81	"	

TABLA III (continuación)

SUELO	U S O	HORIZONTE	Nº DE OBSERV.	K TOTAL	K ESTRUCTUR.	K-NO INTERCAMBIAB. TOTAL	HAS SOLUB.	K-INTERCAMBIAB. NO, H, Q, I, N NI OAC, N	K SOLUBLE EN H ₂ O	REFERENCIA
SABANA DE TUQUEHNS		Suelo	10	6596,19	6082,05	177,75	82,68	443,33	13,45	(16)
		Subsuelo	10	7191,79	6637,97	211,62	87,25	380,34	7,75	"
ALFIPILAN DE IPILA-		Suelo	19	7254,84	5970,50	461,92	176,78	528,69	44,43	(32)
		Subsuelo	10	10397,86	7805,22	863,50	388,91	1507,17	72,24	"

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 GENERALIDADES DE LA REGION

3.1.1 Localización

La región objeto de este estudio se encuentra localizada dentro de la zona Andina: de la cual Zambrano et al (43) hace la siguiente descripción: ocupa todo el núcleo montañoso que atraviesa el territorio del Departamento, de sur a norte, como una continuación morfológica de la cuenca Interandina Ecuatoriana. La cuenca Interandina Na rikense está enclavada entre las dos crestas de las cordilleras Centro-oriental y Occidental y, en el sur, entre el arco montañoso formado por el Cumbal y sus estribaciones, el Chiles, el Cerro de las Peñas y el Ce rro de Troya.

El Altiplano de Túquerres e Ipiales está delimitado por el arco geográfico meridional, las dos cordilleras, el río Bobo y el Guátara. Dentro de esta unidad geográfica se advierten tres sectores con características diferentes: La Sabana de Túquerres, la Hoya del Alto Guátara y el Paonal y la Vertiente Occidental del Guátara (10).

La posición geográfica de los distintos municipios donde se tomaron las muestras para el estudio aparece en la Tabla IV.

3.1.2 Clima y Ecología

Dulce y Harváz, citados por Benavides (4) describen la región objeto de estudio, como una zona que tiene un clima húmedo de

tierra fría, con una temperatura media aproximada de 11 a 13 grados centígrados y un piso térmico entre 2,900 a 3,000 m. sobre el nivel del mar. El número de días con lluvias por año se halla entre tres aproximaciones: En la parte sud-oriental dicho número oscila entre 200 y 250 días; en la parte central del altiplano de Ipiales 100 a 150 días y en el sector occidental, 150 a 200 días/año.

El Altiplano de Ipiales en toda su extensión, se encuentra situado en bosque Sub-húmedo montano, bosque húmedo montano y bosque sub-húmedo montano bajo (14).

3.1.3 Geología

Parte del Altiplano está conformado por esquistos cloríticos, micasitas, de una y dos micas, andesitas, basaltos y tobas de edad cenozoica. Pertenece a la faja axial Andina. Tectónicamente se sitúa en la sinografía normal (12).

3.2 SUELOS

Según Blasco, citado por González (18), los suelos estudiados son posiblemente andosoles, característicos de arenas volcánicas. Presentan perfiles del tipo A-C, el C es ceniza volcánica (blanca). Son suelos en los que el clima ha influido poco como factor de formación y, podrían clasificarse como calcimórficos (clasificación francesa) o "inceptisoles" con propiedades de andepts (7a. aproximación).

Las muestras se tomaron en una región de clima frío del Alti

plano de Ipiiales, correspondientes a los municipios de: Carlosama, Con-
tadero, Guamatán, Ipiiales, Puerres y Pupiales; de estos suelos se rea-
lizó una caracterización general cuyos datos aparecen en la Tabla V.

Con el fin de hacer una comparación, con suelos de otra zo-
na, se efectuó igualmente un estudio de un típico andosol, pertenecien-
te al municipio de Pasto.

3.3 METODOS

3.3.1 Fraccionamiento de potasio

3.3.1.1 Potasio total.

Para su determinación se siguió la técnica descrita
por Jackson y Sherman (21).

3.3.1.2 Potasio no intercambiable.

a) Total

Según MacLean (26), esta forma de potasio está dada
por la suma de las cuatro extracciones sucesivas con HNO_3 1N.

b) Fracción más soluble.

De acuerdo a MacLean (26), la fracción más soluble
del potasio no intercambiable, viene dada por la suma de las dos primeras
extracciones con HNO_3 1N, menos la suma de las dos últimas extracciones.

o) Potasio de tasa constante. Se tomaron tres partes de muestras, de 10 gramos cada una, y, en las extracciones, una cantidad de acetato de amonio 0,1 N. Según Haylock, citado por Martini (28), la cuarta extracción con HNO_3 1N, corresponde a la fracción menos soluble del potasio no intercambiable y lo denomina potasio de tasa constante.

Se obtuvo por la diferencia entre el potasio total y las fracciones intercambiables y no intercambiables, extraídas con HNO_3 1N.

3.3.1.3 Potasio estructural. Se obtuvo por la diferencia entre el potasio total y las fracciones intercambiables y no intercambiables, extraídas con HNO_3 1N.

Se obtuvo por la diferencia entre el potasio total y las fracciones intercambiables y no intercambiables, extraídas con HNO_3 1N.

3.3.1.4 Potasio intercambiable.

a) Con acetato de amonio normal pH 7.

Esta fracción de potasio se determinó de acuerdo a la técnica descrita por Schollenberger y Simon (35).

b) Con ácido nítrico 0,1 normal. Esta determinación se hizo, siguiendo la técnica de Haylock, citado por Ordóñez (31).

3.3.1.5 Potasio soluble en agua.

Se siguió el método descrito por Maclean (26).

3.4 CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO

Para medir la capacidad de reposición de potasio, se adoptó

la técnica descrita por Suárez (38); de cada suelo se tomaron tres pares de muestras, de 10 gramos cada una, y, se les extrajo, con acetato de amonio 1N. pH 7.00, a cada una de ellas, el potasio intercambiable por dos veces sucesivas. Después de la segunda extracción se recuperó el suelo y cada una de las muestras se pasaron a un vaso plástico, para ser incubadas en húmedo por diferentes periodos de tiempo. A los 30 días de incubación, se tomó un par de ellas y se les determinó el potasio intercambiable usando la misma técnica anterior; a los 60 se hizo la determinación en otro par y a los 120 días se la efectuó en el último par de muestras de cada uno de los suelos. Cada determinación se considera como la reposición de potasio en cada periodo de incubación.

La determinación de la capacidad de reposición de potasio se efectuó por duplicado.

3.5 ANALISIS ESTADISTICO

Para fines de análisis estadístico se utilizaron criterios de "t", de regresión y correlación, así como coeficientes de asociación (37).

TABLA IV

POSICION GEOGRAFICA DE LOS MUNICIPIOS ESTUDIADOS EN EL ALTIPLANO
DE IPIALES (Zambrano et al, 43)

MUNICIPIO	LATITUD NORTE	LONGITUD AL W DE BOGOTA	LONG. AL W DE GREENWICH.	ALTITUD EN MTS.	TEMPERATURA
Contadero	0° 54' 28"	3° 27' 53"	77° 32' 45"	2.530	16°C
Carlosema	0° 52' 12"	3° 38' 20"	77° 43' 12"	3.050	11°C
Gualmatán	0° 55' 20"	3° 29' 09"	77° 34' 01"	2.830	13°C
Ipiates	0° 49' 30"	3° 33' 22"	77° 37' 14"	2.890	13°C
Pasto	1° 13' 16"	3° 12' 11"	77° 17' 03"	2.534	16°C
Puerres	0° 52' 55"	3° 25' 38"	77° 30' 30"	2.840	13°C
Pupiales	0° 53' 31"	3° 33' 49"	77° 38' 41"	3.050	12°C

TABLA V

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

SUELOS	TEXTURA		pH	Pw %	C%	H.O. %	K-total % m.e/100	BASES CAMBIABLES (p.p.m.)						
	Are.	Limos Arenas						Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Aluminio		
Pupiales 1	8,61	33,99	57,40	5,40	12,22	7,69	13,26	0,74	36,24	180,95	1279,31	211,50	87,25	24,77
Pupiales 2	9,61	33,99	57,40	5,12	8,99	6,85	11,81	0,67	41,75	192,09	1065,87	194,32	145,78	22,74
Ipiales 1	9,17	35,00	55,83	5,60	8,90	4,66	8,03	0,50	30,82	284,50	1244,18	244,94	124,97	22,54
Ipiales 2	14,17	27,00	58,83	5,40	3,77	0,78	1,34	0,17	14,53	131,01	1063,60	201,92	83,54	22,90
Puerres 1	13,88	31,00	55,12	5,50	4,83	2,77	4,78	0,22	18,86	423,25	1037,82	261,27	72,34	20,95
Puerres 2	14,88	28,00	57,12	6,00	3,67	2,50	4,31	0,19	15,45	362,17	1299,76	289,92	130,10	17,18
Qualmatán 1	14,88	32,00	53,12	5,50	6,59	3,22	5,55	0,30	21,43	457,54	738,14	233,28	141,23	24,24
Qualmatán 2	10,88	34,00	55,12	4,90	6,47	4,09	7,05	0,37	17,57	342,56	493,76	194,18	25,82	17,65
Carlosana 1	10,88	30,00	59,12	5,35	4,92	3,69	6,36	0,31	20,35	474,80	1206,70	283,78	52,99	23,86
Carlosana 2	12,88	30,04	57,12	5,30	4,73	3,80	6,55	0,27	21,04	388,07	1231,88	377,48	28,54	22,91
Contadero	16,61	25,99	57,40	5,90	3,56	1,77	3,05	0,14	11,40	260,71	807,77	264,50	43,24	17,70
Pasto	6,61	34,00	59,39	5,65	15,39	6,65	11,46	0,60	31,85	182,89	189,18	119,26	16,73	26,24

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente capítulo se discutirán los resultados obtenidos que se presentan en las Tablas VI y VII y en las Figuras 1 a 4.

4.1 CAPACIDAD DE REPOSICION DE POTASIO

Los suelos estudiados, después de 30 días de incubación, re pusieron un promedio de 16.76 ± 1.84 p.p.m. (33,52 Kg/Ha.); a los 60 días el promedio fue de 17.37 ± 7.68 p.p.m. (34,74 Kg/Ha.) y a los 120 días: 15.09 ± 2.18 p.p.m. (30,18 Kg/Ha.).

En líneas generales, hubo bastante homogeneidad en la reposición de potasio por los diferentes suelos estudiados. Sin embargo, a la vista de los resultados, podría decirse que el proceso tendió a ser más intenso en los suelos Puerres 1, Puerres 2, Qualmatán 1 y Contadero.

La reposición de potasio, expresada como porcentaje del potasio intercambiable inicial fue, en promedio, 5,27%, 5,46% y 4,74%, después de 30, 60 y 120 días de incubación, respectivamente. Esto nos indicaría que de cada 100 Kg/Ha. de potasio intercambiable inicial tan solo 5 Kg/Ha. fueron repuestos, al cabo de los diferentes periodos de incubación.

Los resultados del análisis estadístico (Tabla VIII) indican que la reposición de potasio fue independiente del periodo de incubación ($P > 0.05$). Esta circunstancia lleva a concluir que en los diferentes periodos de incubación se liberaron cantidades muy similares de potasio.

Este hecho salta a la vista si observamos los resultados, pero, aparentemente, a los 120 días de incubación tiende a haber una ligera disminución de K-repuesto, lo que supondría que a los 60 días se alcanza un equilibrio en el proceso y, a periodos mayores de tiempo, tiende a presentarse el proceso inverso, o sea fijación de potasio.

De acuerdo a lo anterior, 60 días de incubación serían suficientes para estimar, bajo condiciones de laboratorio, la capacidad de reposición de potasio, en suelos similares a los del estudio.

Los valores de reposición de potasio encontrados en los suelos estudiados son inferiores a los determinados por Suárez (38) en algunos andosoles de Costa Rica (promedio 71 Kg/Ha.). Este resultado, seguramente está relacionado con el tipo de mineral potásico presente y/o el grado de meteorización de esos minerales; pues Martini (28) y Suárez (38) sugieren que la liberación de potasio intercambiable es dependiente del grado de meteorización del mineral potásico.

Con respecto a lo anterior, los valores de la fracción más soluble del potasio no intercambiable en los andosoles de Costa Rica son mayores (promedios = 754,16 p.p.m.) que los correspondientes a los suelos estudiados (promedio 504,56 p.p.m., Tabla XI) lo cual, de acuerdo a los mismos autores, significa una mayor meteorización en los minerales potásicos de los Andosoles de Costa Rica y, por consiguiente, una mayor capacidad de reposición de potasio en esos suelos. La misma explicación cabría para el suelo Pasto que, comparativamente, presentó la menor capacidad de reposición.

De cualquier manera, la reposición obtenida bajo condiciones

de laboratorio se podría considerar baja en relación a los niveles originales de potasio intercambiable, pues en un período de 2 a 4 meses, el suelo tan solo repuso un 5% del potasio intercambiable original. No obstante, los promedios de reposición obtenidos, de acuerdo a la revisión de literatura, serían suficientes para suplir el potasio requerido para una cosecha de cebada o avena.

Los valores de reposición obtenidos, sin embargo, no pueden considerarse como la capacidad real de reposición de potasio, pues resulta evidente, de acuerdo a los resultados que los suelos repusieron potasio hasta que, bajo las condiciones de incubación, se alcanzó un equilibrio en el sistema. A partir de ese momento, (60 días), no solamente el proceso de reposición se detuvo, sino que tendió a generarse el proceso inverso (fijación). Esto significaría que si el potasio repuesto es extraído del sistema, el suelo repondría nuevamente ese potasio en un lapso de uno a dos meses.

En ese mismo orden de ideas, bajo condiciones de campo, el cultivo estará extrayendo potasio en forma continua, y por tanto, no se alcanzará un equilibrio en el sistema sólida solución, lo que implica que el proceso de reposición será continuo y solo se detendrá cuando la planta, o es cosechada, o suspende la absorción de potasio. Las evidencias experimentales compiladas por Reitemeier (34) y Black (5) sustentan estos razonamientos.

En las anteriores circunstancias, el método utilizado para determinar la reposición de potasio en el presente estudio, solo puede considerarse como un índice de la capacidad real de reposición y cabría entonces sugerir una modificación en la metodología utilizada. A este

respecto, se sugiere dos extracciones sucesivas del potasio intercambiable, después de lo cual, el suelo se somete a 8-12 meses de incubación en húmedo, pero extrayendo cada 60 días el potasio repuesto en ese período de tiempo. En esta forma, es evidente que se está simulando mejor las condiciones del campo, por cuanto las extracciones sucesivas cada dos meses del potasio repuesto, reemplazarían a la extracción del cultivo y darían oportunidad al suelo de desarrollar y evidenciar una capacidad de reposición más cercana a la realidad. En el capítulo correspondiente a recomendaciones se describe detalladamente la metodología aquí sugerida.

Considerados los razonamientos anteriores y si aceptamos que el método utilizado tan solo prevee un índice de la capacidad de reposición real, se podría afirmar que los suelos estudiados tienden a mostrar niveles altos en su capacidad de reposición de potasio. Sin embargo, a este respecto es necesario desarrollar nuevas investigaciones, utilizando la metodología propuesta o extrayendo el potasio en forma sucesiva con una planta indicadora adecuada.

4.2 FRACCIONES DE POTASIO

Con el objeto de estudiar la evolución de las fracciones de potasio por efecto de la reposición, se hicieron dos fraccionamientos: uno del suelo original y otro después de extraído el potasio repuesto a los 120 días. Los resultados se presentan en las Tablas IX, X, XI, XII y XIII.

Como era de esperar, en razón de los escasos niveles de reposición, las diferencias obtenidas entre los dos fraccionamientos fueron

relativamente pequeños. De cualquier manera, en la Tabla XIII se observa que las fracciones de potasio estructural, potasio no intercambiable más soluble y la primera extracción del potasio no intercambiable sufrieron disminuciones substanciales de 63,67 p.p.m., 33,44 p.p.m. y 39,11 p.p.m. respectivamente.

La diferencia obtenida para el potasio total, que fue de 342,68 p.p.m. (Tabla XIII) está explicada, en su mayor parte, por la diferencia obtenida para la fracción intercambiable (295,35 p.p.m.). Puesto que la concentración de potasio intercambiable quedó a niveles prácticamente nulos antes de iniciarse el proceso de reposición, el resto de la disminución del potasio total, o sea $342,68 - 295,35 = 47,33$ ppm., es explicada por la reposición de potasio y coincide con la disminución operada en la fracción más soluble del potasio no intercambiable, o en la primera extracción del potasio no intercambiable.

De acuerdo a lo anterior, cabe concluir que la reposición de potasio se produjo a partir de la fracción más soluble del potasio no intercambiable, que puede estar representada por la primera extracción con HNO_3 1N, o, según McLean (26), por la diferencia entre la suma de las dos primeras extracciones y la suma de las dos últimas.

De cualquier manera, la evidencia anterior indica que la fracción no intercambiable, obtenida mediante cuatro extracciones sucesivas con HNO_3 1N., es una medida adecuada del potasio que, sin ser de inmediata aprovechabilidad para la planta, puede liberarse fácilmente una vez ésta comienza a extraer potasio. Sin embargo, también es evidente que la primera extracción representa mejor la capacidad de reposición de potasio a corto plazo. Mas adelante, se presentan otras evidencias que

refuerzan esta conclusión. Los datos obtenidos (Tabla XIV) indican que la textura del suelo es el factor regulador más importante del proceso de reposición. En efecto, los contenidos de arcilla incrementaron significativamente con el tiempo y la reposición de potasio (Figura 3). Por el contrario, las relaciones con las porcentajes de limo y arena fueron lineales ($r = -0.66^*$ y $r = -0.56^*$, respectivamente). (Figuras 6 y 7).

Con el objeto de cuantificar los factores del suelo que regulan el proceso de reposición de potasio, se establecieron regresiones y correlaciones estadísticas con diferentes características edáficas. Los contenidos de arcilla son un indicativo del grado de concentración

de los iones del suelo, incluyendo las potencias. Desde luego, que Al establecer las correlaciones entre la reposición a los 30 días de incubación y las diferentes propiedades del suelo (% de arcilla, % de arena, % de C orgánico, etc.) y con las diferentes fracciones de potasio, no se encontró significación estadística para ninguna de ellas. Este resultado se explica por cuanto, de acuerdo a los resultados 30 días parecen no ser suficientes para alcanzar un equilibrio en el proceso de reposición o, lo que es lo mismo, en 30 días el suelo no ha expresado al máximo su índice de reposición de potasio.

Por el contrario, la mayoría de las correlaciones establecidas con la reposición a los 60 días de incubación fueron detectables estadísticamente, lo que da pie a pensar que 60 días de incubación son suficientes para que el índice de reposición de potasio se exprese adecuadamente. La conclusión anterior parece evidente si tenemos en cuenta que la reposición a los 120 días fue similar o inferior a la ocurrida en 60.

4.3.1 Reposición Vs. características generales de los suelos.

Los resultados obtenidos (Tabla XIV) indican que la textura del suelo es el factor regulador más importante del proceso de reposición. En efecto, los contenidos de arcilla incrementaron significativamente ($r = 0.80^{++}$) la reposición de potasio (Figura 5). Por el contrario, las relaciones con los porcentajes de limos y arenas fueron inversos ($r = -0.66^+$ y $r = -0.56^+$, respectivamente). (Figuras 6 y 7).

Las anteriores correlaciones se explican, por cuanto los contenidos de arcilla son un indicativo del grado de meteorización de los minerales del suelo, incluyendo los potásicos. Desde luego, que entre mayor sea el estado de meteorización de los minerales potásicos, más acentuado será el proceso de reposición. Lo contrario ocurre con las fracciones limos y arenas, cuyas relaciones con los niveles de meteorización son inversos. Estos resultados coinciden con los obtenidos por varios investigadores (Black 5, Martini 28, Suárez 38, Tisdale y Nelson 40, Tabatabai 39, Reitemeier 34, Pratt 33).

De acuerdo a lo anterior, cabría esperar que a largo plazo la capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados aumente paulatinamente, ya que si aceptamos el criterio actual sobre la evolución del suelo (Cline 11 y Simonsen 36), el desarrollo del suelo es un proceso continuo que implica estados de meteorización cada vez más avanzados.

La relación de la reposición con los niveles de C-orgánico fue inversa ($r = -0.66^+$) (Figura 8) y, aparentemente, no tiene otra explicación que la relación inversa ($r = -0.88^{++}$) entre el % de arcillas y el % de C-orgánico.

lo mismo, de la reacción del suelo, cuantificada a través de los valores de pH y de Al^{+++} cambiante, parece no tener mayor ingerencia en el proceso de reposición, para el ámbito de variabilidad de esa propiedad en los suelos estudiados (Al^{+++} cambiante 17 a 26 ppm.; pH: 5,12 a 6,00).

4.3.2 Reposición Vs. fracciones de potasio originales.

La reposición de potasio fué independiente de la concentración de potasio total en el suelo ($r = 0,09^{NS}$). Resultado lógico, por cuanto los niveles de potasio total no guardan relación con el grado de meteorización de los minerales potásicos.

La intensidad de reposición de potasio, tiende a ser independiente del nivel de potasio intercambiable original, pues la correlación establecida no fue estadísticamente detectable ($P > 0,05$). Por el contrario, la reposición de potasio dependió significativamente, en más de un 50% de las concentraciones de potasio no intercambiable, incluidas sus fracciones total ($r = 0,74^{++}$), más soluble ($r = 0,76^{++}$), primera extracción ($r = 0,74^{++}$) y primera más segunda extracción ($r = 0,75^{++}$).

Los resultados anteriores, que se presentan en las figuras 9, 10 y 11, refuerzan la conclusión en el sentido de que la reposición de potasio ocurre a partir de la fracción no intercambiable extraída con HNO_3 1N. En el mismo orden de ideas, los resultados indican que el potasio no intercambiable y, especialmente, la fracción más soluble (estimada por la primera extracción, o según el método de McLean (26)) proveen buena estimación de la reposición de potasio o, lo que es

TABLA VI

REPOSICION DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS (p.p.m. y % del K-intercambiable inicial)

S U B L O	K-INTERCAMB.- INICIAL			R E P O S I C I O N					
	1a.Extr.	2a.Extr.	Total	30 días		60 días		120 días	
				p.p.m.	% +	p.p.m.	% +	p.p.m.	% +
Pupiales 1	180,95	11,99	192,84	15,99	8,80	16,50	9,11	14,59	8,06
Pupiales 2	192,09	16,62	208,71	18,52	9,64	15,53	8,08	12,80	6,66
Ipiales 1	284,50	17,69	302,19	16,88	5,93	17,42	6,12	15,25	5,36
Ipiales 2	131,01	10,22	141,23	16,34	12,47	18,68	14,25	10,38	7,92
Puerres 1	423,25	14,67	437,92	17,29	4,08	19,04	4,49	17,30	4,08
Puerres 2	362,17	14,51	376,68	20,73	12,78	20,73	12,78	18,66	5,15
Qualmatán 1	457,53	12,63	470,16	17,32	3,78	24,51	5,35	15,19	3,32
Qualmatán 2	342,56	10,69	353,20	15,97	4,66	14,37	4,19	13,84	4,04
Carlosasa 1	474,80	14,95	489,75	14,95	3,14	19,94	4,19	17,05	3,59
Carlosasa 2	388,07	13,35	401,42	13,61	3,50	18,33	4,72	14,92	3,84
Centadero	260,71	10,09	270,80	16,83	6,45	21,75	8,34	16,05	6,15
Promedio	317,96	13,40	331,35	16,76	5,27	17,37	5,46	15,09	4,74
Pasto	182,89	8,36	191,25	10,67	5,83	12,98	7,09	8,94	4,88

+ El porcentaje está expresado en relación al potasio intercambiable inicial.

TABLA VII

REPOSICION DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS EN Kg/Ha.

	POTASIO INTERCAMBIABLE INICIAL			REPOSICION		
	1a. Extr.	2a. Extr.	Total	30 dias	60 dias	120 dias
Pupiales 1	361,90	23,98	385,68	31,98	33,00	29,18
Pupiales 2	384,18	33,24	417,42	37,07	31,06	25,60
Ipiales 1	569,00	35,38	604,38	33,76	34,84	30,50
Ipiales 2	262,02	20,44	282,46	32,68	37,36	20,76
Puerres 1	846,50	29,34	875,84	34,58	38,08	34,60
Puerres 2	724,34	29,02	753,56	41,46	41,46	37,32
Gualmatán 1	915,06	25,26	940,32	34,64	49,02	30,38
Gualmatán 2	685,12	21,38	706,40	31,94	28,74	27,68
Carlosana 1	949,60	29,90	979,50	29,90	39,88	34,10
Carlosana 2	776,14	26,70	802,84	27,22	36,66	29,84
Contadero	521,42	20,18	541,60	33,66	43,50	32,10
Promedio	635,92	26,80	662,70	33,52	34,74	30,18
Pasto	213,98	9,78	223,76	12,48	15,18	10,45

TABLA VIII

VALORES DE "t" OBTENIDOS PARA LA COMPARACION DE LOS NIVELES DE REPOSICION DE POTASIO EN LOS DIFERENTES PERIODOS DE INCUBACION Y LIMITES DE CONFIANZA PARA LA MEDIA

PERIODO DE INCUBACION	VALORES DE "t" CALCULADOS		LIMITES DE CONFIANZA PARA LA MEDIA DE LA POBLACION (P.P.T.)	
	60 días	120 días		
30 días	0,24 ^{NS}	1,85 ^{NS}	14,92	18,59
60 días		0,90 ^{NS}	9,69	25,04
120 días			19,91	17,87

NS. No significativo

TABLA IX

FRACCIONES DE POTASIO ORIGINALES EN LOS SUELOS ESTUDIADOS

SUELOS	K-TOTAL	K-ESTRUC. TURAL	POTASIO NO INTERCAMBIABLE		K-INTERC. NH ₄ OAc N 4	K-INTERC. NH ₄ O ₃ , IN	SOLUBLE EN H ₂ O
			Total	Fracción más sol.			
Pupiales 1	2524,95	2197,49	158,01	99,65	14,59	180,95	169,45
Pupiales 2	2561,27	2138,39	240,87	184,19	17,44	192,09	182,01
Indiales 1	4138,20	3496,38	432,34	338,68	21,78	284,50	299,48
Indiales 2	3050,84	2142,87	788,64	653,74	31,13	131,01	119,33
Puerres 1	5901,93	4840,00	659,38	558,74	24,11	423,25	402,55
Puerres 2	5359,74	4281,58	718,43	623,07	24,88	362,17	359,73
Qualmatán 1	4764,57	3520,67	785,56	700,30	14,92	457,54	454,34
Qualmatán 2	5174,44	4366,33	475,92	407,78	14,91	342,56	332,19
Carlosana 1	6117,42	5041,81	642,25	549,91	18,89	474,80	433,36
Carlosana 2	5812,52	4720,20	746,71	635,71	20,94	388,07	345,61
Contadero	5540,46	4352,63	939,29	798,45	23,82	260,71	248,54
Promedio	4631,48	3728,03	598,86	504,56	20,67	317,96	304,59
Pasto +	4580,98	4080,19	376,17	288,47	18,46	182,89	124,62
							13,85

+ Suelo Andosol típico que se utilizó y analizó, como comparador con los resultados de los suelos estudiados.

TABLA X

FRACCIONES DE POTASIO DESPUES DE LA EXTRACCION DEL POTASIO REPUESTO EN 120 DIAS DE INCUBACION
(p.p.m.)

S U E L O S	K-TOTAL	K ESTRUCTURAL	K-NO INTERCAMBIABLE		K-INTERCAMB. CON HNO ₃ 0.1N	K-SOLUBLE EN H ₂ O
			TOTAL	FRACCION MAS SOL.	K-DE TASA CONSTANTE	
Papiales 1	2299,58	2127,89	160,47	97,63	20,20	11,22
Papiales 2	2310,12	2076,88	227,79	153,67	17,44	5,45
Ipiales 1	3749,20	3366,96	375,71	273,33	23,06	6,53
Ipiales 2	2905,59	2150,15	747,14	608,08	33,21	8,30
Puerres 1	5430,57	4779,22	642,96	520,64	21,32	8,39
Puerres 2	5154,61	4112,35	728,79	581,59	26,95	13,47
Qualmatán 1	4259,01	3560,85	691,77	570,25	23,45	6,39
Qualmatán 2	4830,74	4355,89	469,53	375,85	19,16	5,32
Carlosama 1	5623,62	4850,25	762,88	603,38	27,28	10,49
Carlosama 2	5343,59	4582,20	745,68	638,86	26,18	15,71
Contadero	5270,23	4345,42	914,44	759,10	33,14	10,37
Promedio	4288,80	3664,36	587,92	471,12	24,75	9,24
Pasto	4388,64	4012,48	373,85	258,47	23,08	2,31

TABLA XI

POTASIO NO INTERCAMBIABLE ORIGINAL EN LOS SUELOS ESTUDIADOS (p.p.m.)

SUELO	EXTRACCIONES SUCESIVAS CON HNO ₃ 1N.			TOTAL	FRACCION MAS SOLUBLE	K-DE RATA CONSTANTE
	1a	2a	3a			
Pupiales 1	76,31	52,52	14,59	158,01	99,65	14,59
Pupiales 2	141,69	70,84	10,90	240,87	184,19	17,44
Ipiales 1	274,43	111,08	25,05	432,34	338,68	21,78
Ipiales 2	570,73	150,46	36,32	788,64	653,74	31,13
Puerres 1	497,94	111,12	26,21	659,38	558,74	24,11
Puerres 2	585,74	85,01	22,80	718,43	623,07	24,88
Qualmatán 1	625,68	117,25	27,71	785,56	700,30	14,92
Qualmatán 2	348,16	93,69	19,16	475,92	407,78	14,91
Carlossana 1	493,17	102,91	27,28	642,25	549,91	18,89
Carlossana 2	588,58	102,63	34,56	746,71	635,71	20,94
Contadero	647,25	221,62	46,60	939,29	798,45	23,82
Promedio	440,88	110,83	26,47	598,86	504,56	20,67
Pasto	184,62	147,70	25,39	376,17	288,47	18,46

TABLA XII

POTASIO NO INTERCAMBIABLE EN LOS SUELOS ESTUDIADOS DESPUES DE LA EXTRACCION DEL POTASIO REFUESTO
EN 120 DIAS DE INCURACION (p.p.m.)

SUELO	EXTRACCIONES SUCESIVAS CON HNO ₃ 1N.			TOTAL	FRACCION MAS SOLUBLE	K-DE RATA CONSTANTE
	1a.	2a.	3a.			
Pupiales 1	78,55	50,50	11,22	160,47	97,63	20,20
Pupiales 2	112,26	78,47	19,62	227,79	153,67	17,44
Ipiales 1	217,80	106,72	27,23	375,71	273,33	23,96
Ipiales 2	490,83	186,78	36,32	747,14	608,08	33,21
Puerres 1	466,49	115,31	39,84	642,96	520,64	21,32
Puerres 2	515,24	139,95	46,65	728,79	581,59	26,95
Qualmatán 1	498,84	132,17	37,31	691,77	570,25	23,45
Qualmatán 2	332,19	90,50	27,68	469,53	375,85	19,16
Carlomana 1	563,45	128,82	27,23	745,68	638,86	26,18
Centadero	624,47	212,30	44,53	914,44	759,10	33,14
Promedio	401,77	127,74	33,64	587,92	471,12	24,75
Pasto	120,00	196,16	34,61	373,85	258,47	23,08

TABLA XIII

PROMEDIOS DE LAS FRACCIONES ORIGINALES DE POTASIO EN LOS SUELOS ESTUDIADOS Y DESPUES DE EXTRAIDO EL K REPUESTO EN 120 DIAS DE INCUBACION.

FRACCION	($\bar{X}$) ORIGINAL	($\bar{X}$) DESPUES DE LA INCUBACION	DIFERENCIA P.P.M.
K - Total	4631,48	4288,80	342,68
K - Estructural	3728,03	3664,36	63,67
K - No intercambiable total	598,86	587,92	10,94
K - No intercambiable más soluble	504,56	471,12	33,44
K - de rata constante	20,67	24,75	- 4,08
1ª Extracción	440,88	401,77	39,11
2ª Extracción	110,83	127,74	- 16,91
3ª Extracción	26,47	33,64	- 7,17
4ª Extracción	20,67	24,75	- 4,08
K - Interc. HNO_3	304,59	9,24	295,35
K - Soluble en H_2O	40,01	Trazas	40,01

TABLA XIV

EQUACIONES DE REGRESION, COEFICIENTES DE CORRELACION Y PORCENTAJES DE ASOCIACION ENTRE LA REPOSICION DE POTASIO A LOS 60 DIAS (p.p.m.) Y OTRAS VARIABLES DEL SUELO

X	Y	EQUACION DE REGRESION	r	ASOCIACION R ²
% Arcilla	Reposición de K	$\hat{Y} = 6,48 + 0,82 X$	0,80 ⁺⁺	64,00%
% Arena	Reposición de K	$\hat{Y} = 74,09 - 0,98 X$	-0,56 ⁺	31,36%
% Limo	Reposición de K	$\hat{Y} = 40,17 - 0,70 X$	-0,66 ⁺	43,56%
% Carbono Orgánico	Reposición de K	$\hat{Y} = 22,38 - 1,01 X$	-0,66 ⁺	43,56%
Aluminio cambiante (ppm).	Reposición de K	$\hat{Y} = 24,46 - 0,28 X$	-0,25 ^{NS}	6,25%
pH	Reposición de K	$\hat{Y} = 3,90X - 2,98$	0,36 ^{NS}	12,96%
K-intercambiable inicial (ppm.)	Reposición de K	$\hat{Y} = 14,02 + 0,014 X$	0,53 ^{NS}	28,09%
K-Total (ppm.)	Reposición de K	$\hat{Y} = 18,63 + 0,00007 X$	0,09 ^{NS}	---
K-No intercambiable total (ppm.)	Reposición de K	$\hat{Y} = 13,09 + 0,009 X$	0,74 ⁺⁺	54,76%
K-No intercam. más soluble (ppm.)	Reposición de K	$\hat{Y} = 13,45 + 0,01 X$	0,76 ⁺⁺	57,76%
K-de tasa constante	Reposición de K	$\hat{Y} = 15,45 + 0,14 X$	0,21 ^{NS}	4,41%
K-Soluble en agua	Reposición de K	$\hat{Y} = 15,89 + 0,064 X$	0,34 ^{NS}	11,56%
1a Extracción no intercambiable	Reposición de K	$\hat{Y} = 14,12 + 0,01 X$	0,74 ⁺⁺	54,76%
1a + 2a Extrao. K-no intercam.	Reposición de K	$\hat{Y} = 19,98 + 0,01 X$	0,75 ⁺⁺	56,25%
% Arcillas	% Mat. Organ.	$\hat{Y} = 18,90 - 1,01 X$	-0,88 ⁺⁺	77,44%

+ Significativo al 5%

++ Significativo al 1%

NS. No significativo

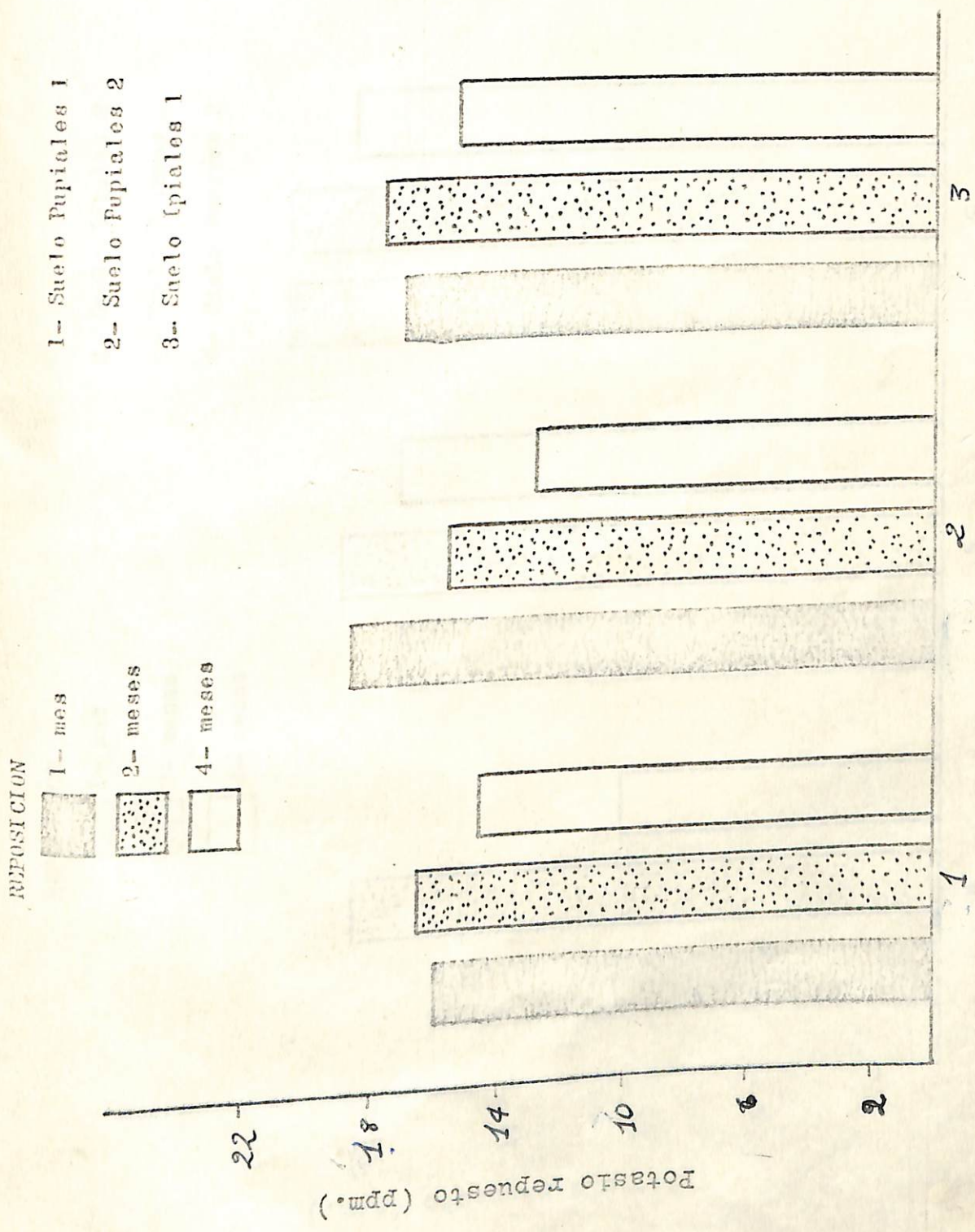


FIGURA 1. Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados

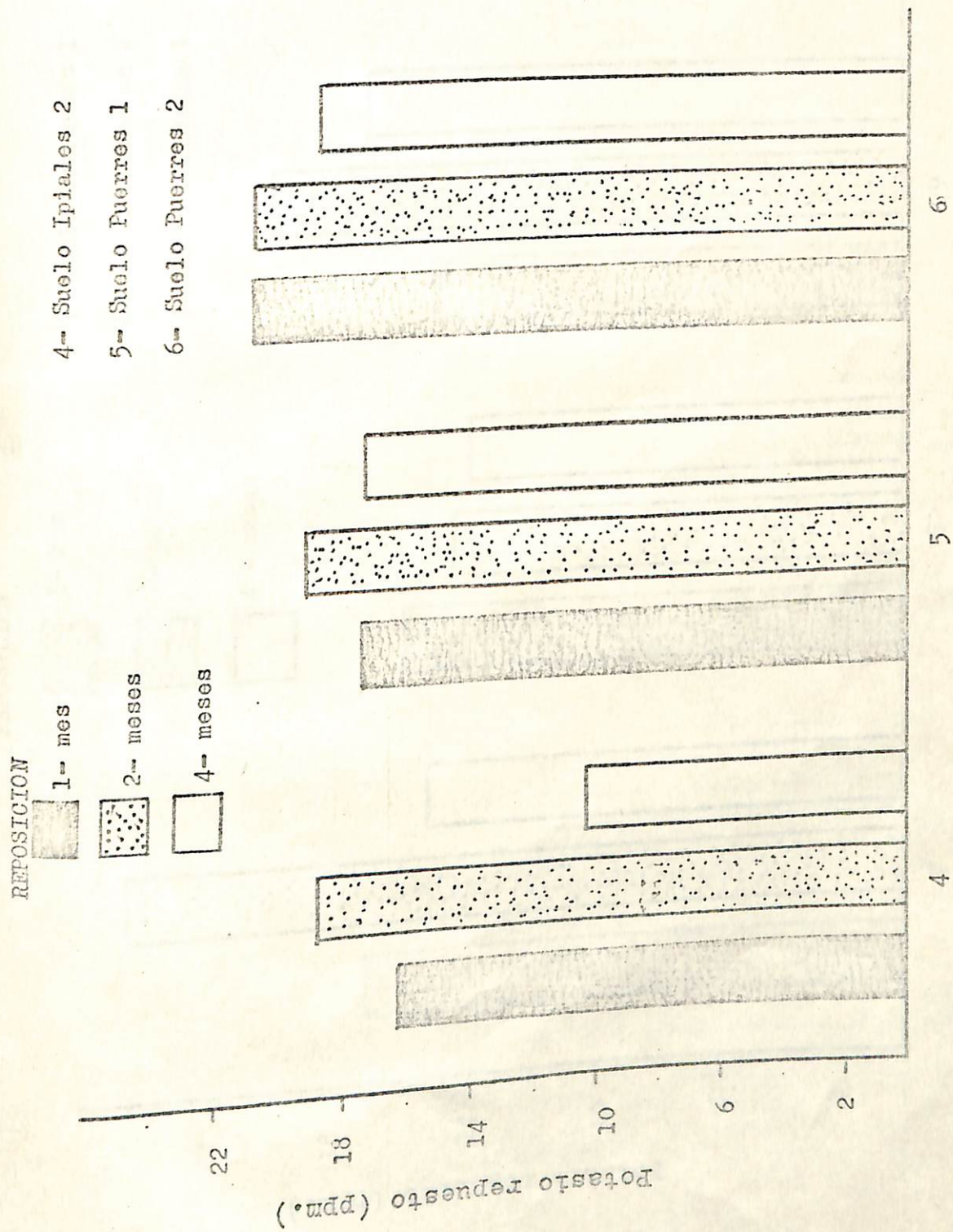


FIGURA 2. Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados

REFOSICION

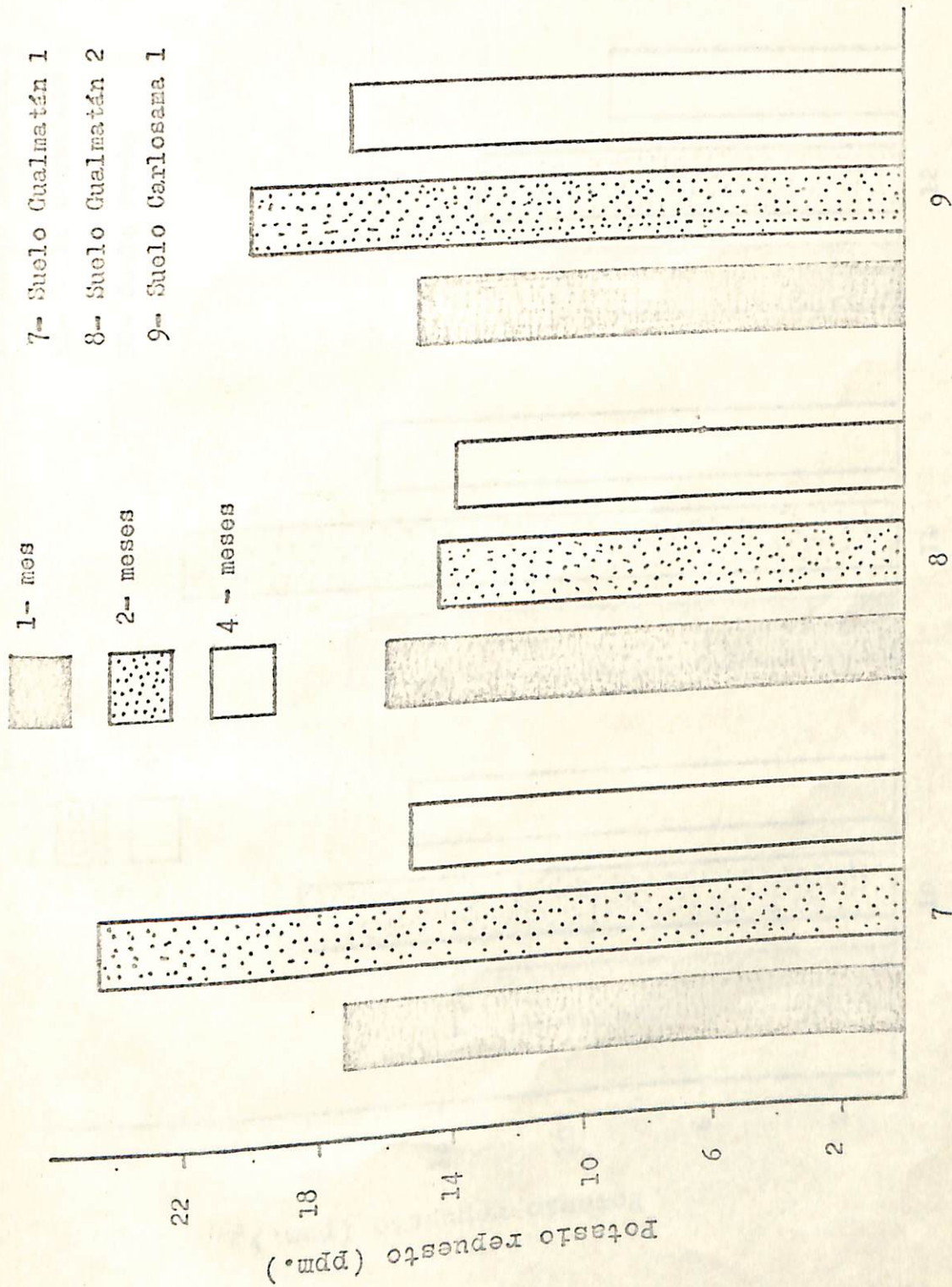


FIGURA 3. Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados

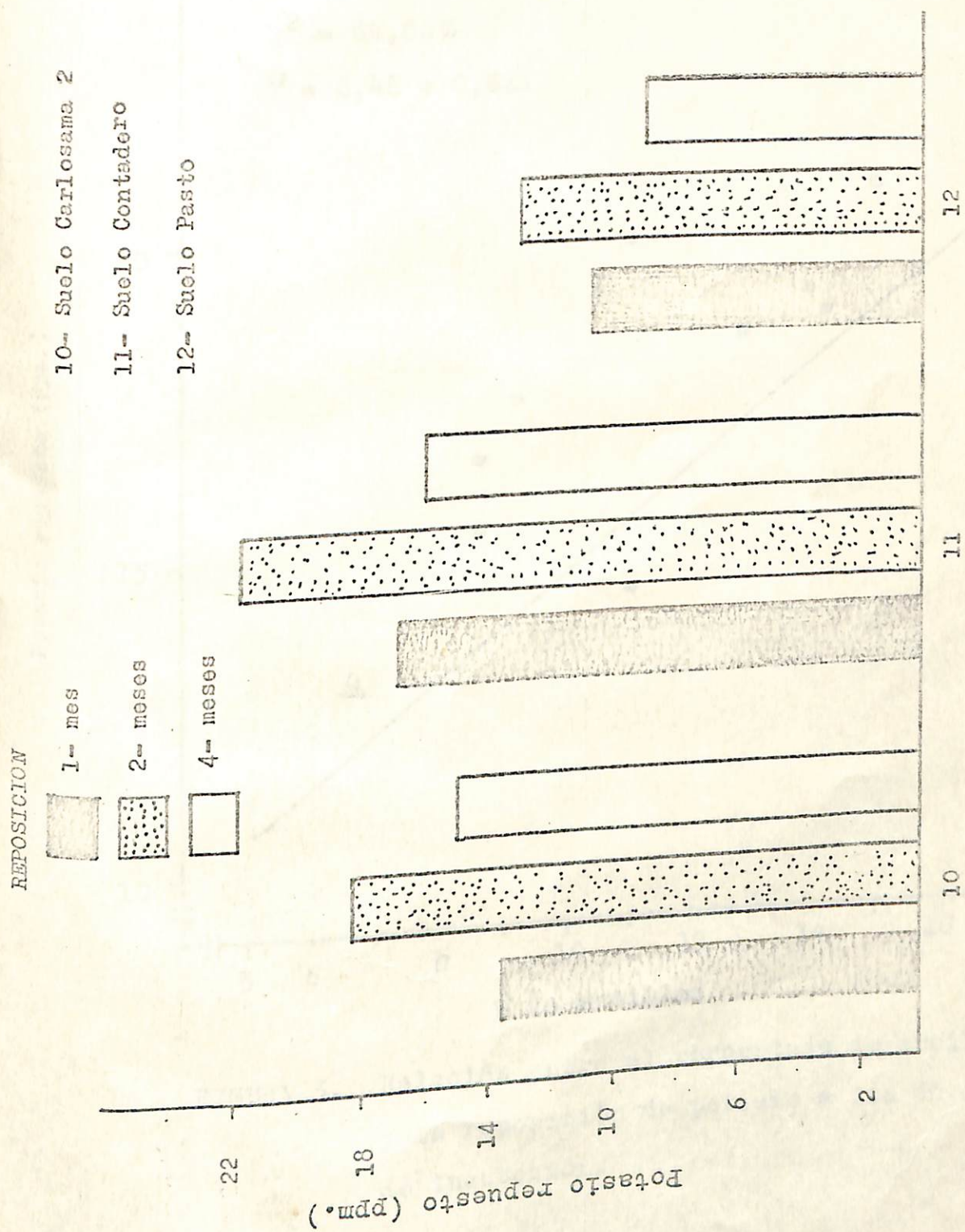


FIGURA 4. Capacidad de reposición de potasio en los suelos estudiados

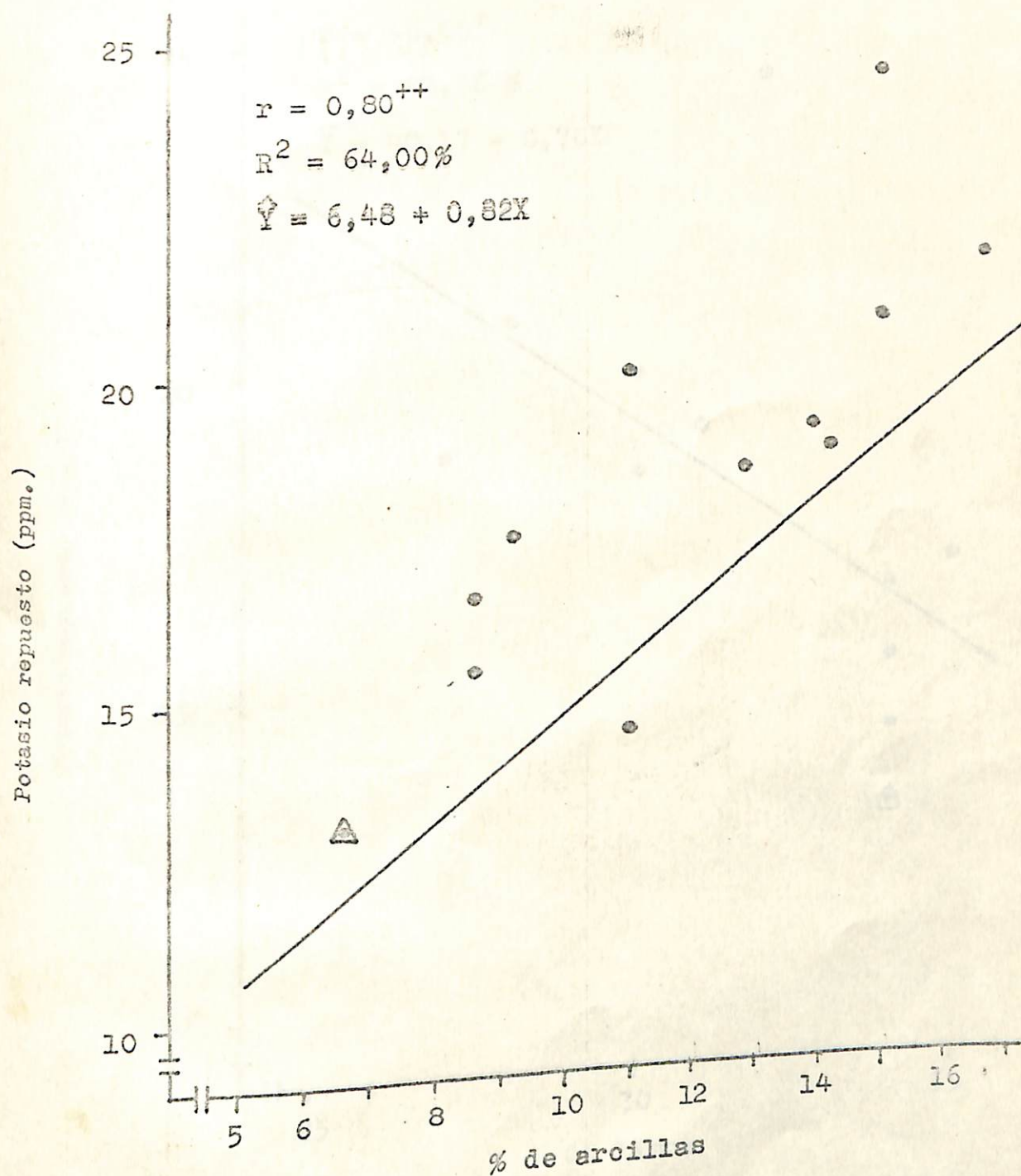


FIGURA 5. Relación entre el porcentaje de arcillas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.

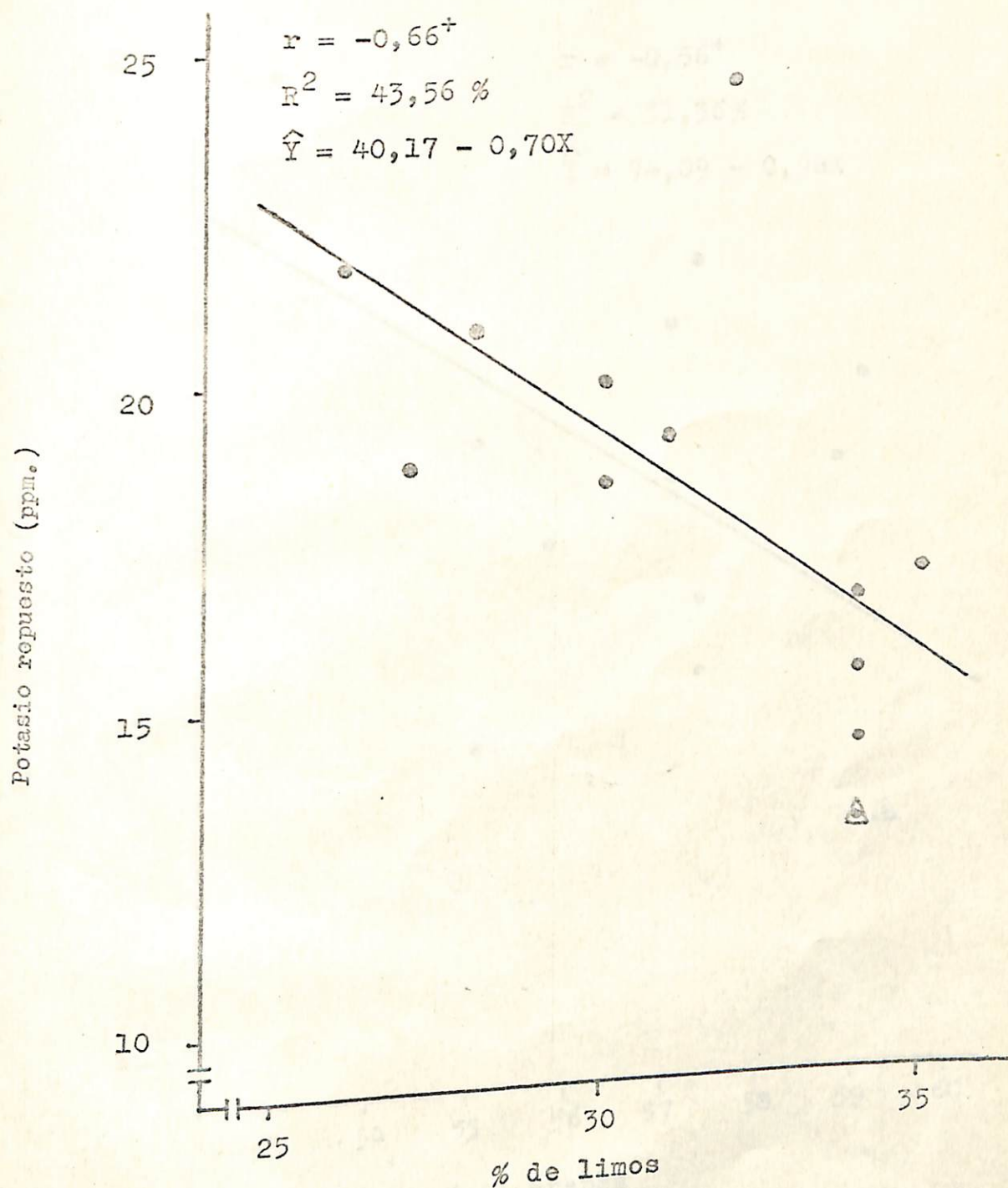


FIGURA 6. Relación entre el porcentaje de limos y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.

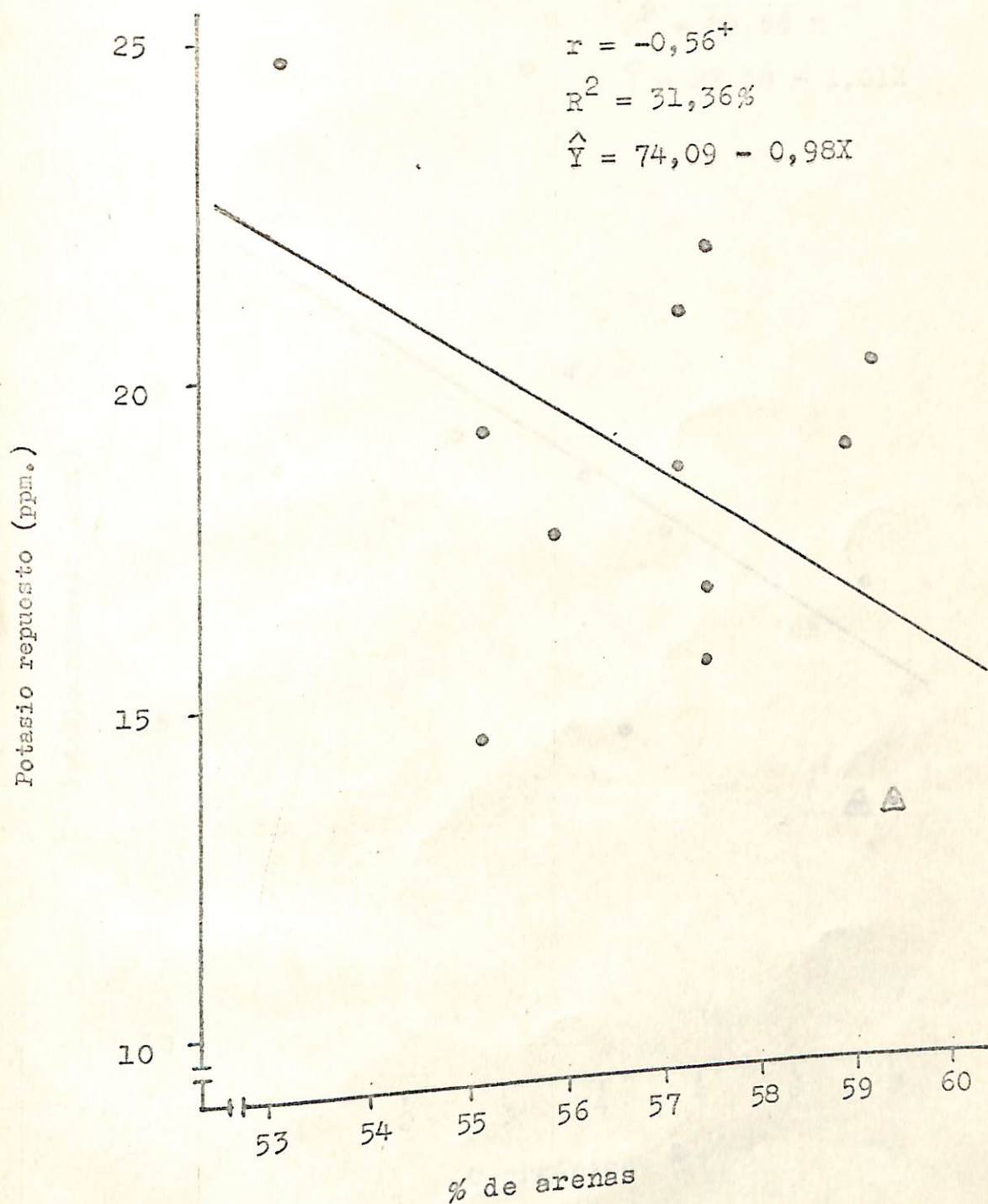


FIGURA 7. Relación entre el porcentaje de arenas y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.

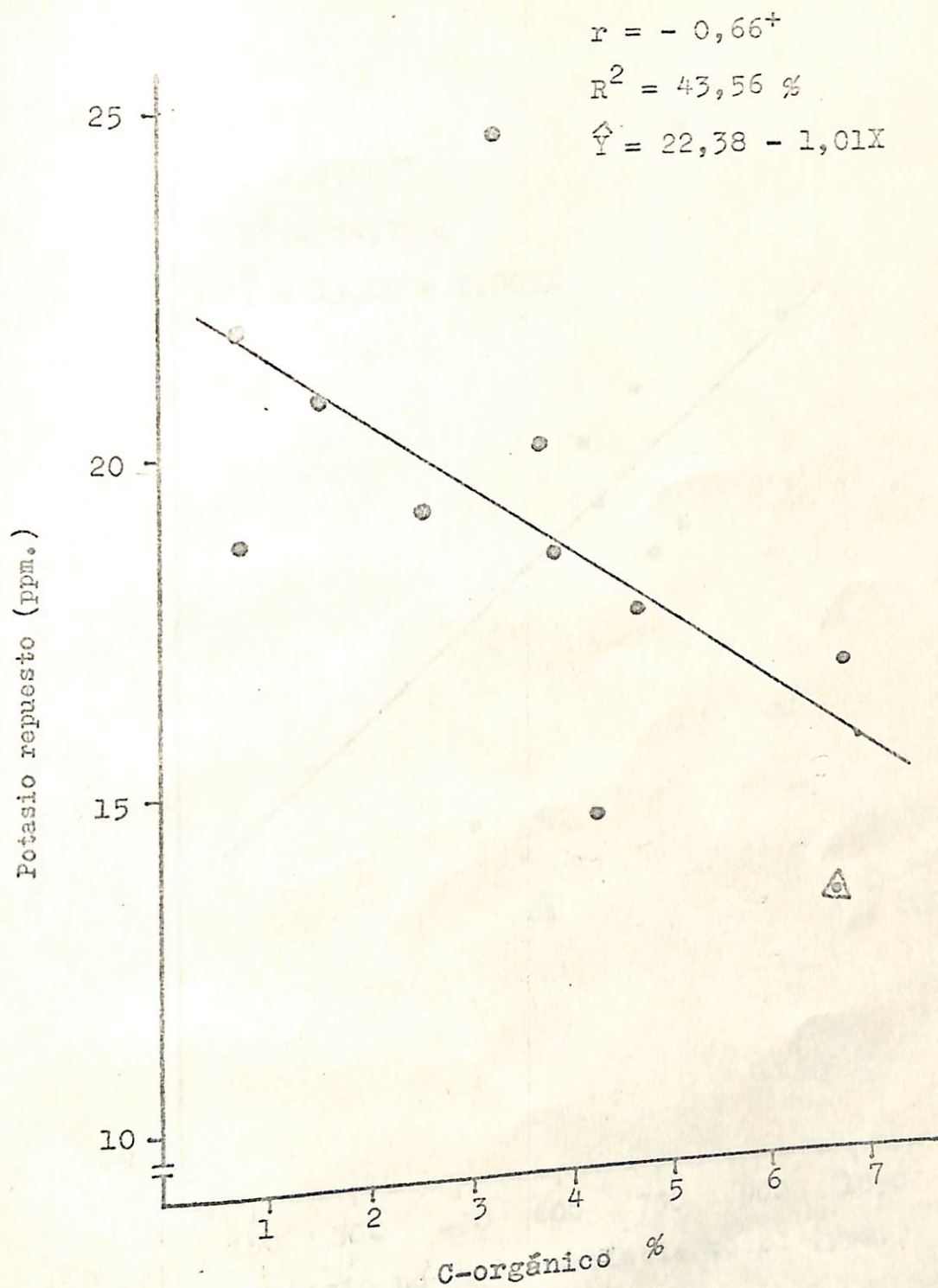


FIGURA 8. Relación entre C-orgánico % y capacidad de reposición de potasio a los 60 días de incubación

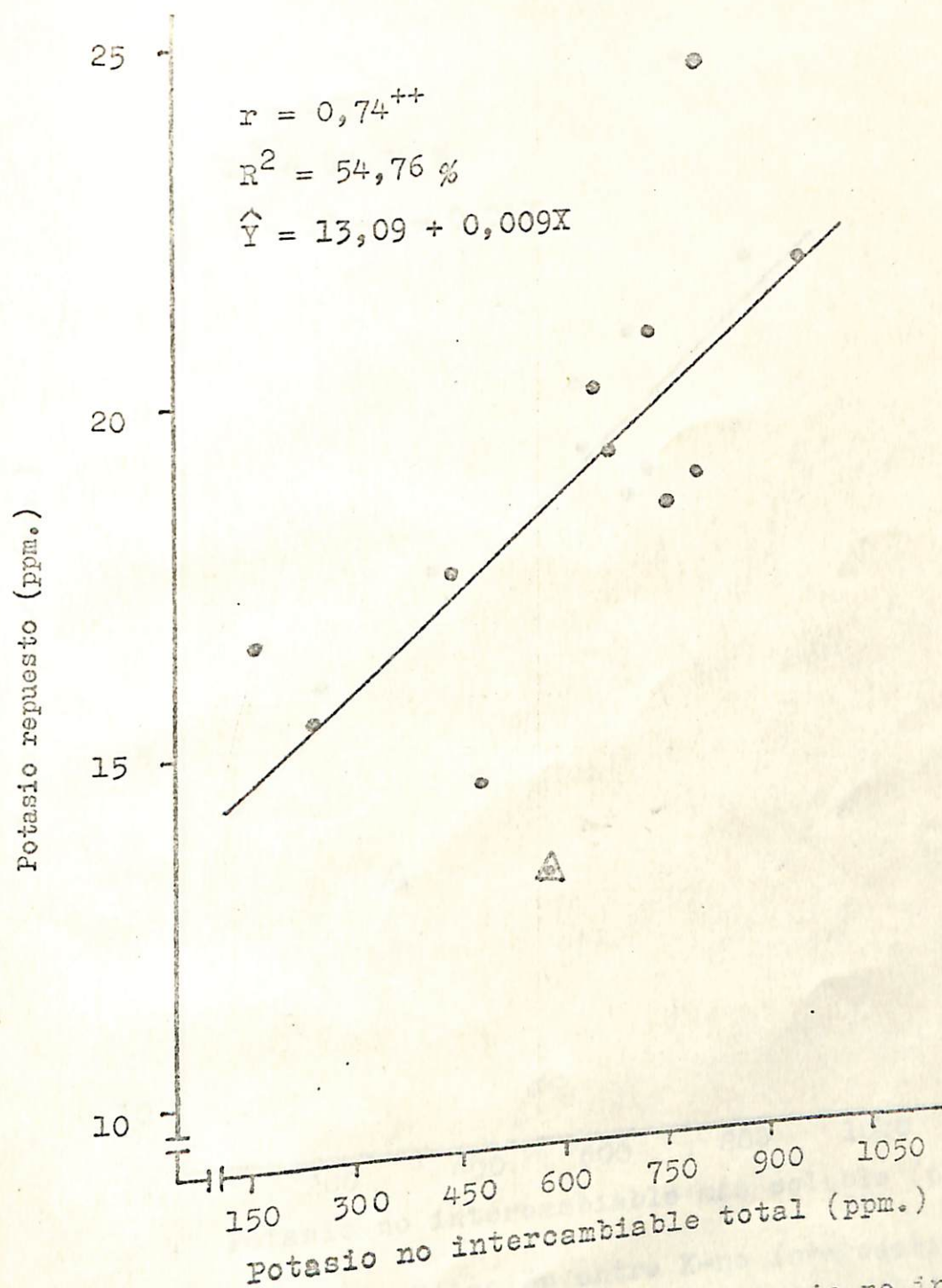


FIGURA 9. Relación entre el potasio no intercambiable total (ppm.) y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.

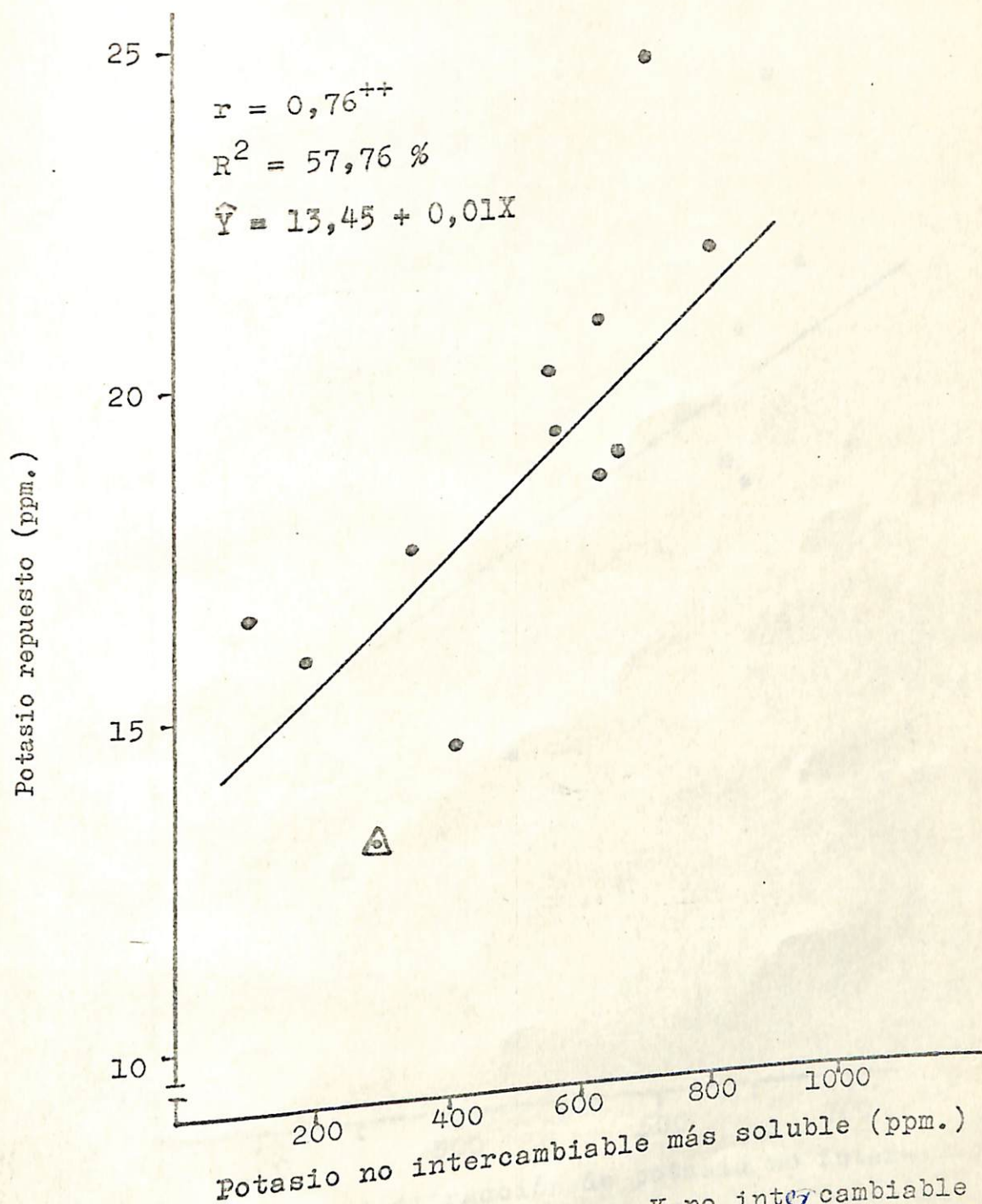


FIGURA 10. Relación entre K-no intercambiable más soluble (ppm.) y capacidad de reposición de potasio a los 60 días de incubación.

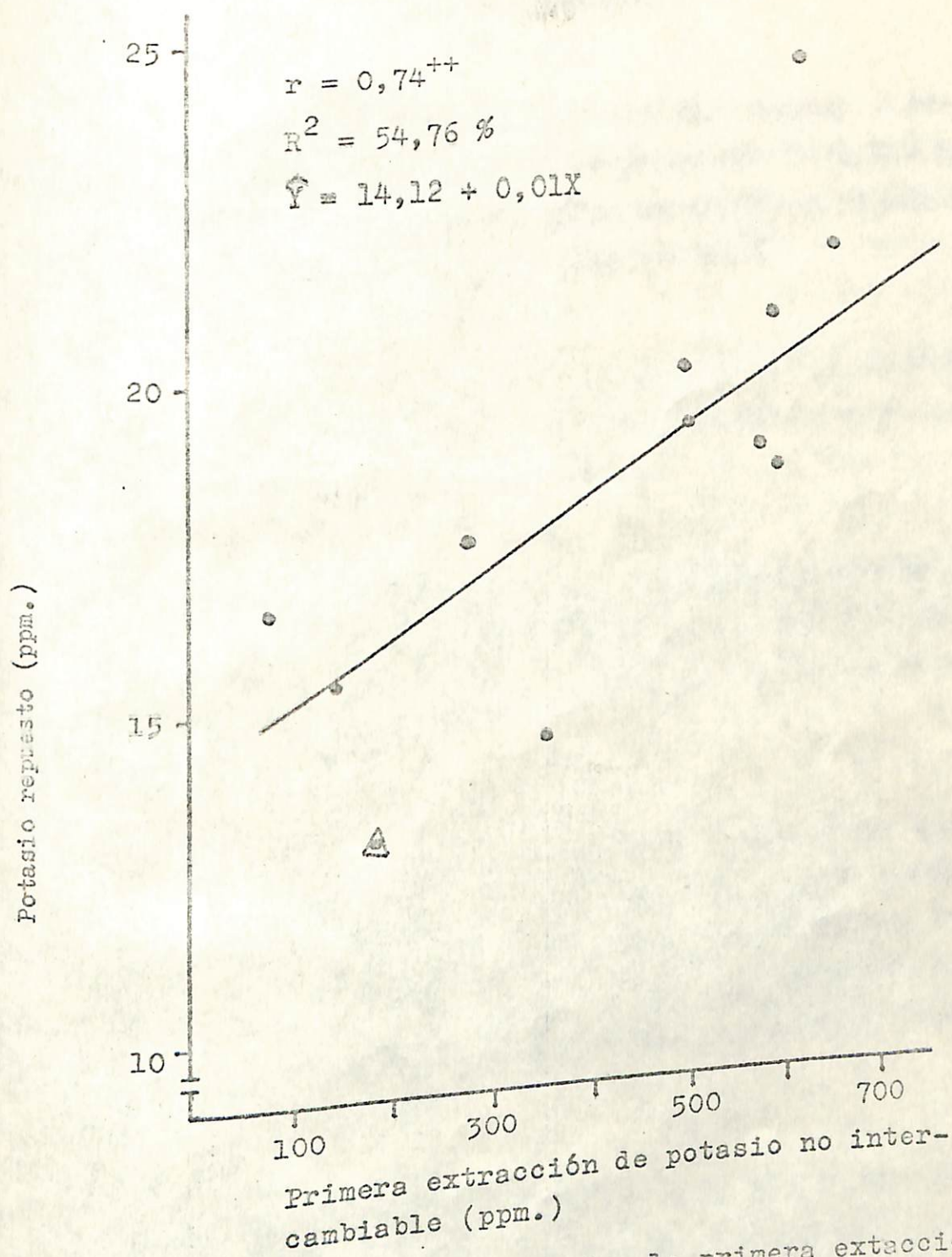


FIGURA 11. Relación entre la primera extracción de potasio no intercambiable (ppm.) y la reposición de potasio a los 60 días de incubación.

V. CONCLUSIONES

1. La reposición de potasio fue bastante homogénea. A los 60 días de incubación los suelos repusieron un promedio de $17,37 \pm 7,68$ ppm. (34,74 Kg/Ha.), lo que significa una restitución de potasio equivalente al 5,46% del potasio intercambiable inicial.
2. A pesar de que la reposición fue independiente del tiempo de incubación ($P > 0,05$), a los 120 días tiende a presentarse una ligera disminución del potasio repuesto (fijación).
3. De acuerdo a los resultados y a las correlaciones detectadas, 30 días de incubación no fueron suficientes para la expresión adecuada del índice de reposición. En cambio, sesenta días de incubación fueron suficientes para ello.
4. Los valores de reposición obtenidos, a pesar de ser suficientes para sostener una cosecha de cebada o avena, se podrían estimar como bajos, en relación al nivel de potasio intercambiable original. No obstante, se considera que esos valores tan solo deben considerarse como un índice de la capacidad real de reposición que, posiblemente, es alta en los suelos estudiados.
5. La textura del suelo es el factor regulador más importante del proceso de reposición de potasio. Los contenidos de arcilla incrementaron significativamente ($r = 0,80^{++}$) los valores de restitución de potasio, es tanto que los contenidos de arena y limos presentaron relaciones inversas ($r = -0,56^+$ y $r = -0,66^{++}$, respectivamente). Para las

condiciones del estudio, la reacción del suelo parece no influir en la intensidad de la reposición de potasio.

6. La capacidad de reposición de potasio fue independiente ($P > 0,05$) de la concentración de potasio total, potasio intercambiable, potasio de tasa constante y potasio soluble en agua. Por el contrario, la intensidad del proceso estuvo asociada directa y significativamente ($P < 0,01$) con el potasio no intercambiable en sus diferentes formas.

7. Las evidencias experimentales y estadísticas indicaron que la reposición de potasio ocurre a partir del potasio no intercambiable, especialmente de su forma más soluble. Por lo tanto, el potasio extraído con HNO_3 1N se considera una buena estimación de la capacidad de suministro de potasio a la planta a largo plazo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se considera importante desarrollar nuevas investigaciones, sobre reposición de potasio, con suelos similares y de diferente origen. Sin embargo, a la luz de los resultados, se sugiere la siguiente metodología:

Se pesan 10 gramos de suelo seco al aire, se colocan por duplicado en tubos de ensayo de 100 cc., se agregan 50 ml. de acetato de amonio normal y neutro y se agita por 10 minutos, se centrifuga y en el supernatante se determina el potasio intercambiable. Repetir inmediatamente la extracción anterior. Al suelo residual se le agregan 50 ml. de agua destilada, se agita, se centrifuga y se desecha el supernatante. El suelo residual se incuba por un período de 8 a 12 meses, efectuando cada dos meses extracciones del potasio intercambiable. La suma de las reposiciones parciales darán la reposición total de potasio al cabo de 8, 10 o 12 meses.

2. En una etapa posterior se justifica el desarrollo de experimentos en invernadero y campo, con el objeto de correlacionar las diferentes extracciones del K-no intercambiable con la absorción de K por la planta a largo plazo.

En suelos derivados de materiales volcánicos, provenientes del Altiplano de Ipiales, localizado en la zona Andina del Departamento de Nariño (S.W. de Colombia), el cual presenta una temperatura promedio de 12 grados centígrados, una altitud entre 2.900 - 3.000 m.s.n.m. y una precipitación promedio anual comprendida entre 800 y 2.000 mm/año, se determinó la capacidad de reposición de potasio bajo condiciones de laboratorio.

A los 60 días de incubación, período en el que se alcanzó un equilibrio en el proceso, los suelos repusieron un promedio de $17,37 \pm 7,68$ ppm. (34,74 Kg/Ha.), lo que significó una restitución de potasio equivalente al 5,46% del potasio intercambiable inicial. Estos valores, a pesar de ser suficientes para sostener una cosecha de cebada o avena, se podrían estimar como bajos en relación al nivel de potasio intercambiable original. No obstante, estos valores tan solo deben considerarse como un índice de la capacidad real de reposición de potasio que, posiblemente, es alta en los suelos estudiados.

La capacidad de reposición correlacionó con diferentes propiedades generales de los suelos y con las diferentes fracciones originales de potasio en la siguiente forma: % de arcillas ($r = 0,80^{++}$); % de arena ($r = -0,56^{+}$); % de limos ($r = -0,66^{+}$); % de C-orgánico ($r = -0,66$); Aluminio de cambio (ppm.) ($r = -0,25^{NS}$); pH ($r = 0,36^{NS}$); K-intercambiable (ppm.) ($r = 0,53^{NS}$); K-total (ppm.) ($r = 0,09^{NS}$); K-no intercambiable total (ppm.) ($r = 0,74^{++}$); K-no intercambiable más K-soluble (ppm.) ($r = 0,76^{++}$); K-de tasa constante (ppm.) ($r = 0,21^{NS}$); K-soluble en agua (ppm.) ($r = 0,34^{NS}$); primera extracción del potasio no intercambiable (ppm.)

($r = 0.74^{++}$); primera más la segunda extracción del potasio no intercambiable (ppm.) ($r = 0.75^{++}$).

A la luz de los resultados experimentales y estadísticos se recomienda una metodología modificada para la determinación de la capacidad de reposición de potasio bajo condiciones de laboratorio y desarrollo experimentos en invernadero y campo.

VIII. SUMMARY

This study was conducted under laboratory conditions for determining the capacity of recovery of potassium from Ipiales Highland soils derived from volcanic materials, which are located in the Andean zone of the Department of Narino (S.W. of Colombia), with a mean temperature of 12°C, an altitude of 2.900 - 3.000 meters a.s.l. and a mean annual rainfall of 800 to 2.000 mm.

After 60 days of incubation, period in which and equilibrium condition in the process was reached, the soils recovered a mean value of $17,37 \pm 7,68$ ppm. (34,74 Kg/Ha.), which meant an initial exchangeable-K recovery of 5,46%. Although these values are sufficient for maintaining a whole wheat, oats or barley vegetative cycle, they are considered to be low in relation to the original exchangeable-K. Nevertheless, these values should only be considered as a real capacity recovery-K index which probably was high in the studied soils.

There was a correlation among the different general properties of the soils considered here and the original different-K fractions with the capacity of recovery in this form: Clay percentage ($r = 0,80^{++}$); sand % ($r = -0,56^{+}$); loam % ($r = -0,66^{+}$); exchangeable-Al (ppm.) ($r = 0,25^{NS}$); pH ($r = 0,36^{NS}$); exchangeable-K (ppm.) ($r = 0,53^{NS}$); Total-K (ppm.) ($r = 0,09^{NS}$); total non exchangeable-K (ppm.) ($r = 0,74^{++}$); more soluble non exchangeable-K ($r = 0,76^{++}$); constant rate-K (ppm.) ($r = 0,21^{NS}$); in water soluble-K (ppm.) ($r = 0,34^{NS}$); non exchangeable-K first extraction (ppm.) ($r = 0,74^{++}$); non exchangeable-K first plus second extractions (ppm.) ($r = 0,75^{++}$).

It is recommended after experimental results and statistical analyses to follow a modified methodology for determining the recovery capacity for potassium under laboratory conditions.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ANGULO, R.N. et al. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en el piso tropical del Departamento de Nariño. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 116p.
2. BASTIDAS, O.G. et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos del Valle de Sibundoy, Intendencia Nacional del Putumayo. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 219p.
3. BEAR, P.E. Suelos y fertilizantes. Trad. Jorge Rozal. 2a. ed. Barcelona, Omega. 1963. 458p.
4. BENAVIDES, H.F. Fraccionamiento de nitrógeno en el Altiplano de Ipiiales, Departamento de Nariño. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 64p.
5. BLACK, G.A. Soil-plant relationships; Potassium. 2nd. ed. New York, John Wiley, 1967. pp.654-773.
6. BONHEMISZA, S.E. La solución extractora y la humedad en relación con el potasio intercambiable. Experiencias en un suelo aluvial de Costa Rica. Turrialba, 1960. 10(1):35-39.
7. BUCKMAN, H.), y E.C. BRADY. Naturaleza y propiedades de los suelos. 6a. ed. México, UTEHA, 1960. 590p.

8. CHAMORRO, G.L. et al. Estudio de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en algunos suelos del municipio de Jamundí, Valle del Cauca. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Mariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 140p.
9. CHAVALIER, H. Principales aspectos que presenta la nutrición potásica de los vegetales. Berna, Revista de la Potasa, 1971. 16 (53):1-21.
10. CHAVES, M. et al. Atlas de Mariño, Ministerio del Trabajo. Bogotá, Arco, 1959. s.p.
11. CLINE, G.M. The changing model in soil. Soil Sci. Soc. of America Procc, 1961. 25(6):442-446.
12. COLOMBIA, INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Atlas de Colombia. Bogotá, litografía Arco, 1967. 263p.
13. COOPER, R.B. et al. Abonos y abonos potásicos. Berna, Rev. de la Potasa, 1968. 16(9):1-5.
14. ESPINAL, T.L. y E. MONTENEGRO. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Bogotá, Ins. Geogr. Agustín Codazzi, 1963. 201p.
15. EVANS, H.J. y R.A. WILDES. El potasio y el papel que desempeña en la actividad de las enzimas. Berna, Rev. de la Potasa, 1971. 3(39):2-3.

16. FEUILLET, B.C. y A.G. FEUILLET. Fraccionamiento de nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la Sabana de Tíquerras bajo condiciones de pradera. Tesis de grado, Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 109p.
17. GARCIA, R.B. Estudio sobre el potasio en algunos suelos de clima medio del Departamento de Nariño. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1969. 129p.
18. GONZALEZ, G.M.G. Fraccionamiento de fósforo en suelos volcánicos del Altiplano de Ipiales, Nariño. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, 1971. 65p.
19. HEMINGWAY, R.G. Soil and herbage potassium levels in relation to yield. *Journal of Science and Food Agriculture*, 1963. 14:188-195.
20. HOFMEIER, W. La influencia que ejerce el potasio sobre la economía del agua. *Berna, Rev. de la Potasa*, 1971. 3(39):8-9.
21. JACKSON, M.L. and G.D. SHERMAN. Chemical weathering of minerals in soils. In Norman, A.G. ed. *Advances in Agronomy*. New York. Academic Press, 1953. Vol. V. pp.296-297.
22. JONA, R. El papel que desempeña el potasio para superar el efecto que ejerce la concentración de pelen. *Berna, Rev. de la Potasa*, 1970. 8(21):1-6.

23. KAILA, A. Fijación del potasio en suelos Finlandeses. Berna, Rev. de la Potasa, 1966. 4(35):1-11.
24. KUMAR, K. y S.M. SIRCAR. Comunicación sobre los efectos que ejercen las fuertes aplicaciones de abonados nitrogenados y potásicos sobre los contenidos de celulosa y lignina de la caña de arroz en diferentes fases de crecimiento. Berna, Rev. de la Potasa, 1970. 16(49):1-4.
25. LAWTON, K. and R.I. COOK. Potassium in plant nutrition. In Norman, A.G. Ed. Advances in Agronomy. New York, Academic Press. 1954. Vol. VI. pp.253-303.
26. MacLEAN, A.J. Potassium supplying power of some canadian soils. Canad. Jour. Soil Sci. Soc. of America Procc., 1961. 41:196-206.
27. MARIN, G.A. et al. La capacidad de varios suelos Colombianos para suministrar potasio. Bogotá, Agr. Trop., 1967. 23(2):88-101.
28. MARTINI, J.A. Caracterización del estado de potasio en seis suelos de Panamá. Fitotecnia Iatinoamericana, 1966. 3(1-2):163-186.
29. ———. Problemas del encalado en suelos del trópico. Costa Rica, Turrialba, 1968. 18:249-256.
30. MATTA, I.A. y J. PALACIOS P. Estudio de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos tropicales de la Intendencia Nacional del Pu-

- tumayo. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1970. 148p.
31. ORDÓÑEZ, G.H. Estudio sobre el potasio en algunos suelos del Altiplano de Pasto. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Mariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1969. 114p.
32. ORDÓÑEZ, R.F. Fraccionamiento de potasio en suelos del Altiplano de Ipiales, Tesis sin publicar. 1972.
33. PRATT, P.F. Release of potassium from non-exchangeable forms from size fraction of several Iowa soils. Soil Sci. Soc. of America Procc., 1952. 16:25-29.
34. REITHEIMER, R.F. Soil potassium. In Norman, A.G. Ed. Advances in Agronomy. New York, Academic Press, 1951. Vol. III. pp.113-164.
35. SCHOLLENBERGER, C.J. and M. SIMON. Determination of exchange properties of soil by the ammonium acetate method. Soil Sci. Soc. America Procc., 1945. 59:14.
36. SIMONSON, W.E. Modern concepts of soil genesis A symposium. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Sci. Soc. of America Procc., 1959. 23:152-156.
37. STELL, R.C. and J.H. TORRIE. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. 481p.

38. SUAREZ, H.A. Caracterización del estado del potasio en tres grandes grupos de suelos de Costa Rica. Tesis de M.Sc. Turrialba, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1968. 305p.
39. TABATABAI, M.A. y J.J. HANWAY. Potassium supplying power of Iowa soils at their "Minimal" levels of exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. of America Procc., 1969. 33:105-109.
40. TISDALE, S.L. and W.L. NELSON. Soil fertility and fertilizers 2nd. ed. New York, MacMillan, 1966. 694p.
41. TROLLEMIER, G. Aspectos recientes sobre la influencia del potasio en la apertura y cierre de los estomas. Berna, Rev. de la Potasa, 1971. 3(39):9.
42. WORTHEN, E.L. y S.R. ALDRICH. Suelos agrícolas, su conservación y fertilización. 2a. ed. México, Ed. Hispano Americana, 1959. pp.102-110.
43. ZAMBRANO, D.H. et al. Atlas agrológico del Departamento de Nariño. Tesis de grado. Pasto, Universidad de Nariño, Instituto Tecnológico Agrícola, 1969. 275p.

T
631.83
A786
Ej.1

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Inventario: 15112

Autor: Carlos Arteaga Moreno

Título: Capacidad de reposición de



T
631.83
A786
Ej.1

15112

Universidad de Nariño
Pasto (Nariño)

Universidad de Nariño

BIBLIOTECA
ALBERTO QUIJANO GUERRERO

15112 -