

DINAMICA DEL POTASIO EN UN ULTISOL DE PANAMA

Benjamín Name¹, T. Jot Smyth², Enrique Márquez³

RESUMEN

Se determinó la dinámica del potasio en un ultisol, en base a altas dosis de potasio aplicado. Utilizando la respuesta en rendimiento del maíz, muestreo, análisis de suelos, se evaluaron los niveles críticos del potasio y el efecto del residuo en la dinámica de este elemento. Los resultados sobresalientes indican que la incorporación de residuos de cosechas de maíz es vital para mejorar la fertilización potásica. El nivel crítico para potasio utilizando las soluciones extractoras de Mehlich 1 y acetato de amonio es de 0.1 meq/100 ml de suelo. Se concluye que para aumentar la eficiencia de la fertilización potásica, las aplicaciones anuales son más efectivas, que dosis altas para varios años.

DYNAMICS OF POTASSIUM IN A PANAMA ULTISOL

The dynamic of potassium in an ultisol was determined based on high doses of applied potassium. The critical levels of potassium and the effect of the residue on the dynamic of this element were evaluated using the yield of corn, sampling and soils analysis. The principal results indicates that the incorporation of residues from the harvests of corn is vital to the improvement of potassic fertilization. The critical level for potassium, using Mehlich 1 and ammonium acetate extracting solutions, is 0.1 meq/100 ml of soil. It is concluded that, to increase the efficiency of potassic fertilization, annual applications are more effective than high multiyear doses.

Se estima que en Panamá los suelos ultisoles ocupan una superficie que sobrepasa el 40% del territorio nacional (Comisión de Reforma Agraria, 1979). A nivel del trópico latinoamericano se encuentran en más del 20% de la superficie, es decir, más de 320 millones de hectáreas. Estos suelos se caracterizan por ser deficientes en macro y micro elementos, y algunas veces por contener altos niveles de aluminio (Sánchez y Salinas, 1983). Sánchez y Cochram en 1980 indicaron que el 54% de las áreas dominadas por suelos ácidos de la América Tropical (800 millones de hectáreas) son deficientes en potasio. Estas conclusiones

coinciden con los resultados de investigaciones en ultisoles de Panamá, los cuales han mostrado respuesta a la aplicación de potasio (Name, 1979).

El potasio (K) extraíble es generalmente la principal fuente de K para los cultivos en los suelos tropicales ácidos. En un suelo latosol cultivado con maíz se encontraron niveles críticos de 0.13 meq/100 g de suelo, extraído con la solución doble ácida de Carolina del Norte. En cambio, para un Typic Paleudult del Perú el nivel crítico fue de 0.20 meq/100 ml de suelo utilizando la solución de Olsen - EDTA - modificado.

¹ M.Sc. Edafólogo. Director Nacional de Investigación Agrícola. IDIAP, ² Ph.D. Edafólogo. Universidad Estatal de Carolina del Norte, ³ Técnico Medio. IDIAP, Panamá, Finca Experimental de Calabacito.

Además, en éstos suelos por lo general, no hay fijación y la lixiviación ocurre con aplicaciones mayores de 280 kg/ha de K aplicado en la forma de KCl, (Ritchey, 1982).

Se estima que el efecto residual en estos suelos es relativamente corto debido a la poca capacidad de retención del K en el perfil (Sousa *et al.*, 1979, citado por Silva, 1982). El efecto residual del K está asociado al manejo del abonamiento potásico, principalmente en lo que se refiere a la incorporación de los residuos del cultivo (Silva y Ritchey, 1971). Con una aplicación inicial de 120 kg k_2O /ha, los residuos del cultivo de maíz retornan al suelo un equivalente de 41.5 kg de k_2O /ha (Silva y Ritchey, 1981). Los mismos autores con aplicaciones de 150 kg de K_2O /ha y con incorporación anual de residuos obtuvieron resultados semejantes a la aplicación de 600 kg de k_2O /ha aplicados al voleo antes del primer cultivo.

Debido a que en los ultisoles del trópico húmedo ha sido poco estudiado el potasio como factor limitante, al igual que su dinámica en este tipo de suelo y el manejo del residuo, se estableció este estudio con la finalidad de:

- a. Evaluar la respuesta del cultivo de maíz a altas dosis de fertilización potásica en un ultisol.
- b. Medir el efecto de los residuos de cosecha en la dinámica del potasio.
- c. Evaluar el efecto residual del potasio aplicado.
- d. Determinar el nivel crítico de K en estos suelos para maíz.

MATERIALES Y METODOS

A. Localización, Suelo y Clima

El área experimental está localizada a los 8°5' de latitud Norte y 81°5' de longitud Oeste, a una elevación de 100 msnm, con una precipitación promedio anual de 2500 mm y una temperatura media anual de 27°C. El período de lluvia está comprendido entre los meses de mayo a diciembre. En la Figura 1 se presenta el balance hídrico mensual para la estación más cercana al área experimental.

El área experimental se seleccionó en un sitio que había estado bajo pastoreo en los últimos 20 años, donde predominaba la mezcla de pastos *Andropogon bicornis* e *Hiparrhenia rufa*.

El suelo es un Plintudult típico, fino, mezclado, isohipertérmico, profundo, ácido, de estructura en bloques subangulares, baja capacidad de intercambio catiónico (14 meq/100 g de suelo, promedio del perfil). El contenido de bases cambiables es muy bajo, ya que el Ap ocupa sólo el 32% de la C.I.C., mientras que en los horizontes más profundos oscila entre 1 y 6%. Las características físicas, químicas y mineralógicas se observan en los Cuadros 1a, 1b y 1c. En la fracción arcilla domina la caolinita con pequeñas cantidades de goetita y gibsita, lo cual explica la baja C.I.C. del suelo y el estado avanzado de intemperismo que ha sufrido. En el Cuadro 2 se presentan los resultados de análisis preliminares de una muestra de suelo compuesta del área experimental.

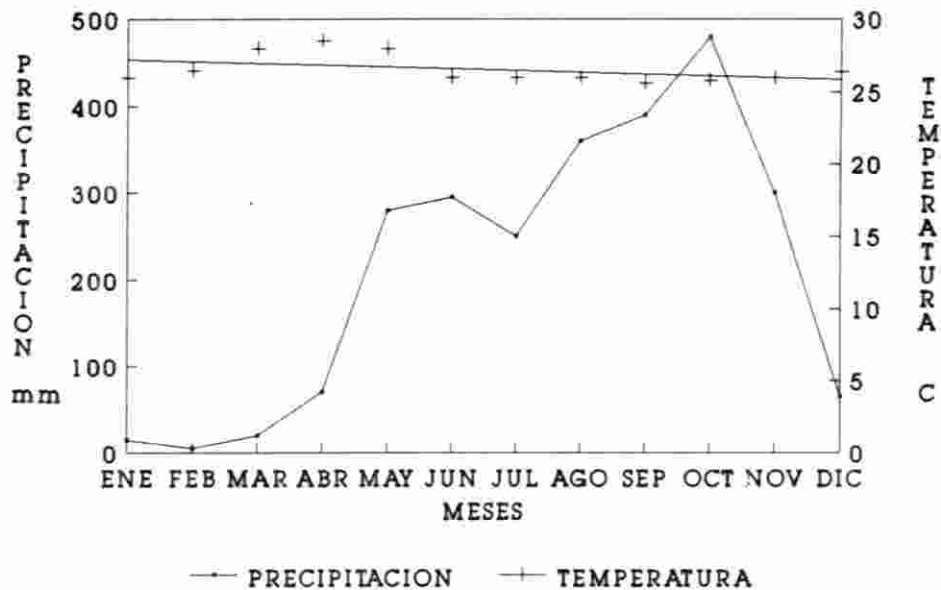


Figura 1. Precipitación y Temperatura Mensual Promedio en Calabacito. Panamá. 1971 - 1980.

Cuadro 1. Características Físicas, Químicas y Mineralógicas del Suelo de Calabacito. 1987.

1a. Características Físicas.

Horizonte	Profundidad cm	Granulometría (%)			Densidad Aparente 1/3-bar g/cm ³	Retención de Humedad %	
		Arcilla	Limo	Arena		1/3 bar	15 bares
1.	0-15	44.5	39.0	16.5	1.44	25.1	17.7
2.	15-26	61.7	27.6	10.7	1.33	30.1	22.4
3.	26-43	57.0	32.1	10.9	1.35	29.0	22.8
4.	43-60	45.5	38.1	16.4	1.34	27.5	20.6
5.	60-85	40.6	36.7	22.7	1.44	25.5	19.1
6.	85-114	41.2	34.9	23.9	1.45	26.0	20.1

1b. Características Químicas

Hor.	Carbón Org.	pH			Bases Cambiables					Acid	Al ext	Σ Cat.	NH ₄ OAc	Sat B Suma %	
		NaF	CaCl ₂ 1:2	H ₂ C 1:1	Ca	Mg	Na	K	Σ						
					meq/100g										
1	1.67	4.4	4.8	4.8	5.1	0.4	-	0.2	5.7	12.2	0.8	17.9	1.4	32	
2	0.96	3.8	5.0	4.8	0.8	0.1	-	-	0.9	14.8	4.4	15.7	0.8	6	
3	0.63	3.9	5.3	5.1	0.2	tr	tr	-	0.2	12.8	4.0	13.0	9.4	2	
4	0.34	3.9	5.6	5.2	0.5	tr	-	-	0.5	12.1	3.6	12.6	8.9	4	
5	0.24	3.8	5.7	5.1	0.1	tr	-	-	0.1	12.5	4.3	12.6	8.8	1	
6	0.17	3.0	5.5	5.1	0.2	tr	-	-	0.2	13.6	5.3	13.8	9.7	1	

Hor. = Horizonte.; Org. = Orgánico; Sat. B = Saturación de Bases; C.I.C = Capacidad de Intercambio Catiónico.

1c. Características Mineralógicas.

Horizonte	Minerales (%) Fracción Arena		Mineralogía Fracción Arcilla			
	Resistentes	Intemperisables	Caolinita	Vermiculita	Goetita	Gibbsite
1	11	89	3	2	1	1
2			3	2	2	1
3			-	-	-	-
4			3	-	1	-
5	13	87				
6						

Cantidades Relativas

1. Trazas 2.- Pequeñas 3. Moderadas
 4. Abundante 5.- Dominante 6. Indeterminada

Cuadro 2. Análisis Preliminar del Suelo del Experimento. Calabacito, 1987.

Textura ⁵	pH ⁴	P ²	K ²	Ca ¹	Mg ¹	Al ¹	MO ³	Cu ²	Fe ²	Mn ²	Zn ²	Sat
%		µg/m	meq/100 ml				%		µg/ml			%
Franco	4.5	2.4	0.16	1.9	0.32	5.09	1.1	1	35	11	0	68

¹ 1N KCL; ² Mehlich; ³ Walkley-Black; C orgánico; ⁴ 1:2.5; ⁵ Bouyoucus; Sat = Saturación Aluminio

La Figura 2 presenta la curva de "Sorción" de P desarrollada por el procedimiento de Fox y Kamprath (1970). El método contempla el uso de cantidades variables de P en 30 ml de CaCl₂ 0.01M equilibradas con 3 g de suelo durante seis días y una hora de agitación diaria; y la Figura 3, la curva de "Sorción" para K desarrollada por el método de Uribe y Cox.

B. Manejo del Experimento

El ensayo se realizó bajo el concepto de altos insumos, donde se utilizó la mejor tecnología disponible en el área. La preparación del suelo para cada ciclo de cultivos se realizó con equipo agrícola y la siembra de forma manual para controlar de manera adecuada la densidad. Los requerimientos de nutrientes en el suelo para el cultivo se optimizaron de acuerdo a análisis, tal como lo muestra el Cuadro 3.

Cuadro 3. Descripción de los Tratamientos del Ensayo de Dinámica del Potasio.

No.	Dosis de K Kg/ha	Cal ton/ha	S	Mo Kg/ha	Zn	B	Manejo del Residuo
1.	0	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
2.	42	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
3.	84	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
4.	126	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
5.	168	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
6.	210	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado
7.	0	3.7	20	0.1	4	6	Sin Residuo
8.	126	3.7	20	0.1	4	6	Sin Residuo
9.	42	3.7	20	0.1	4	6	Sin Residuo
10.	42 ¹	3.7	20	0.1	4	6	Incorporado

¹ K aplicado a cada ciclo del cultivo.

El ensayo se inició en 1987 y los resultados provienen de tres ciclos de cultivos de maíz, correspondiente a los años 1987, 1988 y 1989. El experimento constó de 10 tratamientos en los cuales varió el potasio y el manejo del residuo (Cuadro 3). Los tratamientos se dispusieron en el campo siguiendo un diseño estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de la parcela fue 9 m de ancho x 10 m de largo, con separación entre sí de 1 m y entre repetición de 1.5 m, haciendo un total de 4347 m². La parcela útil estuvo formada por los cinco surcos centrales con un área efectiva de 32 m².

El potasio se usó como KCl con 60% de K₂O y se aplicó según dosis estipuladas al inicio del ensayo en 1987 a excepción del tratamiento 10 que se aplicó a cada ciclo del cultivo. En 1987 y 1988 el K se aplicó para el tratamiento 10 en banda; en 1989 localizado a 6.3cm de la semilla y 5 cm de profundidad. En todos los tratamientos se aplicó el fósforo a razón de 66, 33 y 66 kg/ha para los años 1987, 1988 y 1989, respectivamente.

Se realizaron dos aplicaciones de calcio, una en 1987 previa al cultivo a razón de 3.7 ton/ha de CaCO₃ y la segunda en 1989 a razón de 2.0 ton/ha de Ca(OH)₂. El azufre se aplicó al voleo a razón de 20 kg/ha de S elemental antes del primer cultivo. El manganeso (Mn) y Zinc (Zn) se aplicaron en 1987, a razón de 0.1 y 4 kg/ha respectivamente, en las formas de molibdato de amonio y óxido de zinc. El boro a razón de 6.0 kg/ha de Borax (Na₂B₄O₇·10H₂O). El nitrógeno (N) se aplicó para cada cultivo fraccionado a razón de 1/3 a la siembra y 2/3, 30 días después de la siembra, totalizando 150 kg de N/ha.

Durante el primer ciclo de cultivo se realizaron muestreos de suelos a la siembra, 20 días después de la siembra y a la floración y en los años 1988 y 1989, antes y después de cada ciclo de cultivo para evaluar la dinámica del K y observar la evolución de la fertilidad del suelo. Los análisis se realizaron utilizando la solución extractora de Mehlich 1, para P, K y elementos menores y KCl IN para Ca, Mg y Al.

El residuo de cosecha en las parcelas que no lo llevan fue totalmente extraído; en las otras se incorporó con pases de arado y rastra. Durante los años 1987 y 1988 se utilizó la variedad de maíz Across 7728 y en 1989 Guararé 8128, a razón de 50,000 plantas/ha. Los datos se procesaron mediante análisis de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

A. Curvas de "Sorci6n"

En la Figura 2 se aprecia la capacidad de fijaci6n de P por el suelo; se observa que m6s del 95% del P a~adido se fij6 en el mismo. Estas curvas permiten calcular la capacidad de adsorci6n m6xima del suelo para retener fosfatos; as~ como tambi6n suministran informaci6n sobre la cantidad de fosfatos requeridos para mantener un equilibrio en la soluci6n del suelo a determinada concentraci6n de P (Fox y Kamprath, 1970).

En la Figura 3 la curva de "sorci6n" de K muestra que para un mismo nivel de K a~adido, la muestra del horizonte B presenta menos K en soluci6n que la muestra del

horizonte A. Esto indica que hay una capacidad amortiguadora para potasio mayor en el subsuelo, lo que implica que hay menos potasio en solución por unidad de potasio añadido. Para efecto de manejo esta información sugiere que debe haber mayor retención del potasio añadido en el horizonte B.

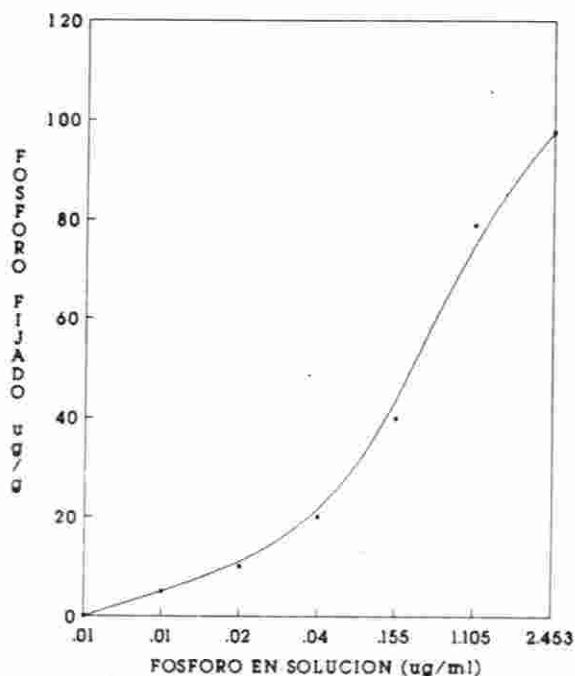


Figura 2. Curva de Fijación para Fósforo en el Suelo de Calabacito, Según Procedimiento de Fox y Kamprath, 1970.

B. Respuesta del K en 1987

En 1987 no hubo efecto significativo del K sobre los rendimientos, aunque la tendencia fue mejorar el mismo. El coeficiente de variabilidad para el rendimiento se considera alto y se atribuye principalmente

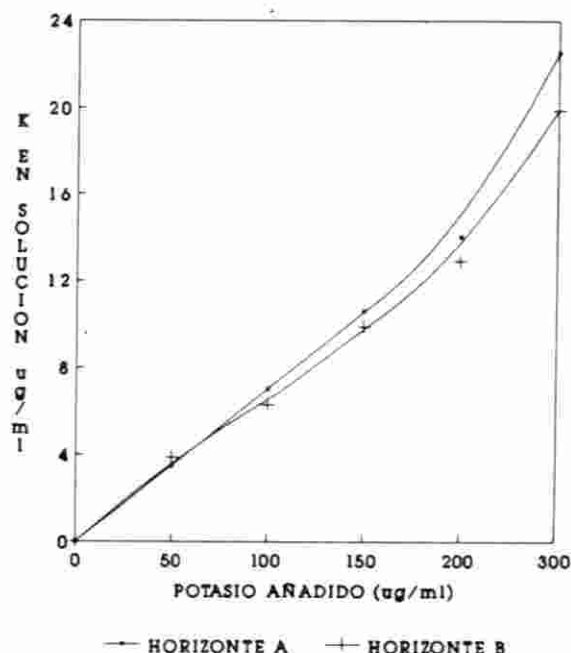


Figura 3. Curvas de Fijación para Potasio en el Suelo de Calabacito, Según Método de Uribe y Cox. Horizonte A y B.

a la acidez y no al K del suelo ni a los tratamientos.

C. Respuesta del K en 1988

En 1988 se observó una respuesta significativa a la fertilización con K, que se reflejó en el rendimiento de grano de maíz y en la producción de capullos (Cuadro 4). No se encontró diferencias en los rendimientos de grano entre ninguno de los tratamientos a los que se le incorporó el residuo. Se aprecia que en los tratamientos 210, 42 y 126 kg/ha de K más residuo, los rendimientos superaron a aquellos en los

cuales se les extrajo el residuo de cosecha. Sin embargo, el tratamiento 42 kg/ha de K aplicado anualmente no fue superado por los otros en rendimiento. La variable capullo mostró el mismo comportamiento en todos los tratamientos evaluados.

La Figura 4 muestra la relación entre el rendimiento relativo y el potasio extraíble por Mehlich 1. La ecuación generada establece una respuesta lineal al potasio hasta el nivel de 0.11 meq de K por 100 mililitros de suelo, por encima de este nivel no hay respuesta en rendimiento de grano a la aplicación de potasio.

D. Respuesta del K en 1989

En 1989, el tratamiento con dosis de 42 kg/ha de K aplicado en cada ciclo de cultivo, reflejó rendimientos superiores a los tratamientos de 0, 42 y 126 kg/ha sin residuo y a los tratamientos 0, 42 y 84 kg/ha con residuo. No hubo diferencia estadística entre los tratamientos 126, 168 y 210 kg/ha con residuo, a pesar de que tiene 400 kg más de rendimiento por hectárea, lo que refleja el efecto residual de estos últimos tratamientos (Cuadro 5).

Se encontró diferencias significativas en los rendimientos entre los tratamientos con residuos incorporados y aquellos que no

Cuadro 4. Rendimiento de Maíz en Función de Dosis de Potasio, Manejo del Residuo y Niveles de Potasio en el Suelo. Calabacito, Panamá. 1988.

Potasio Aplicado Kg/ha	Manejo del Residuo	RENDIMIENTO			Rendimiento Relativo %	Potasio Mehlich 1 meq/100 ml
		Grano	Tuza	Capullo		
0	Incorporado	1201	254	372	73	0.12
42	Incorporado	1587	396	435	97	0.12
84	Incorporado	1441	318	498	88	0.14
126	Incorporado	1377	308	420	84	0.17
168	Incorporado	1509	342	454	92	0.16
210	Incorporado	1636	308	430	100	0.21
0	Sin Residuo	752	214	293	46	0.08
126	Sin Residuo	928	235	264	57	0.11
42	Sin Residuo	903	234	298	55	0.09
42 ¹	Incorporado	1358	308	410	83	0.10
LSD .05		549	NS	107		0.04
CV (%)		30	29	19		23

¹ K aplicado a cada ciclo del cultivo.

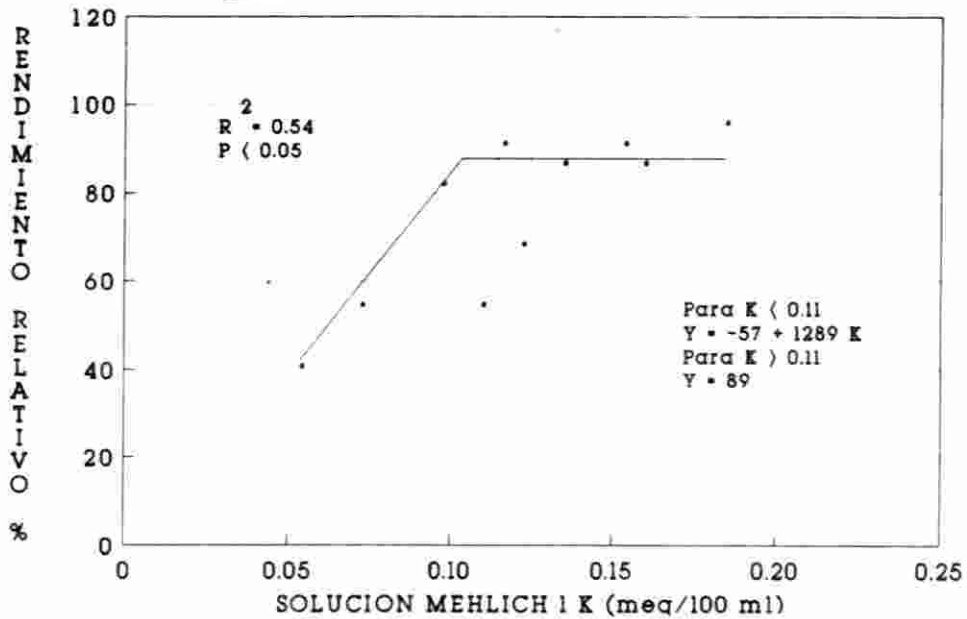


Figura 4. Curva de Rendimiento Máximo Estable con la Solución Mehlich. Calabacito, Panamá. 1988.

Cuadro 5. Rendimiento de Maíz y Densidad de Planta en Función de Dosis de Potasio y Manejo de Residuo. Calabacito, Panamá, 1989.

Dosis de Potasio Kg/ha	Manejo de Residuo	Rendimiento kg/ha			Densidad de Planta Planta/m ²
		Grano	Tuza	Capullo	
0	Incorporado	1840	459	525	3.6
42	Incorporado	2143	472	604	3.8
84	Incorporado	2017	462	549	3.8
126	Incorporado	2674	573	632	4.0
168	Incorporado	2653	577	646	3.9
210	Incorporado	2598	545	618	3.9
0	Sin Residuo	278	101	132	1.1
126	Sin Residuo	889	250	278	2.0
42	Sin Residuo	472	146	184	1.4
42 ¹	Incorporado	3059	622	656	4.0
LSD .05:		864	155	168	0.9
CV (%)		32	24	19	19

¹ Potasio aplicado a cada ciclo del cultivo. En los otros tratamientos el K se aplicó en 1987.

tenían residuos lo que permite apreciar que la incorporación de los residuos representa un importante aporte de K, al suelo reflejado en los rendimientos. Entre aquellos tratamientos que tenían residuo y el potasio aplicado al inicio del experimento, no se encontró diferencias significativas, pero se apreció un aumento en los rendimientos a medida que las dosis aumentaban. Esta respuesta se mantuvo constante, a partir de la dosis 126 kg/ha hasta los 210 kg/ha de K que representa la porción de la curva con rendimientos máximos estables. Esto sugiere que en los suelos utilizados en el estudio existe una respuesta positiva a las dosis mayores de K al tercer año de iniciada su aplicación.

E. Curva de Rendimiento Máximo Estable (1988 y 1989)

La curva de rendimiento máximo estable para el año 1988 y 1989 establece que debajo de 0.1 meq/100 gramos de suelo por Melich-1, hay una respuesta lineal a las dosis de K. El modelo matemático se expresa con la fórmula $Y = -200 + 2784 K$. Adicionalmente, esta curva indica que con más de 0.1 meq/100 g de suelo el rendimiento relativo permanece estable en un 80% (Figura 5). El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.49 con $P < 0.05$ lo que indica que la variable K explica en alto porcentaje la variabilidad de los rendimientos y el resto es atribuible principalmente al factor acidez del suelo.

Debido a que el coeficiente de determinación obtenido usando la solución de NH_4OAc fue de 0.54, se considera que esta solución extractora explica mejor la variabilidad de los rendimientos en relación a la variable K. Esto implica que la solución NH_4OAc puede usarse como solución

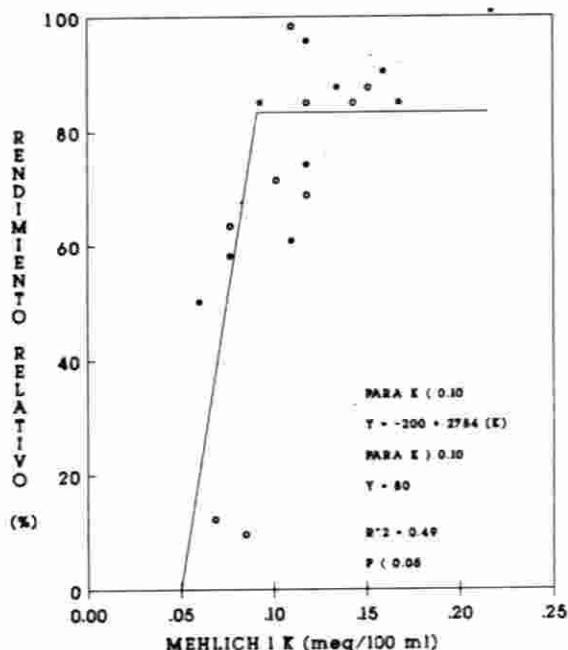


Figura 5. Curva de Rendimiento Máximo Estable con la Solución Mehlich 1. Calabacito, 1988 y 1989.

extractora de K en estos suelos, con alta confiabilidad (Figura 6).

La disminución del CV en los análisis de varianza a partir del primer año del ensayo, puede atribuirse a la reducción de la variabilidad de la acidez por el encalado y fertilización del suelo y por mejoramiento del manejo del ensayo.

En la Figura 7 se muestra que la reducción en rendimientos del año 1988 puede explicarse en base a la reducción de los niveles de P aplicados (33 kg/ha) y al efecto de la acidez. En 1989, la curva de rendimiento sobrepasa a los años 1987-1988 por efecto del encalado y la aplicación de

P en dosis de 66 kg/ha. Esto indica que el efecto residual del potasio y la respuesta a dosis crecientes del mismo se mantuvo durante estos tres años. La reducción de la variabilidad del suelo por encalado y fertilización se manifiesta mediante el mejoramiento de los rendimientos.

incorporado. Esto permite considerar que en estos suelos la incorporación del residuo debe ser parte integral del manejo de los mismos, y que el aporte de K por los residuos es significativo, ya que a las dosis mayores, sin residuo, no se encontró efecto residual del K en la producción de maíz.

En la Figura 8 se aprecia, que en los tratamientos sin incorporación de residuos ocurre una disminución constante de los rendimientos a través de los años. La extracción del residuo se inició a partir de la primera cosecha, práctica que incidió en la producción de biomasa en las próximas cosechas, en los tratamientos sin residuo

El Cuadro 6 muestra diferencias significativas en la concentración de potasio por efecto del muestreo en el tiempo. La concentración de K extraído del suelo disminuye significativamente en el muestreo posterior a la cosecha a la profundidad de 0-15 cm comparado con la concentración detectada antes de la siembra.

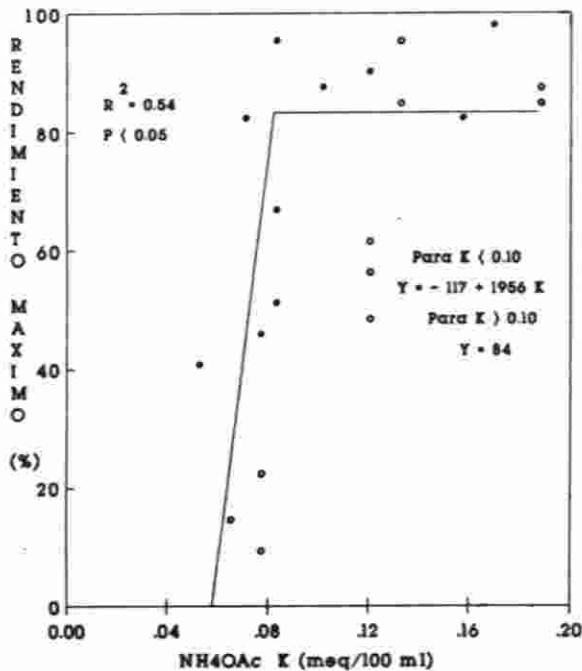


Figura 6. Curva de Rendimiento Máximo Estable con Acetato de Amonio. Calabacito, 1988 y 1989.

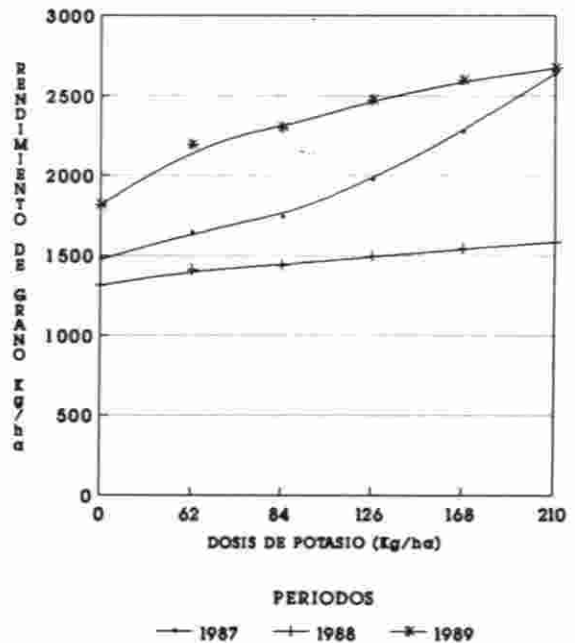


Figura 7. Respuesta a Diferentes Dosis de Potasio con Manejo de Residuo de Cosecha. Calabacito, 1988 y 1989.

Cuadro 6. Promedio de las Variables de Suelo de los Datos por Tiempo de Muestreo. Calabacito. Panamá.

Epoca de Muestreo	Profundidad (0 - 15 cm)					
	pH	Al	Ca	Mg	M1 K ¹	Sat Al
Siembra '88	4.675	2.49	3.99	0.51	0.129	41.87
Cosecha '88	4.925	2.83	3.15	0.37	0.079	51.83
Siembra '89	4.875	3.50	3.65	0.48	0.114	52.62
Cosecha '89	5.000	2.91	4.99	0.50	0.067	38.84
CV	3.00	22.3	26.59	26.39	29.67	21.65
LSD	ns	ns	ns	ns	**	**
Profundidad (15 - 30 cm)						
Siembra '88	4.75	5.12	0.79	0.16	0.05	81.9
Cosecha '88	4.79	4.58	1.21	0.18	0.04	75.6
Siembra '89	4.74	5.87	0.99	0.15	0.08	81.0
Cosecha '89	4.70	5.73	0.89	0.15	0.04	82.8
CV	2.81	12.82	35.5	31.07	22.33	5.9
LSD	ns	ns	ns	ns	**	**

* M1k - Potasio por Mehlich 1; ** Sat Al - Saturación de Aluminio.

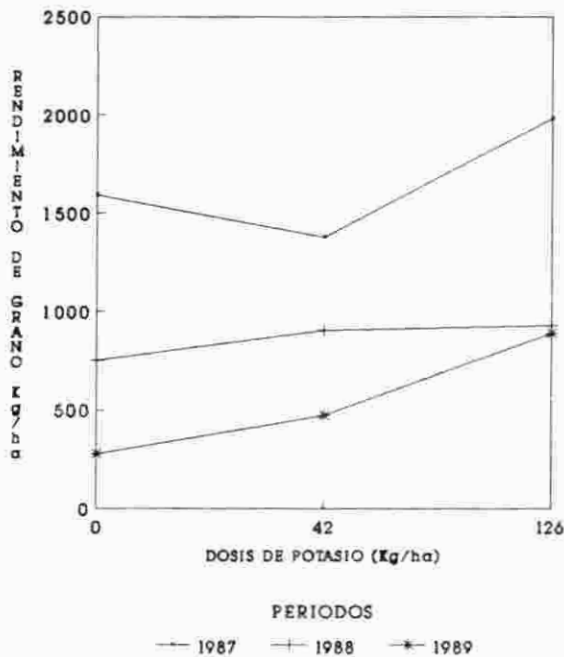


Figura 8. Respuesta a Diferentes Dosis de Potasio sin Manejo de Residuo de Cosecha. Calabacito, 1988 y 1989.

No se detectó diferencias en las concentraciones de potasio antes de la siembra y después de cosecha a la profundidad de 15-30 cm. Se puede asumir que no ocurrió lixiviación de potasio entre la profundidad de 0-15 y 15-30 en el año 1988. En general, se puede inferir que no hay efecto de la aplicación del K y Cal en las concentraciones detectadas en la profundidad dos, lo que indica que no hubo lixiviación de ningún elemento en 1988.

Para 1989 el análisis muestra diferencias significativas en la concentración de K antes de la siembra y después de la

cosecha, lo cual puede implicar que del año 1988 a 1989 hubo una pequeña lixiviación, aunque esto podría estar afectado por los procedimientos analíticos. El Cuadro 7 presenta un resumen de los rendimientos y análisis de suelos obtenidos en los tres cultivos de maíz realizados en el experimento.

CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos y la discusión se concluye lo siguiente:

1. El principal medio de aumentar la eficiencia de la fertilización con potasio, incluye las aplicaciones anuales o divididas en dosis de 42 kg/ha.
2. La incorporación de los residuos de cosecha del maíz es vital para mejorar la fertilización potásica.
3. La extracción de K por parte del cultivo es lo suficientemente grande como para que no exista efecto residual donde no se incorpora el residuo, aún a dosis de 126 kg de K/ha.
4. El cultivo de maíz responde linealmente, siempre y cuando el análisis de suelo para K extraído con Mehlich-1 sea menor de 0.1 meq/100 gramos de suelo. Sobre este valor el rendimiento permanece estable a 80 % del máximo.
5. Con las dosis de K empleadas no se detectó pérdida por lixiviación del horizonte A al B en 1988. En 1989 sólo hubo una pequeña lixiviación que incluso puede atribuirse a métodos analíticos.

Cuadro 7. Resumen de los Rendimiento de Maíz en Grano para Tres Cosecha en Función de Análisis de Suelo en un Ultisol. Calabacito. Panamá, 1987 - 1988.

Potasio Aplicado Kg/ha	Residuo	Rendimiento (kg/ha)			K Mehlich 1			K NH ₄ OAc		
		1987	1988	1989	1987	1988	1989	1987	1988	1989
0	Incorporado	1405	1201	1840	0.08	0.12	0.09	0.10	0.10	0.13
42	Incorporado	1789	1587	2143	0.09	0.12	0.11	0.10	0.10	0.13
84	Incorporado	1485	1441	2017	0.09	0.14	0.12	0.12	0.12	0.13
126	Incorporado	2163	1377	2674	0.10	0.17	0.13	0.16	0.16	0.14
168	Incorporado	2184	1509	2653	0.09	0.16	0.16	0.13	0.13	0.19
210	Incorporado	2693	1636	2598	0.18	0.21	0.15	0.17	0.17	0.19
0	Sin Residuo	1591	752	278	0.06	0.08	0.09	0.07	0.07	0.09
126	Sin Residuo	1981	928	889	0.11	0.11	0.13	0.10	0.10	0.09
42	Sin Residuo	1376	903	472	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.07
42 ¹	Incorporado	2419	1358	3059	0.10	0.10	0.11	0.09	0.09	0.14
LSD .05		ns	549	864	nd	0.04	0.05	0.06	0.06	0.04
CV (%)		50	30	32		23	28			

6. Se encontró buena correlación entre las soluciones extractoras de Mehlich-1 y NH_4OAc , para potasio en estos suelos.
7. El efecto residual del potasio en las parcelas con residuos se manifiesta al tercer ciclo del cultivo en todos los tratamientos.

RITCHEY, K.D. Potassium fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics. Cornell International Agriculture. Bulletin 37. 1979.

SANCHEZ, P.A.; SALINAS, J.G. Suelos ácidos. Estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo, 1983.

SANCHEZ, P.A.; COCHRANA, T.T. Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. IRRI, Los Baños, Philippines, 1980. pp. 107-140.

FOX, R. L.; KAMPRATH E. J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Science Society of America. Proceedings (EE.UU.) 34: 902-907. 1970.

SILVA, J.E. da; RITCHEY K.D. Acumulacao diferencial de potasio em un solo sob cerrado durante cultivos anuais. In: Congresso Brasileiro de Ciencia Do Solo. 18.1 Salvador, 1981b. Programa e Resumos, Brasil, Salvador, SBPC, 1981. p.91.

MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO. Comisión de Reforma Agraria. Reporte final sobre el catastro rural de tierras y aguas de Panamá. International Resources and Geotechnics, Inc./International Engineering Company, Inc./The Jacobs Company. vol. 1, julio 1970. 504 p.

SILVA, J. E. da; RITCHEY K.D. Adubacao potassica em solos de cerrado. In: Potassio na Agricultura Brasileira. Brasil, Instituto da Potassa & Fosfato, 1982.

NAME, B.; BATISTA, D. Encalado en suelos ácidos de Panamá con alto contenido de aluminio intercambiable. I. Finca Experimental de Calabacito. Ciencia Agropecuaria (Panamá) 2:1-13. 1979.

URIBE, E.; COX F. Soil properties affecting the availability of potassium in highly wathered soils. Soil Science Society of America (EE.UU.) 52:148-152. 1988.