

# COMPORTAMIENTO DE TRES FERTILIZANTES POTASICOS EN UN DYSTRANDEPT TÍPICO

Senén Suárez-Vásquez\*  
Ignacio Federico Carrillo-Pachón\*\*

## RESUMEN

Utilizando microlisímetros se sometieron a 25 lavados, tres fertilizantes potásicos (KCl,  $K_2SO_4$  y  $KNO_3$ ) sobre la superficie de un suelo Dystrandep Típico, con el fin de determinar su comportamiento y mejorar la eficiencia de su utilización. En los primeros nueve lavados se perdieron: el 94,00/o de potasio y el 39,30/o de cloruro procedente del KCl, el 26,40/o de potasio y el 46,60/o de sulfato procedente del  $K_2SO_4$  de un 90,00/o al 95,50/o de potasio y de un 68,20/o al 72,20/o de nitratos procedentes del  $KNO_3$  prillado y standard. Las pérdidas aumentaron con el tiempo y al final del experimento se perdieron: el 98,00/o de potasio y el 47,00/o de cloruro procedente del KCl, el 72,00/o de potasio y el 47,50/o de sulfato procedente del  $K_2SO_4$ , el 1000/o de potasio y del 84,400/o al 91,200/o de nitratos procedentes de  $KNO_3$ . Estos resultados demuestran una baja retención de potasio y de nitratos y alta retención de cloruro y de sulfato. La solubilidad de los fertilizantes potásicos utilizados influye en la pérdida del potasio por lixiviación. También se observaron pérdidas de Ca, Mg y  $NH_4$  en todos los tratamientos, lo mismo que aumento de la acidez del suelo en el testigo y en el tratamiento con KCl. En los demás tratamientos con  $K_2SO_4$  y  $KNO_3$  la acidez del suelo disminuyó. Para reducir las pérdidas por lixiviación es recomendable utilizar KCl y  $KNO_3$  en los casos en que se necesite una respuesta inmediata por la planta o cuando las condiciones de precipitación lo permitan. Estos fertilizantes se deben fraccionar en las épocas de máxima precipitación o utilizar el  $K_2SO_4$  de menor solubilidad. Además se recomienda aplicar el fertilizante en bandas o localizado, en la época de máxima precipitación.

## SUMMARY

SUAREZ V., S.; CARRILLO P., I. F. Potassium fixation in andosols in coffee-growing zones. Cenicafé (Colombia) 35(2):31-39.

A microlysimeter study was carried out with three potassic fertilizers, KCl,  $K_2SO_4$  and  $KNO_3$  on the surface of a Typic Dystrandep soil, under 25 leaching water conditions, and in order to find out nutrient losses by lixiviation and to improve potassium fertilizer efficiency. After the first nine leaching trials, 940/o potassium and 39,30/o chloride were lost from KCl; 26,40/o potassium and 46,60/o sulfate were lost from  $K_2SO_4$ . From 90,00/o to 95,50/o potassium and from 68,20/o to 72,20/o nitrates were lost from  $KNO_3$  prilled and standard. Nutrient losses increased with time and at the end of the experiment, 98,00/o potassium and 47,00/o chloride were lost from KCl; 72,00/o potassium and 47,50/o sulfate were lost from  $K_2SO_4$ ; 1000/o potassium and 84,00/o to 91,200/o nitrates were lost from  $KNO_3$ . Leaching, between time of application and time of utilization by the plant, will influence the efficiency of the fertilizer and the loss of potassium nitrates and other nutrient through the soil. Soil acidity also was affected by leaching. The soil showed a high affinity for chloride and sulfate. The fertilizer like KCl and  $KNO_3$  should be used in cases where plants need readily available potassium or under mild rainfall conditions. Under severe rainfall conditions scatter applications, slow solubility fertilizers like  $K_2SO_4$ , side dress or side band applications should be recommended.

Additional Key Words: Fertilizers, lixiviation.

## INTRODUCCION

Se ha encontrado un bajo poder de adsorción y retención de potasio en suelos derivados de cenizas volcánicas (4). Para un suelo dystrandep Típico, Unidad Chinchiná, importante en la zona cafetera central del país, se encontró un débil poder de retención de potasio con altas cantidades de potasio agregadas en un corto tiempo (3, 5). Esto tiene relación con la presencia de coloides orgánicos (humus) e inorgánicos (alófana), abundantes en es-

\* Asistentes de la Sección de Química Agrícola del Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Chinchiná, Caldas, Colombia.

tos suelos, en donde los iones predominantes de aluminio e hidrógeno compiten con el potasio por los sitios de adsorción y este último se pierde por lixiviación (6).

Además, la lixiviación de potasio tiene que ver con el comportamiento y afinidad del suelo por los iones acompañantes. Hay estudios en suelos derivados de cenizas volcánicas de Colombia y México (5) que indican una mayor afinidad del suelo por el sulfato que por el cloruro y nitrato y una menor pérdida de potasio en el sulfato de potasio.

Por lo anterior es necesario conocer el comportamiento de los fertilizantes potásicos más utilizados en la fertilización del café, para mejorar la eficiencia de su utilización.

### MATERIALES Y METODOS

En tubos de PVC, de 50 cm de largo, 5,5 cm de diámetro, en condiciones de laboratorio y en dos repeticiones, se colocaron 400 gramos de suelo (base seca) a humedad de campo, los cuales ocupaban un volumen de 645 cc. El fondo del cilindro estaba provisto de una malla de 18 mesh en acero inoxidable y un papel de filtro.

Sobre la superficie del suelo se colocaron los fertilizantes KCl,  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$  prilled (P) y  $KNO_3$  standar (S) y se sometieron a 25 lavados sucesivos con 22 ml de agua. Las cantidades y los análisis de los fertilizantes se presentan en las tablas 1 y 2. El fertilizante aplicado fue proporcional a la fertilización alrededor del árbol de café en el campo. Los tratamientos anteriores se compararon con un testigo sin fertilización.

En el agua de lixiviación se analizó el K, Cl,  $SO_4$ ,  $NO_3$ ,  $NH_4$ . Ca y Mg y en el suelo se analizó el pH, K, Ca y Mg al principio y después de los 25 lavados.

TABLA 1.- CANTIDADES DE ELEMENTOS Y DE FERTILIZANTES APLICADOS.

Tratamientos	Total g	$K_2O$ g	$SO_4$ g	Cl g	$NO_3$ g
KCl	17,0	10,5	—	7,5	—
$K_2SO_4$	20,0	8,0	10,1	—	—
$KNO_3$ (P)	21,7	9,5	—	—	11,8
$KNO_3$ (S)	21,7	9,2	—	—	11,8

TABLA 2.- ANALISIS QUIMICOS Y SOLUBILIDAD DE LOS FERTILIZANTES.

Fertilizante	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	Mg	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	Solubilidad g en 10 ml
KCl	62,0	—	—	1,3	—	—	35
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	43,3	—	0,6	0,2	1,3	—	12
KNO <sub>3</sub> (P)	43,8	—	—	0,5	—	54,5	35
KNO <sub>3</sub> (S)	42,3	0,4	0,2	0,3	—	54,5	35

## RESULTADOS

Los resultados se presentan en las tablas 3, 4 y 5 y las figuras 1 y 2, en donde se destacan los siguientes aspectos:

- En los primeros nueve lavados, 198 mm de agua en total, se pierde por lixiviación, de un 94,00/o a un 950/o del K en los suelos fertilizados con KCl y KNO<sub>3</sub> y el 26,40/o de K del suelo con K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- También los iones correspondientes se pierden en la siguiente forma: 39,90/o de Cl procedente del suelo con KCl; 46,60/o de SO<sub>4</sub> del suelo con K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y de un 68,2 a un 72,20/o de NO<sub>3</sub> de los suelos con KNO<sub>3</sub>.
- Al final, en los 25 lavados con 550 mm de agua se perdió de un 98 a un 105,50/o del K con KCl y KNO<sub>3</sub> y un 720/o del K con K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- De los iones correspondientes el 47,00/o de Cl se perdió del suelo con KCl; el 47,50/o de SO<sub>4</sub> del suelo con K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; de 83,7 a un 91,20/o de NO<sub>3</sub> de los suelos con KNO<sub>3</sub>.
- Además, en los suelos fertilizados y en el testigo se pierden Ca, Mg y NH<sub>4</sub>. Las pérdidas de estos elementos son mayores cuando se agregan los fertilizantes potásicos.
- El Ca, Mg y NH<sub>4</sub> que trae el fertilizante se pierde también pero en una proporción inferior a la cantidad agregada.

TABLA 3.- PORCENTAJES ACUMULADOS DE K, Cl, SO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>, EN 25 LAVADOS EN COLUMNAS CON FERTILIZANTES POTASICOS

No. de lavados	Cloruro de potasio		Sulfato de potasio		Nitrato de potasio		Nitrato de potasio	
	K 0/o	KCl Cl 0/o	K 0/o	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> SO <sub>4</sub> 0/o	K 0/o	KNO <sub>3</sub> (P) NO <sub>3</sub> 0/o	K 0/o	KNO <sub>3</sub> (S) NO <sub>3</sub> 0/o
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	3,2	0,6	0,0	0,0	0,3	0,4	0,6	0,9
3	4,2	4,1	0,1	0,1	6,3	6,2	5,3	4,9
4	15,6	10,6	1,1	8,2	23,9	23,5	18,7	18,6
5	18,6	16,4	3,7	12,8	38,4	35,9	31,2	28,8
6	48,7	22,4	7,6	19,6	51,9	47,4	45,0	41,6
7	68,5	28,2	12,7	27,4	68,3	54,9	61,2	50,0
8	84,9	33,8	18,5	35,9	84,5	65,5	77,7	60,2
9	94,0	39,3	26,4	46,6	95,5	72,2	90,0	68,2
10	94,2	42,5	33,9	46,7	99,6	76,2	95,4	74,8
11	95,5	44,6	40,9	46,9	102,2	78,8	98,7	78,4
12	96,4	45,8	46,7	47,0	103,7	80,6	100,7	81,0
13	96,9	46,6	51,5	47,1	104,4	81,0	101,6	82,2
14	97,1	46,8	55,8	47,2	104,7	81,9	102,2	84,1
15	97,3	46,9	59,5	47,3	104,8	82,4	102,5	85,0
16	97,4	47,0	63,0	47,3	105,0	82,8	102,7	85,5
17	97,4	47,0	66,0	47,4	105,0	82,8	102,8	86,4
18	97,5	47,0	67,6	47,4	105,1	83,3	102,9	86,8
19	97,5	47,0	68,8	47,5	105,2	83,3	103,0	87,5
20	97,6	47,0	69,9	47,5	105,2	83,7	103,0	88,6
21	97,6	47,0	70,4	47,5	105,3	83,7	103,1	89,5
22	97,7	47,0	70,9	47,5	105,3	83,7	103,1	89,5
23	97,9	47,0	71,2	47,5	105,3	83,7	103,3	89,9
24	98,0	47,0	71,5	47,5	105,5	83,7	103,3	90,3
25	98,0	47,0	72,0	47,5	105,5	84,0	103,4	91,2

TABLA 4.- CATIONES TOTALES, Ca, Mg y NH<sub>4</sub>, EN LAS AGUAS DE LIXIVIACION.

Tratamientos	Ca			Mg			NH <sub>4</sub>		
	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha
Suelo + KCl	—	32,0	160	—	29,2	146	—	15,7	78
Suelo + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	31,1	155	120,0	63,9	—	2.160,0	790,0	—
Suelo + KNO <sub>3</sub> (P)	—	24,0	120	—	12,8	37	—	24,0	120
Suelo + KNO <sub>3</sub> (S)	87,0	23,0	—	43,0	12,4	62	—	27,0	135
Suelo solo	—	8,8	44	—	2,9	14	—	4,6	23

TABLA 5.- ANIONES TOTALES Cl, SO<sub>4</sub> y NO<sub>3</sub>, EN LAS AGUAS DE LIXIVIACION.

Tratamientos	Cl			SO <sub>4</sub>			NO <sub>3</sub>		
	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha	Agregado mg	Pérdida mg	Kg/ha
Suelo + KCl	X	X	—	110,0	550	—	—	66,5	332,5
Suelo + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	123,0	615	X	X	—	—	150,6	750
Suelo + KNO <sub>3</sub> (P)	—	349,0	1.745	—	125,0	625	X	X	—
Suelo + KNO <sub>3</sub> (S)	—	249,0	1.245	—	114,0	570	X	X	—
Suelo solo	—	0	0	0	0	0	0	119	595

X: Se refiere al anión principal acompañante, reportados en las tablas 1, 2 y 3.

En la tabla 6 se dan los análisis inicial y final de pH, Ca, Mg y K con los siguientes resultados:

El pH bajó de 4,8 a 4,5 cuando se agregó KCl y subió a 5,0; 5,2 y 5,3 cuando se agregó K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> (P) y KNO<sub>3</sub> (S) respectivamente. Se explica la subida del pH porque el KNO<sub>3</sub> (S) contiene calcio y magnesio, el K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> contiene magnesio, sodio y amonio y el KNO<sub>3</sub> (S) y el KNO<sub>3</sub> (P) contienen sodio.

El K en el testigo bajó de 0,14 inicial a 0,08 me/100 al final y subió entre 1,0 a 1,8 me/100 en los tratamientos. Se mantiene un alto contenido de K en el intercambio, aún cuando en los primeros 12 lavados se había perdido más del 100% del K aplicado en los tratamientos con KNO<sub>3</sub> (P).

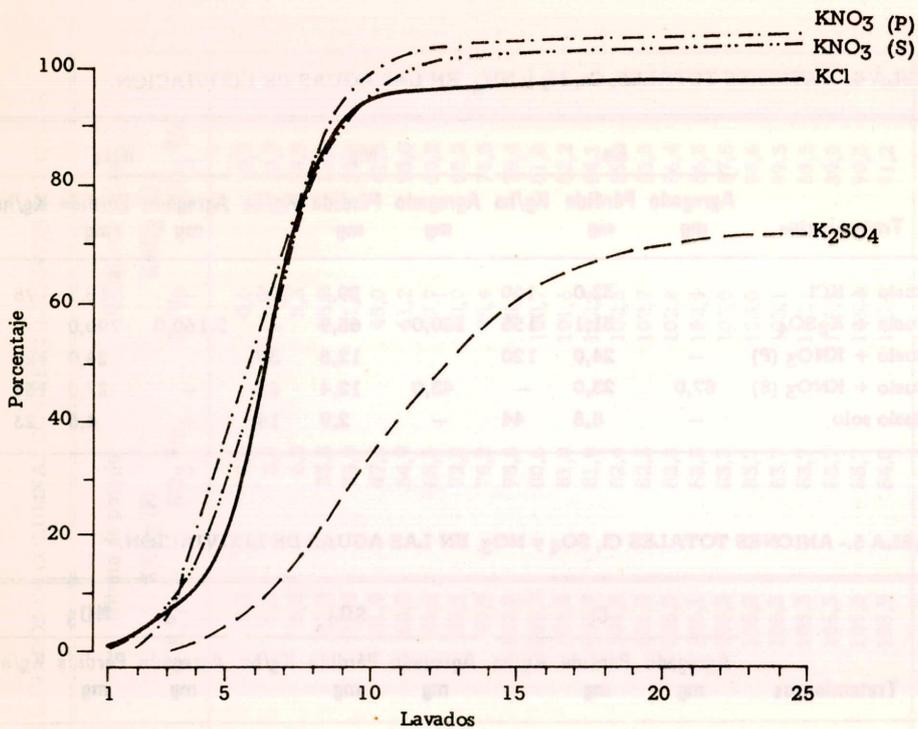


FIGURA 1.- Porcentajes acumulados de K en 25 lavados en suelos con fertilizantes KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y KNO<sub>3</sub>.

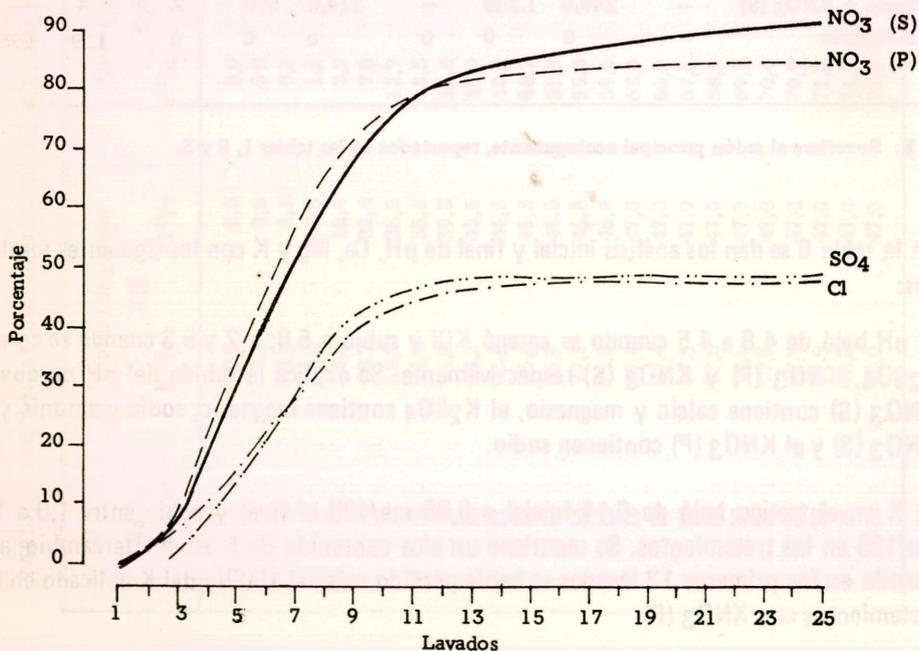


FIGURA 2.- Porcentajes acumulados de los aniones NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> y Cl en 25 lavados en suelos con fertilizantes KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y KNO<sub>3</sub>.

TABLA 6.- ANALISIS DEL SUELO INICIAL Y DESPUES DE LOS 25 LAVADOS CON 550 mm DE AGUA.

Análisis	Tratamientos	pH	K	Ca	Mg
			me/100 g de suelo		
Inicial	Suelo solo	4,8	0,14	0,4	0,1
Final	Suelo solo	4,5	0,08	0,3	0,1
	Suelo + KCl	4,5	1,09	0,3	0,1
	Suelo + K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,0	1,80	0,2	0,2
	Suelo + NO <sub>3</sub> (P)	5,2	1,55	0,1	0,1
	Suelo + NO <sub>3</sub> (S)	5,3	1,63	0,1	0,1

El Ca bajó en el testigo de 0,4 a 0,3 me/100 de suelo. En los tratamientos también bajó a 0,3; 0,2; 0,1 cuando se aplicó KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub> (P) y KNO<sub>3</sub> (S) respectivamente. El KNO<sub>3</sub> (S) contiene Ca y Mg pero el suelo tratado y después de los lavados, muestra el Ca más bajo en el intercambio.

El magnesio se mantuvo constante en todos los tratamientos con relación al testigo inicial. La excepción se observa cuando se agregó K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> que contiene Mg y sube en el intercambio de 0,1 a 0,2 me/100 g de suelo.

## DISCUSION

La baja afinidad del suelo de Naranjal por retener el K aplicado como KCl y KNO<sub>3</sub> (P y S), coincide con las tendencias encontradas por López en este mismo suelo (7) y con los resultados encontrados en otros suelos derivados de cenizas volcánicas (1, 2, 3, 4). También se observa una baja afinidad por el anión NO<sub>3</sub> procedente del KNO<sub>3</sub>, lo cual coincide con lo encontrado por Kinjo (5) en suelos derivados de cenizas volcánicas de México y Colombia en donde el PO<sub>4</sub>, el SO<sub>4</sub> y el Cl compiten con NO<sub>3</sub> por los sitios de adsorción en el suelo y lo desplazan a los horizontes inferiores.

Cuando la planta necesite el potasio inmediatamente o en condiciones de una precipitación moderada, lo más indicado es utilizar los fertilizantes KCl y KNO<sub>3</sub>. En épocas de máxima precipitación es preferible fraccionar estos fertilizantes para reducir la pérdida del potasio aplicado y de los iones de calcio, magnesio y amonio desplazados del suelo.

La menor pérdida de K procedente del  $K_2SO_4$  se debe más a la baja solubilidad del fertilizante y no a la afinidad del suelo por el K. La pérdida de K es lenta al principio y se va acentuando a medida que transcurren los lavados. Lo anterior indica, que el  $K_2SO_4$  como fuente de K, se puede usar con menor frecuencia, en mayor cantidad y en donde ocurra una alta precipitación.

El suelo de Naranjal muestra afinidad por los iones Cl y  $SO_4$ . Solo el 50<sup>o</sup>/o de la cantidad aplicada se detecta en los lavados. Resultados que concuerdan con los encontrados en otros suelos derivados de cenizas volcánicas (5).

Los fertilizantes aplicados afectan la dinámica de los nutrimentos del suelo. Con los tratamientos se observa un aumento del K intercambiable y se mantiene después de los lavados, cuando ya se había perdido más del 100<sup>o</sup>/o del K aplicado. Habría que observar con cuidado la tesis de López (8), quien fija la cantidad de 1,2 me. de K/100 g de suelo como límite tentativo de suficiencia para café. Los aniones Cl,  $SO_4$  y  $NO_3$ , acompañantes de potasio en el fertilizante, tendrían en este caso un efecto sobre la solubilidad del potasio original del suelo.

## CONCLUSIONES

1. No hay afinidad del suelo de la Unidad Chinchiná por el K y los  $NO_3$ .
2. De los fertilizantes más solubles se pierde más rápidamente el K del suelo.
3. Hay afinidad del suelo de la Unidad Chinchiná por los iones  $SO_4$  y Cl.
4. Hay desplazamiento de otros cationes por la aplicación de fertilizantes potásicos al suelo.
5. El suelo, en el complejo de cambio, mantiene un potasio alto cuando se aplica fertilizante

## BIBLIOGRAFIA

1. AOMINE, S. Potassium economy of Japanese volcanic ash soils. In: Japanese Potassium Symposium, 1. Tokyo, 1957. Documentos. Switzerland, International Potash Institute Berne. 1957. pp. 88-102.
2. BOWER, C. A. Leaching of adsorbed potassium from humid tropical soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39(3):594-596. 1975.

3. GOMEZ DE R., C.; CARRILLO P., I. F. y ESTRADA E., G. Adsorción de potasio en andosoles de la zona cafetera. *Cenicafé (Colombia)* 33(4):104-128. 1982.
4. HARADA, T. Behavior of  $\text{NH}_4$  and K in the soil; mainly adsorption of  $\text{NH}_4$  and K influenced by the kind of cation-exchange material. In: Japanese Potassium Symposium, 4. Sendai, 1961. p. 6-27.
5. KINJO, T. Nitrate adsorption by acid soils of tropical regions. Riverside University of California, 1970. 120 p. (Tesis Ph.D.).
6. LEON S., A. Teorías modernas sobre la naturaleza de la acidez del suelo. In: Coloquio de Suelos, 1. Medellín, Colombia, 12-16 de junio de 1970. Artículos. Bogotá, Sociedad Colombiana de las Ciencias del Suelo, 1971. p. 1-23.
7. LOPEZ A., M. Cambios químicos provocados en el suelo Chinchiná franco arenoso con la aplicación de distintas fuentes y dosis de fertilizantes. *Cenicafé (Colombia)* 16:55-76. 1965.
8. LOPEZ A., M. Problemas de fertilización en suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. *Cenicafé (Colombia)* 29(2):55-67. 1969.