

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA ROCA FOSFORICA DE CAROLINA DEL NORTE EN UN ULTISOL, EN UNA ROTACIÓN ARROZ - FRIJOL.

Benjamín Name

RESUMEN

En un suelo típico isohipertérmico plintudult de Panamá se evaluó el efecto de dosis, fuentes y formas de aplicación de la roca fosfórica de Carolina del Norte (RFCN) con el superfosfato triple (SFT) en una rotación arroz-frijol, encontrándose diferencias altamente significativas en las dosis empleadas. Se determinó como posible rango de respuestas para aplicaciones bianuales de RFCN o SFT las dosis entre 88 y 132 kg/ha de P, para el cultivo del arroz. En el caso del frijol, como segundo cultivo, se encontró que dosis mayores de 44 kg/ha de P no incrementan los rendimientos. Para aplicaciones anuales, las dosis óptimas en el cultivo del arroz fueron de 44 kg/ha. El nivel crítico para el arroz variedad P-1048 en estos suelos es del orden de 2.3 ug/ml, mientras que el nivel crítico del frijol vigna RH-209 se encontró cerca de 4.2 ug/ml.

PALABRAS CLAVES: *Oriza sativa*; *Vigna unguiculata*; rotación de cultivos; fosfato mineral; Panamá.

AGRONOMIC EVALUATION OF THE NORTH CAROLINE PHOSPHORIC ROCK IN A ULTISOL, IN A RICE-BEEN ROTATION CROP

In a typical isohyperthermic plintudult soil of Panama was evaluated the effect of doses, source and forms of application of the North Carolina Phosphoric Rock (NCPR) and Triple Super Phosphate (TSP) on a rice-been rotation crop. Highly significant differences were detected on evaluated doses. It was determined as possible response range biannual applications of NCPR or TSP at doses of 88 and 132 kg/ha of P for rice crop. In been as second crop, it was found that doses higher than 44 kg/ha of P do not increase yields. For yearling applications, optimum doses in rice was 44 kg/ha. The critical level of P-1048 rice variety in this soil is 2.3 ug/ml, while in vigna RH-209 been variety was 4.2 ug/ml.

¹ Ing. Agrónomo, M.Sc. Edafología. Investigador. IDIAP, Centro de Investigación Agropecuaria Central.

INTRODUCCIÓN

Se estima que los suelos ácidos e infértiles de Panamá ocupan una superficie que sobrepasa el 40% del Territorio Nacional (Comisión de Reforma Agraria, 1970). A nivel del trópico latinoamericano, los ultisoles se encuentran en más del 29% de la superficie (320 millones de hectáreas) y se caracterizan por ser deficientes en macro y micro elementos y, algunas veces, por toxicidad de aluminio (Sánchez y Salinas, 1983). Sánchez y Cochrane (1980) estimaron que más del 96% de los suelos ácidos presentan deficiencias en fósforo (P).

Name y colaboradores (1979, 1987) encontraron respuesta al P en los ultisoles de Panamá. Josty, en 1977, determinó que existía una máxima capacidad de absorción por unidad de maíz con el P aplicado al voleo. Otros autores indicaron que en suelo arcilloso no hubo diferencia significativa entre la aplicación de P en banda y al voleo, si se utilizan las mismas cantidades de P en la producción acumulada de 10 cosechas (EMBRAPA, 1981).

Para utilizar los suelos ácidos con las restricciones químicas que presentan, en la agricultura moderna se hace necesario introducir el uso de enmiendas como la cal y fertilizantes fosforados.

La roca fosfórica (RF) es una fuente de fósforo barata, de baja solubilidad en agua, pero soluble en citrato de amonio, ácido cítrico y ácido fórmico.

En Brasil, Smyth y Sánchez (1980a) señalaron que aplicaciones directas de roca fosfórica al suelo (ultisol), bajo ciertas condiciones, es una alternativa para reducir los altos costos por los grandes requerimientos iniciales de fertilizantes fosforados de cosechas anuales en suelos que fijan altas cantidades de fósforo.

En Costa Rica, Ramírez (1980) demostró, en invernadero, la alta efectividad agronómica relativa de varias rocas fosfóricas en suelos ácidos, al comparlas con el superfosfato triple (TSF). Fenster y León (1978) consideraron que los suelos altamente ácidos y con deficiencias de P, típicos de la mayoría de las tierras que han sufrido procesos de prolongada meteorización, son los más necesitados de enmiendas fosfóricas y los que presentan mejores condiciones para la solubilización de la RF y un buen potencial para su uso agronómico en cultivos perennes.

El presente trabajo tuvo como objetivos: Evaluar en un período corto (dos años) la efectividad de la roca fosfórica de Carolina del Norte como una fuente alterna de fósforo de bajo costo, que permita otra

alternativa en suelos ultisoles. Además, evaluar las diferencias entre métodos de aplicación con las diferentes fuentes utilizadas y su efectividad agronómica en una rotación de cultivos arroz-frijol.

MATERIALES Y METODOS

Localización, Precipitación y Suelo

El área experimental se encuentra localizada en la Estación Experimental de Calabacito, a los 8° 15' de latitud Norte y 81° 5' de longitud Oeste, a 100 msnm, con precipitación y temperatura promedio anual de 2500 mm y 27 °C, respectivamente. El sitio experimental seleccionado no había sido cultivado en los últimos 20 años y predominaba una mezcla de pastos (*Andropogon bicornis* e *Hyparrhenia rufa*).

El suelo es un típico Plincludult, fino, mezclado, isohipertérmico. Es profundo, ácido, de estructura en bloques subangulares, baja capacidad de intercambio

catiónico (14 cmol(+)/kg promedio del perfil). El contenido de bases cambiables es muy bajo, ya que en el horizonte Ap ocupa sólo el 32% de la capacidad de intercambio catiónico (CIC), determinada por suma de cationes, mientras que en los horizontes más profundos oscila entre 1 y 6%. El resto de la CIC es ocupada mayormente por la acidez extraíble. En la fracción arcilla domina la caolinita y aparecen en pequeñas cantidades vermiculita, goetita y gibsita. Esto explica la baja CIC del suelo y el estado avanzado de intemperismo que ha sufrido (Cuadro 1).

Diseño de Tratamiento

El experimento constó de 19 tratamientos, utilizándose dos fuentes de P, RFCN (0-30.5-0) y SFT (0-46-0); dos métodos de aplicación, voleo y banda, cuatro dosis de P (0, 44, 88, y 132 kilogramos de P por hectárea) con rotaciones anuales de arroz - vigna (*Oriza sativa* y *Vigna unguiculata*) (Cuadro 2).

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO DE CALABACITO.

Horiz	Org. %	pH		Bases Cambiables				Suma De Bases	Acidez	Al	CIC	Sat. Base
		NaF	H ₂ O	Ca	Mg	K	cmol(+)/kg					
Ap	1.67	4.4	4.8	5.1	0.4	0.2	5.7	12.2	0.6	17.9	32	
Bt1	0.96	3.8	4.8	0.8	0.1	-	0.9	14.8	4.4	15.7	6	
Bt2	0.63	3.9	5.1	0.2	tr	-	0.2	12.8	4.0	13.0	2	
Bt3	0.34	3.9	5.2	0.5	tr	-	0.5	12.1	3.6	12.6	4	
Br1	0.24	3.8	5.1	0.1	tr	-	0.1	12.5	4.3	12.6	1	
Br2	0.17	3.8	5.1	0.2	tr	-	0.2	13.6	5.3	13.8	1	

CUADRO 2. DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS, DOSIS, FUENTES Y FORMAS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO.

Tratamiento	Fuente de P	Forma de Aplicación	1er año		2do año	
			Arroz kg P/ha	Frijol kg P/ha	Arroz kg P/ha	Frijol kg P/ha
1			0	0	0	0
2	RFCN	voleo	44	0	0	0
3		"	44	0	44	0
4		"	88	0	0	0
5		"	88	0	88	0
6		"	132	0	0	0
7		"	132	0	132	0
8		banda	44	0	44	0
9		"	88	0	88	0
10		"	132	0	132	0
11	SFT	voleo	44	0	0	0
12		"	44	0	44	0
13		"	88	0	0	0
14		"	880	0	88	0
15		"	132	0	0	0
16		"	132	0	132	0
17		banda	44	0	44	0
18		"	88	0	88	0
19		"	132	0	132	0

RFCN = Roca fosfórica de Carolina del Norte

SFT = Super Fosfato Triple

Durante el primer año, los tratamientos se plantean por duplicado para cada dosis y fuente de P aplicado al voleo.

Durante el segundo año, el P se aplica una vez más en la mitad de los tratamientos al voleo y la otra mitad se utiliza para medir el valor residual de las fuentes.

El P en banda se aplicó anualmente, a la primera siembra de la rotación arroz-frijol vigna, como se describe en el cuadro de tratamientos.

Se utilizó un diseño factorial dispuesto en bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

Manejo del Ensayo

En la rotación anual, el arroz fue el primer cultivo utilizado. Se sembró a una densidad de 136 kg/ha de la variedad P-1048. Se utilizaron parcelas de 2.5 m de ancho por 5 m de largo (12.5 m²).

Para el arroz se utilizaron 16 surcos de 5 m de largo con una separación entre surcos de 30 cm. Para el frijol vigna, se sembraron 10 surcos de 5 m de largo separados 50 cm entre surcos, con una densidad de siembra de 240,000 plantas por hectárea.

En el caso del arroz, se cosecharon 14 surcos centrales, eliminando 50 cm a cada lado de los surcos, para un área útil de 6 m². Para el frijol, se cosecha-

ron los surcos centrales dejando un área útil de 7.5 m².

El cultivo del arroz se fertilizó con 120 kg N/ha utilizando como fuente urea (46% N), con aplicaciones, 1/3 al momento de la siembra, 1/3 al inicio de la macolla (20 - 25 días después de germinado) y 1/3 al inicio de la floración.

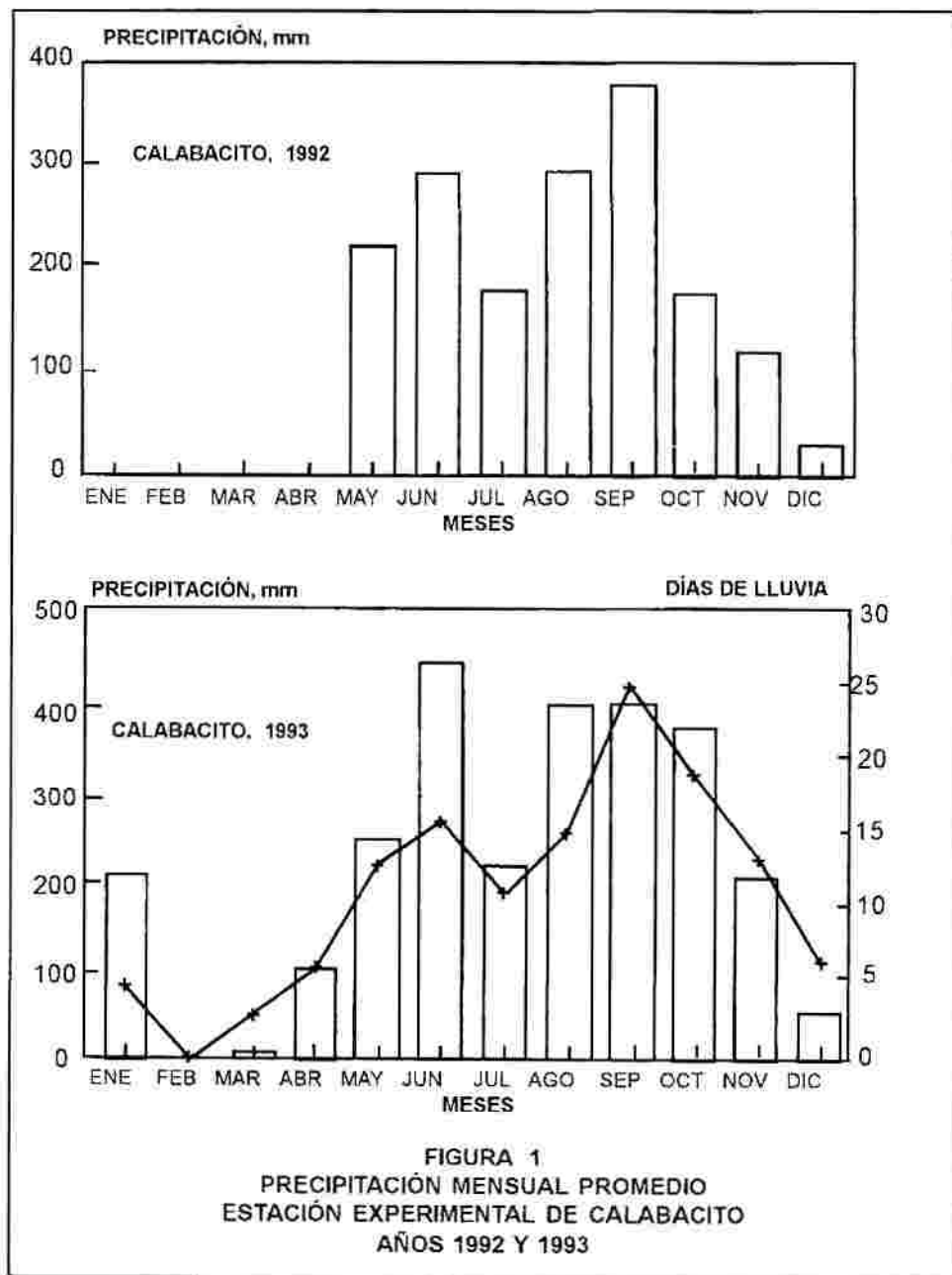
Igualmente, se aplicó al momento de la siembra, 42 kg/ha de potasio (K). Como fuente de K se utilizó el sulfato de potasio y magnesio (KMgSO₄) y cloruro de potasio (KCl). De esta manera, se satisface el requerimiento de K, Mg y S. Al momento de la primera siembra también se aplicó 8 kg/ha de Zn, como óxido de zinc; 20 kg/ha de S, como sulfato de K y Mg; Mo a razón de 100 g/ha como molibdato de amonio y 6 kg/ha de Boro como bórax.

El frijol vigna se fertilizó con 20 kg/ha de N aplicado a la siembra exclusivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación

Durante todo el ciclo de los dos cultivos de arroz se presentó buena humedad en el suelo. La Figura 1 muestra la distribución mensual en la cual se observan precipitaciones mensuales mayores de 150 mm entre los meses de



mayo y noviembre para los años 1992 y 1993, época en que se ubicó el cultivo del arroz y que coincidió con parte del ciclo del cultivo del frijol.

Rendimiento

El análisis de los datos de 1992 para rendimiento de grano del primer cultivo

de arroz indica que no existen diferencias significativas entre las fuentes de P usadas (RFCN y SFT), ni entre los métodos de aplicación, banda versus voleo. Sin embargo, el rendimiento de grano de arroz y biomasa se incrementa significativamente con el uso de P, aumentando de 4.0 t/ha y 9.1 t/ha, sin fertilizar, a 6.2 t/ha y 12.4 t/ha utilizando 44 kg de P/ha (Cuadro 3).

CUADRO 3. RENDIMIENTO DE GRANO Y BIOMASA DE ARROZ. EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE LA RFCN EN UN SUELO TÍPICO ISOHIPERTÉRMICO PLINTUDULT EN CALABACITO, PANAMÁ, 1992.

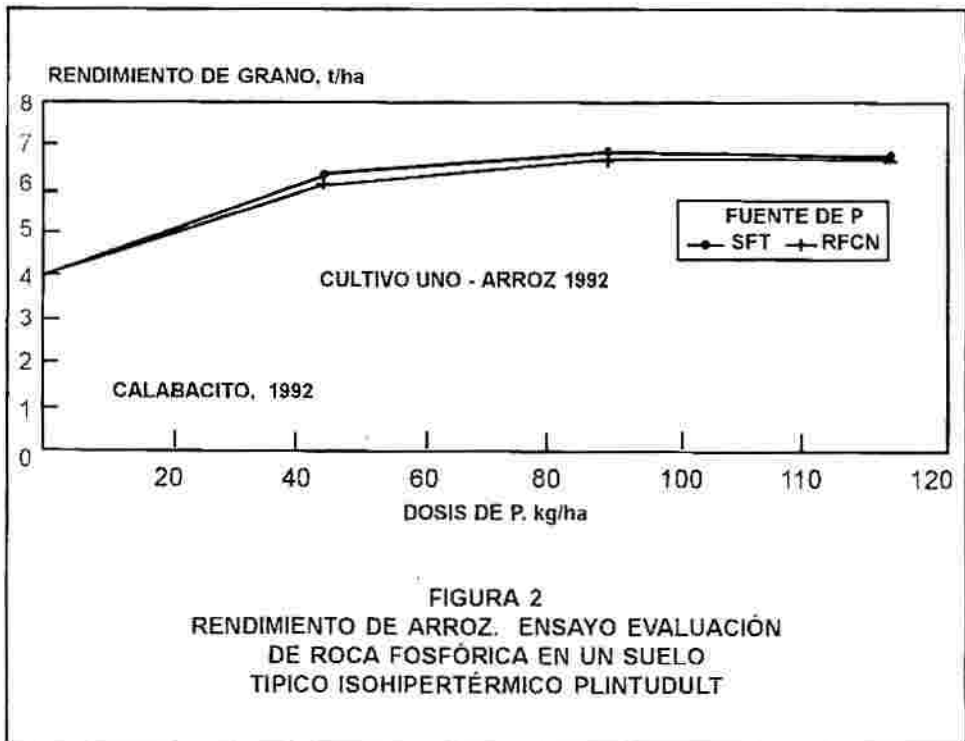
MÉTODO DE APLICACIÓN					
VOLEO			BANDA		
Fuente de P	Dosis P ¹ kg/ha	Grano t/ha	Biomasa t/ha	Grano t/ha	Biomasa t/ha
TSP	0	4.0 b ¹	9.1 b	4.0 b	9.1 b
	44	6.3 a	12.8 a	6.3 a	11.8 a
	88	6.8 a	13.2 a	6.4 a	12.4 a
	132	6.5 a	13.5 a	6.8 a	13.5 a
	Media	5.9	12.2	5.8	11.7
RFCN	0	4.0 b	9.1 b	4.0 b	9.1 b
	44	6.1 a	11.9 a	6.1 a	9.9 a
	88	6.7 a	13.7 a	6.9 a	12.2 a
	132	6.7 a	13.5 a	5.9 a	10.7 a
	Media	5.9	12.1	5.7	10.6
Medias aplicación	Medias de dosis		Medias de dosis		
	0	4.0b	9.1b	4.0 b	9.1 b
	44	6.2a	12.4a	6.2 a	10.9 a
	88	6.8a	13.4a	6.7 a	12.3 a
	132	6.6a	13.5a	6.4 a	12.1 a

Medias con la misma letra no difieren significativamente.

La misma tendencia se observó con cualesquiera de las fuentes usadas o el método de aplicación empleado. La respuesta a la aplicación de P parece

seguir un modelo cuadrático como lo sugiere la Figura 2. Estos rendimientos son altos, inclusive para el testigo, por lo que se deduce que la precipitación y distribución de la lluvia durante el ciclo del cultivo fue adecuado (Figura 1).

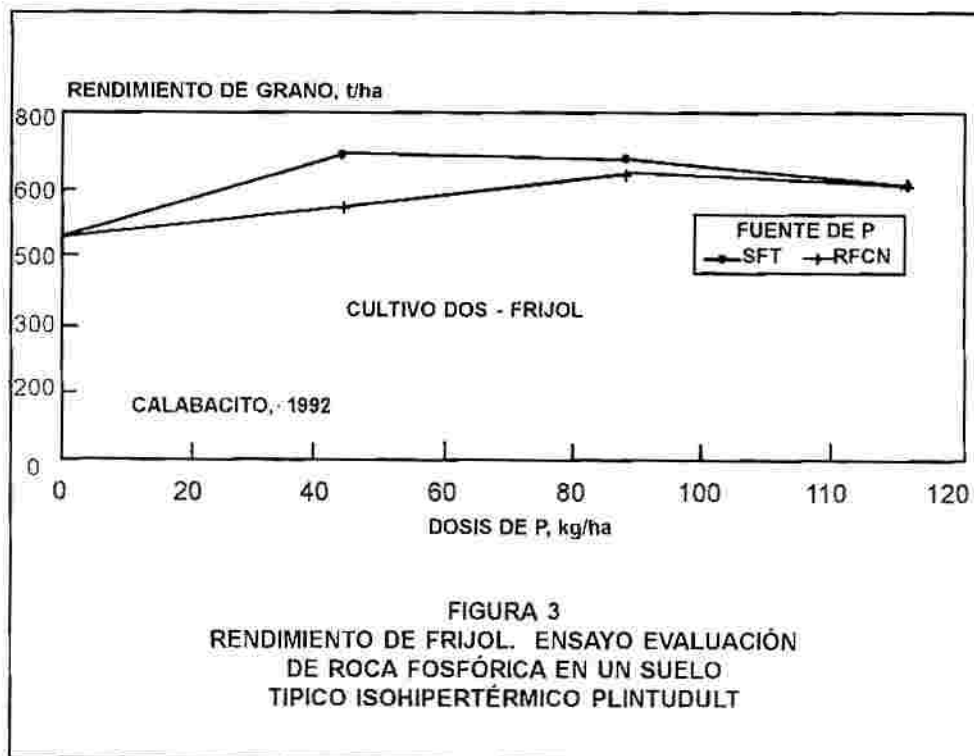
Los resultados de rendimiento de grano y biomasa del segundo cultivo, frijol Vigna, indican los mismos resultados del primer cultivo de arroz. No hubo diferencias significativas entre fuentes de P y método de aplicación, aunque el efecto del P aplicado al primer cultivo de arroz fue altamente significativo. Las dosis de 44 y 88 kg P/ha mostraron los rendimientos más altos, 0.40 y 0.43 t/ha, respectivamente (Cuadro 4, Figura 3). Los rendimientos fueron relativamente bajos, debido a la poca precipitación observada



CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO Y BIOMASA DE VIGNA DE ACUERDO A MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO EN UN SUELO TÍPICO ISOHIPERTÉRMICO PLINTUDULT EN CALABACITO, PANAMA, 1992 - 1993.

MÉTODO DE APLICACIÓN					
VOLEO				BANDA	
Fuente P	Dosis P	Grano	Biomasa	Grano	Biomasa
kg/ha		t/ha			
TSP	0	0.39 b	2.8	0.33	2.8
	44	0.44 a	3.2	0.37	2.8
	88	0.44 a	2.7	0.39	3.3
	132	0.39 b	2.8	0.31	2.8
	Media	0.40	2.9	0.35	2.9
RFCN	0	0.33 b	2.8	0.33	2.8
	44	0.36 a	2.6	0.39	2.8
	88	0.41 a	3.4	0.45	3.5
	132	0.39 a	2.9	0.26	2.1
	Media	0.33	2.9	0.36	2.8
Medias aplicación		Medias de dosis			
	0	0.33 b	2.8	0.33 b	2.8
	44	0.40 a	2.9	0.39 a	2.8
	88	0.43 a	3.0	0.38 a	3.4
	132	0.39 a	2.9	0.30 b	2.4

* Medias con la misma letra no difieren estadísticamente



durante el ciclo del cultivo (octubre a enero).

Los resultados del tercer cultivo de arroz (junio - octubre de 1993) y del cuarto cultivo de vigna (octubre 1993 - enero 1994) se presentan en el Cuadro 5 y la Figura 4. No se encontró diferencia significativa ni para fuentes de P (RFCN vs SFT), ni entre los métodos de aplicación, sobre el rendi-

miento de grano del arroz y vigna (Cuadros 5 y 6).

Para ambos cultivos, el efecto de dosis fue altamente significativo, al comparar el testigo con los tratamientos en que se aplicó P anualmente. Los mayores rendimientos para el cultivo de arroz se alcanzaron con las dosis de 44 y 88 kg de P/ha/año (Cuadro 5 y Figura 5), 6.71 y

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO DE ARROZ Y VIGNA EN 1993 PARA EL ENSAYO EN ARREGLO FACTORIAL DE FUENTES, DOSIS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN DE FÓSFORO. CALABACITO, PANAMÁ.

P aplicado kg/ha	Método	Fuente P	Rendimiento t/ha	
			Arroz	Vigna
0	-	-	3.96	0.71
44-1 A	Voleo	RFCN	3.79	0.69
44-2 A			6.52	1.18
88-1 A			5.81	1.10
88-2 A			6.24	1.21
132-1 A			6.30	1.18
132-2 A			6.08	1.37
Media			5.53	5.01
44-2 A	Banda	RFCN	6.26	1.02
88-2 A			6.91	1.14
132-2 A			5.88	0.92
Media			6.35	1.02
44-1 A	Voleo	TSP	4.61	0.82
44-2 A			7.65	1.34
88-1 A			5.33	1.06
88-2 A			6.72	1.14
132-1 A			5.96	1.02
132-2 A			6.55	1.49
Media			6.14	1.14
44-2 A	Banda	TSP	6.40	0.91
88-2 A			7.30	1.37
132-2 A			6.67	1.18
Media			6.79	1.15
Medias de Dosis				
0			3.96	0.71
44-1 A			4.20	0.71
44-2 A			6.71	1.10
88-1 A			5.57	1.08
88-2 A			6.79	1.21
132-1 A			6.14	1.09
132-2 A			6.30	1.24

1A = Una aplicación de P al momento de la siembra del primer cultivo de arroz en junio de 1992.
2A = Dos aplicaciones de P, una a la siembra del primer cultivo de arroz en 1992 y la otra en la siembra de 1993.

6.79 t/ha, respectivamente contra 3.96 t/ha del testigo, sin aplicación de P (media de dosis). Para el frijol vigna, se obtuvo 1.10 y 1.21 t/ha con 44 y 88 kg P/ha vs 0.71 t/ha del testigo sin aplicación de P.

Los contrastes ortogonales para comparar si hay efecto residual con respecto al número de aplicación de P al voleo se presentan en el Cuadro 6.

Para el caso del arroz, al evaluar el rendimiento de grano del ciclo de 1993, comparando el efecto residual de la aplicación de 44 kg de P/ha como roca fosfórica (RFCN), aplicado al primer cultivo de arroz en 1992, contra dos aplicaciones (P al voleo 1992 y 1993), los efectos fueron altamente significativos al 1% de probabilidad. Los rendimientos de una sola aplicación fueron similares al testigo, 3.79 t/ha contra 6.52 t/ha, o sea, 72 % más alto al aplicar, cada año, al cultivo de arroz, 44 kg de P/ha. El mismo efecto se encontró al comparar la dosis de 88.0 kg de P/ha aplicada una vez versus dos aplicaciones. Sin embargo, el incremento en rendimiento, aunque significativo, fue de 7% solamente.

Estos resultados indican que un posible rango de respuesta al hacer una sola aplicación bianual de RFCN para el cultivo del arroz puede estar entre 88 y 132 kg de P/ha. Para el cultivo de vigna, sólo se detectó diferencias significati-

vas entre aplicar una versus dos veces la dosis de 44 kg/ha, incrementando los rendimientos de vigna en un 71%, con respecto a usar una sola aplicación. Estos resultados sugieren que dosis mayores de 88 kg/ha aplicados al voleo, no incrementan los rendimientos de vigna como segundo cultivo después de la siembra de arroz. La misma tendencia y el mismo efecto significativo fue encontrado al analizar el efecto del SFT aplicado al voleo.

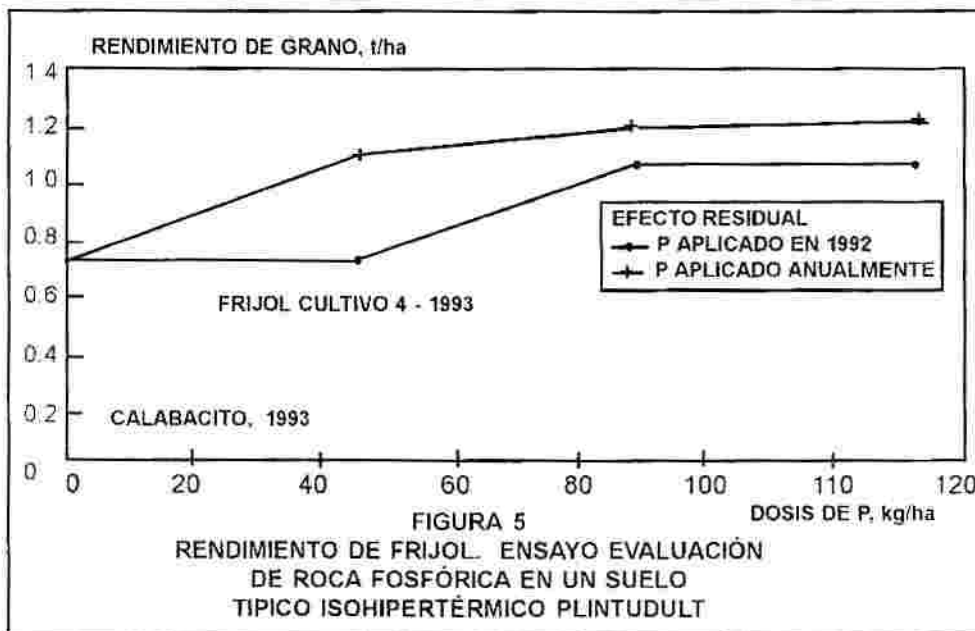
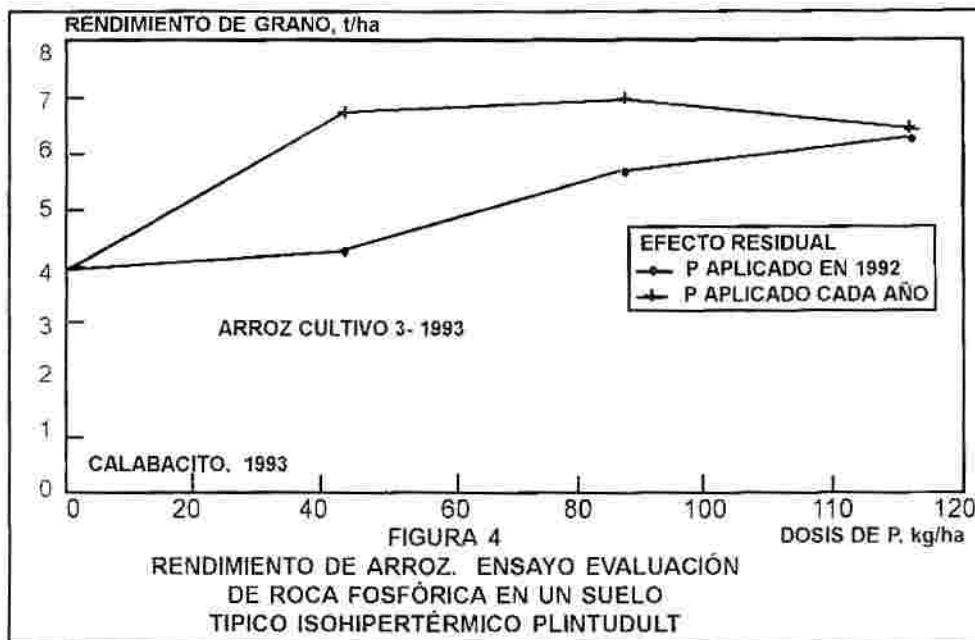
Niveles Críticos y Análisis de Suelo

Se obtuvieron los rendimientos relativos del arroz y frijol del ciclo 1993-1994 y el análisis de suelo para P por Melich 1 de las muestras de suelo a cosecha, para cada parcela, incluyendo todas las variables consideradas en el estudio (fuentes, dosis, método de aplicación) (Cuadro 7).

Se determinó que el nivel crítico de P para el cultivo de arroz variedad P-1048 se encontraba en 2.3 ug/kg (Figura 6) corroborando el nivel obtenido en 1992 que fue de 2.3 mg/kg. Para el frijol, el nivel crítico determinado fue de 4.2 mg/kg para lograr el 80% del rendimiento máximo (Figura 7).

Análisis económico

El análisis económico realizado por optimización de derivadas parciales del



CUADRO 6. VALORES DE F PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA RENDIMIENTO DE GRANO EN ARROZ Y VIGNA. CALABACITO, 1993.

ANOVA	VALORES DE F	
	ARROZ	VIGNA
FUENTE DE VARIACIÓN		
Fuente de fósforo (F)	3.10 ns	1.30 ns
Método de aplicación (M)	0.05 ns	6.48 ns
Dosis de fósforo 0 Vs aplicación de P	25.74*	8.98 **
Contrastes Roca Fosfórica al Voleo Efecto Residual		
44 (una aplicación) Vs 44 (dos aplicaciones)	39.83*	17.06**
88 (una aplicación) Vs 88 (dos aplicaciones)	3.93**	0.52 ns
132 (una aplicación) Vs 132 (dos aplicaciones)	1.16 ns	0.12 ns
Superfosfato Triple al Voleo Efecto Residual		
44 (una aplicación) Vs 44 (dos aplicaciones)	22.13*	7.64*
88 (una aplicación) Vs 88 (dos aplicaciones)	4.59**	0.20 ns
132 (una aplicación) Vs 132 (dos aplicaciones)	0.84 ns	6.13*

* Significativo al 1% de probabilidad; ** Significativo al 5% de probabilidad;
ns = No significativo

modelo cuadrático presentó como el óptimo físico la dosis de 45.88 kg/ha según la siguiente ecuación:

$$Y = 4118.19 + 35.9269P - 0.3915P^2$$

$$dY/dP = 0 + 35.9269 - 2(0.3915)P = 0$$

$$P = 35.9269/2(0.3915)$$

$$P = 45.88 \text{ kg/ha}$$

El óptimo económico se determinó con el mismo método utilizando el precio de venta del arroz en

CUADRO 7. RENDIMIENTO RELATIVO Y ANÁLISIS DE SUELO PARA EL ARROZ Y FRIJOL EN 1993. ENSAYO DE ARREGLO FACTORIAL DE FUENTES, DOSIS, MÉTODOS DE APLICACIÓN DE P. CALABACITO, PANAMÁ.

P aplicado	Método	Fuente	Rendimiento relativo %		Análisis de P ug/ml
			Arroz	Frijol	
0	Voleo	RFCN	52	48	1.8
44-1 A			50	40	1.8
44-2 A			85	79	3.9
88-1 A			73	72	1.9
88-2 A			82	81	18.4
132-1 A			82	78	3.2
132-2 A			80	92	42.9
	Banda	RFCN			
44-2 A			82	68	3.9
88-2 A			90	77	36.4
132-2 A			77	62	20.6
	Voleo	SFT			
44-1 A			60	55	1.7
44-2 A			100	90	3.4
88-1 A			70	71	1.9
88-2 A			88	77	8.6
132-1 A			78	68	2.8
132-2 A			86	100	23.9
	Banda				
44-2 A			84	61	2.1
88-2 A			95	92	2.9
132-2 A			87	79	15.6

1A = Una aplicación de P al momento de la siembra del primer cultivo de arroz en junio de 1992.

2A = Dos aplicaciones de P, una a la siembra del primer cultivo de arroz y la otra en la siembra de 1993.

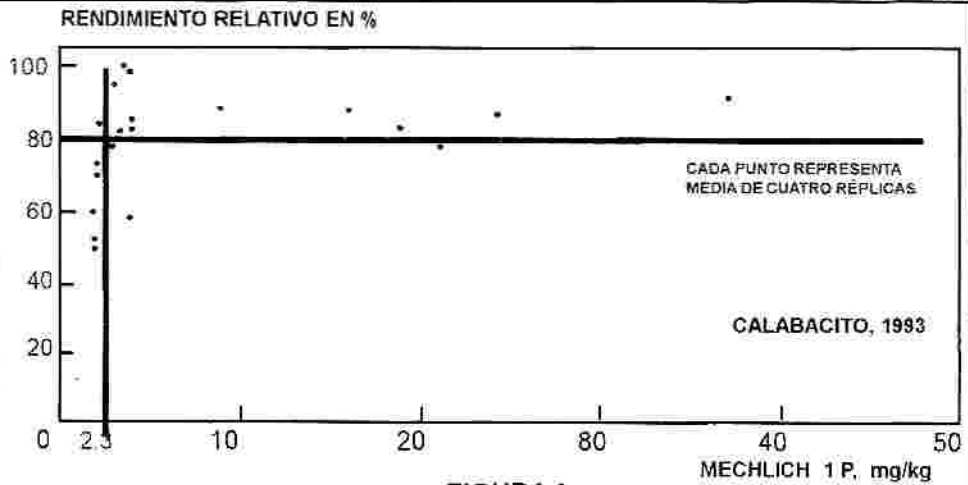


FIGURA 6
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DEL ARROZ Y EL ANÁLISIS DE P POR MEHLICH 1.

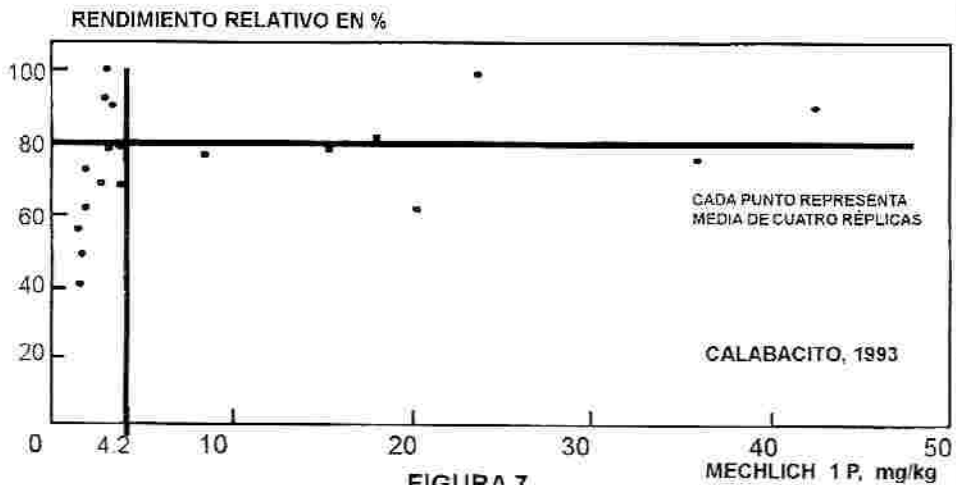


FIGURA 7
DIAGRAMA DE DISPERSIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO RELATIVO DE FRIJOL Y EL ANÁLISIS DE P POR MEHLICH 1.

B/. 0.275 por kilogramo y de B/.0.619 por kilogramo de P aplicado, y se encontró en 43 kg de P por hectárea. Para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} dY/dP &= \text{Precio P/Precio de arroz} \\ &= 0.619/0.275 = 2.2509 \\ 2.2509 &= 35.9269 - 2(0.3915)P \\ 33.676 &= 0.783P \end{aligned}$$

$$P = 33.676/0.783 = 43 \text{ kg/ha}$$

(Dosis óptima económica)

CONCLUSIONES

- ◆ No se encontró diferencias en el rendimiento entre las fuentes de P utilizadas, SFT y RFCN.
- ◆ No se encontró diferencias en los métodos de aplicación voleo vs banda.
- ◆ Hubo efecto significativo de las dosis en el rendimiento para los cultivos, en los dos años del ensayo.
- ◆ Para el arroz, al comparar los contrastes ortogonales, para determinar el efecto residual de las aplicaciones anuales, se encontró que sólo a partir de 132 kg/ha de P no se detectó diferencias significativas, indicando que un posible rango de respuestas para la RFCN debe estar entre 88 y 132 kg/ ha de P para una sola aplicación bianual.

◆ Con las aplicaciones anuales de 46 kg de P/ha se logró el rendimiento óptimo físico y con 43 kilogramos, el rendimiento óptimo económico en el cultivo del arroz.

◆ Las características ortogonales, en el caso de Vigna, son significativos solamente al comparar una aplicación vs dos aplicaciones de 44 kg de P/ ha, sugiriendo que dosis mayores no incrementan los rendimientos del frijol como segundo cultivo, por lo que tienen efecto residual las dosis mayores.

BIBLIOGRAFÍA

- BRENES, L. E. 1992. Solubilización inicial de la Roca Fosfórica en ultisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* (1): 1-11
- COMISIÓN DE REFORMA AGRARIA. 1970. Informe de Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá. Panamá. Vol. I, II y III. 300 p.
- FENSTER, W.; LEÓN, L. 1978. Utilization of phosphate rock in tropical soils of Latin America. *In* Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. Haifa, Israel, IFDC, March 20 - 23, 1978. pp. 174-211.
- LÓPEZ, I. DE R.; NIEVES, L. 1993. Efecto de los niveles de fósforo y calcio disponibles, capacidad

- de adsorción de fósforo y pH del suelo sobre la reactividad de la Roca Fosfórica en cinco suelos ácidos de Venezuela. *Agronomía Tropical* 43 (1-2): 59-75.
- NAME, B.; BATISTA, D. 1979. Encalado en suelos ácidos de Panamá con alto contenido de aluminio intercambiable. Finca Experimental de Calabacito. *Ciencia Agropecuaria (Panamá)* 2:
- NAME, B.; CORDERO, A.; BERNAL, J. 1987. Alternativas para uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. Compendio de los Resultados de Investigaciones presentados en la Jornada Científica, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Región Central. 23 p.
- RAMÍREZ, G. 1980. Uso de rocas fosfóricas como fuente de fósforo en algunos suelos ácidos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 4(1): 33-39.
- ROBINSON, J.S.; SYERS, J.K.; BOLAN, N.S. 1992. Importance of proton supply and calcium-sink size in the dissolution of phosphate rock materials of different reactivity in soil. *Journal of Soil Science* 43: 447-459.
- SÁNCHEZ, P.A.; COCHRANE, T.T. 1980. *En: Priorities for alleviating Soil-related constraints to Food Production in the Tropics*. IRRI, Los Baños, Philippines. pp. 107-140.
- SÁNCHEZ, P.A.; SALINAS, J. G. 1983. Suelos ácidos, estrategias para su manejo con bajos insumos en América Tropical. (Ed.) Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 93 p.
- SMYTH, T.J.; SÁNCHEZ, P.A. 1980a. *Soil Science Society American Journal* 44: 500-505.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. 1990. Phosphorus management for continuous Corn - Cowpea production in a Brazilian Amazon Oxisol. *Agronomy Journal* 82: 305-309.
- SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S. 1990. Critical Phosphorus levels in an Amazon oxisol. *Agronomy Journal* 82: 309-312.
- YOST, R.S. 1977. Effect of rate and placement on availability and residual value of P in an oxisol of Central Brazil. Ph.D. Dis. N.C. State University.

YOST, R. S.; KAMPRATH, E. J.;
NADERMAN, G. C.; LOBATO,
D.E. 1981. Residual effects of
phosphorus applications on a
high phosphorus adsorbing
oxisol of Central Brazil. Soil Sci.
Soc. Am. J. 45: 540-543.

WAUGH, D.L.; CATE, B.R.; NELSON,
A.L. 1973. Modelos discontinuos
para una rápida correlación, in-
terpretación, y utilización de los
datos de análisis de suelos y las
respuestas a los fertilizantes.
North Carolina State University.