

Evaluación de Roca Fosfórica Natural y Compactada en Diversos Sistemas Suelo-planta en Venezuela.*

(*Evaluation of natural and compacted phosphate rock in some soil-plant systems in Venezuela*).

Pedro R. Solórzano P.

Gerente Fundación ALC. Apartado 144- Barquisimeto, Lara, Venezuela. Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, U.C.V. Maracay, Venezuela.

* Trabajo financiado por el Convenio Texasgulf- U.C.V. 1 .991.

RESUMEN

Buscando alternativas para disminuir los costos de la fertilización fosfatada en cultivos anuales en el país, se evaluaron las Rocas Fosfóricas de Carolina del Norte y de Monte Fresco en forma natural y compactadas, y Roca Fosfórica de Navay en forma natural, en comparación con la respuesta que ofrecen el sorgo granífero (*Sorghum bicolor*) y la soya (*Glycine max.*) cuando se aplica superfosfato triple (ST). Se realizaron ensayos de campo durante la época de lluvias de 1.991, en localidades de 108 Estados Guárico y Anzoátegui, con suelos ácidos y pobres en P aprovechable para las plantas. Los mayores rendimientos se obtuvieron con las aplicaciones de ST, aunque en el sorgo granífero la respuesta a la aplicación de Roca Carolina del Norte (RCN) es alrededor de 90% del máximo y puede ser utilizada como un sustituto de la fuente de P soluble. También en sorgo granífero, las rocas compactadas produjeron rendimientos relativos superiores a 80% indicando su potencial agronómico, mientras que RMF y RN finamente molidas tienen una efectividad máxima de 52%, lo que indica que su uso no es recomendable con este cultivo. Con la soya, la efectividad de todas las rocas fosfóricas es inferior que con el sorgo granífero, y la RCN junto con RMF compactada tienen un efecto mediano con rendimientos relativos entre 70-85%. Las rocas nacionales finamente molidas son de muy baja efectividad en promover la producción de granos en el cultivo de la soya. Todas las fuentes utilizadas incrementaron los niveles de P aprovechable del suelo medidos después de la cosecha, aunque este efecto es más importante cuando se aplica ST y RCN natural o compactada.

Palabras claves: *Sorghum bicolor*, *Glycine max.* roca fosfórica, fertilización, Venezuela.

ABSTRACT

Looking for alternatives to reduce P-fertilization costs for annual crops in Venezuela, North Carolina Phosphate Rock natural (NCRPR) and compacted, Monte Fresco Phosphate Rock (MFPR) finely ground and compacted, and Navay Phosphate Rock (NPR) finely ground were evaluated using grain sorghum (*Sorghum bicolor*) and soybean (*Glycine max*) and compared to triple superphosphate (TS) application. Field trials were carried out during the rainy season in 1991, at locations in Guarico and Anzoategui States, with acid and low available P soils. Better yields resulted from TS applications, but in grain sorghum the response to NCRPR was so high that it can be used instead of the soluble source of P. Also in grain sorghum, compacted rocks gave relative yields higher than 80% which indicates their agronomic potential, while MFPR and NPR finely ground have a maximum effectiveness in the order of 52% indicating that they should not be used as the only P source for this crop. In the case of soybean, the effectiveness of all rocks was lower than in the case of grain sorghum, and NCRPR and MFPR compacted have a medium effect with relative yields in the range of 70-85%. Native rocks finely ground are very poor in promoting grain yield in soybean crop too. All P sources applied increased available P levels of the soil, however, this effect was greater when TS and NCRPR as received and compacted were incorporated the soil.

Index words: *Sorghum bicolor*, *Glycine max.* phosphate rock, fertilization, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 35 años, en Venezuela ha ocurrido un consumo creciente de fertilizantes químicos con algunos altibajos durante la pasada década. Por mucho tiempo estos productos estuvieron sujetos a un elevado subsidio oficial, política que ha ido desapareciendo progresivamente causando incrementos en el costo de este insumo, que en general representa actualmente alrededor de un 30% de los costos directos de producción de la mayoría de nuestros cultivos.

Gran parte de los suelos agrícolas venezolanos son deficientes en fósforo aprovechable para las plantas, lo cual ha sido solucionado con aplicación de abonos fosfatados solubles importados. Como una alternativa para disponer de fuentes de fósforo más económicas y ahorrar divisas, surge la utilización de la roca fosfórica, mineral que abunda en diversos yacimientos del país y que ha sido evaluada intensamente desde el punto de vista agronómico, durante los últimos cinco años.

Elizalde (1989) reporta que en Venezuela hay más de 50 localidades con rocas fosfóricas, distribuidas en 10 Estados, pero la mayoría de ellas carecen de importancia debido a que su extensión o concentración mineral es pequeña, o porque ambos factores son desconocidos. Los yacimientos relevantes con el conocimiento actual son de origen sedimentario, de edad cretácea o miocénica, y están distribuidos en los Estados Barinas, Falcón, Mérida, Táchira y Zulia. Romero (1991) señala que solamente en la Región Suroeste de Venezuela existen reservas de fosfatos probadas en el orden de 85 millones de toneladas, y más de 1.557 millones de toneladas de reservas posibles. Por su parte, Arellano (1989) indica que en Venezuela, los recursos fosfáticos medidos, es decir, aquellos que tienen estudios de caracterización detallados y confiables del depósito y del mineral, son del orden de 68 millones de toneladas que equivalen a 14,7 millones de toneladas de P₂O₅ (con un contenido promedio de 21,6% de P₂O₅). Igualmente, Arellano destaca que en el país los recursos fosfáticos indicados e inferidos son del orden 2.652 millones de toneladas, con una proyección del consumo anual de fosfatos estimado en 355.000 toneladas de P₂O₅, las reservas medidas cubren la demanda nacional durante 41,4 años, y los recursos posibles son capaces de cubrir nuestra demanda actual de P₂O₅ durante 1.613,6 años.

Con respecto a la evaluación agronómica de las rocas fosfóricas en Venezuela, Casanova (1991) presenta un recuento de las investigaciones realizadas desde 1963 y resume los resultados de los últimos años con rocas naturales y modificadas, los cuales muestran variabilidad según los sistemas suelo-planta considerados, pero en general son indicativos de las grandes posibilidades de utilizar satisfactoriamente este recurso en suelos ácidos del país.

En este trabajo se reporta la respuesta del sorgo granífero y la soya en tres regiones agrícolas del país, a la aplicación de variadas dosis de P₂O₅ utilizando como fuentes las rocas fosfóricas de Monte Fresco, Navay y Carolina del Norte, en su forma natural y compactadas con una fuente de P soluble, y superfosfato triple como punto de referencia para determinar la efectividad de las rocas. El objetivo principal del estudio es referido a evaluar el uso de estos materiales en cultivos anuales o de ciclo corto en suelos ácidos, para lo cual se condujeron ensayos de campo durante la época de lluvias de 1.991 en Guanare-Estado Portuguesa, Palo Seco-Estado Guárico y el Tigre- Estado Anzoátegui.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimentos realizados:

Se realizaron 5 experimentos, cada uno según diseño experimental en bloques al azar con 3 replicaciones, y 33 tratamientos correspondientes a una combinación de 8 fuentes de fósforo en 4 dosis más un testigo sin aplicación de P. Un experimento de sorgo granífero se ubicó en Guanare; sorgo granífero y soya, ambos en Palo Seco y el Tigre para un total de 5 experimentos de campo.

Fuentes de Fósforo:

Superfosfato triple (ST)

Roca de Carolina del Norte natural (RCN)

RCN 60% + ST 40%, compactada a presión (RCN 60/40)

RCN 70% + ST 30%, compactada a presión (RCN 70/30)

Roca de Monte Fresco finamente molida (RMF)

RMF 60% + ST 40%, compactada a presión (RMF 60/40)

RMF 70% + ST 30%, compactada a presión (RMF 70/30)

Roca de Navay finamente molida (RN)

RCN contiene 30,5% de P₂O₅ y está constituida por una mezcla de tamaños de partículas de las cuales 55% son mayores que 65 mallas, 29% entre 65 y 100 mallas, 15% entre 100 y 200 mallas, y 1% son menores que 200 mallas.

RMF contiene alrededor de 25% de P₂O₅ y RN cerca de 20% de P₂O₅, ambas finamente molidas con 100% de las partículas menores que 100 mallas.

Dosis de fósforo:

Se aplicaron 50, 100, 150, y 200 kg. de P₂O₅/ha con las diferentes fuentes.

Otros nutrientes aplicados:

Se aplicaron dosis suficientes según el sistema suelo-cultivo de N, K, S, Mg y Zn, para asegurar una adecuada suplencia de los mismos. Las semillas de soya fueron inoculadas con *Bradyrhizobium japonicum* inmediatamente antes de la siembra.

Datos colectados:

Caracterización de los suelos antes de la siembra. Algunas propiedades de los suelos en los sitios de experimentación son las siguientes:

Los suelos tienen en común pH ácido (<5.0) y contenidos bajos de P aprovechable, las cuales son condiciones adecuadas para esperar respuestas a las aplicaciones de fósforo con fuentes solubles y de baja solubilidad.

Análisis de tejido: En el experimento de sorgo granífero en la localidad de Palo Seco, se tomaron y analizaron muestras de la tercera hoja de la planta al momento de floración, para conocer la concentración de P y relacionarlo con fuentes y dosis de fertilizante aplicado, y rendimiento en granos.

Análisis de suelo después de la cosecha: En el mismo experimento de sorgo granífero en Palo Seco se tomaron muestras de suelo para evaluar el efecto de las fuentes y dosis de fertilizantes sobre los valores de P aprovechable extraído con solución de Carolina del Norte.

Rendimiento: Todos los experimentos fueron evaluados finalmente a través del rendimiento en granos secos al 12% de humedad, excepto el experimento de sorgo granífero en Guanare que fue evaluado por la producción de materia seca al 10% de humedad a los 68 días después de la siembra.

Fechas de Siembra:

1.-Sorgo granífero en Guanare, 22 de Junio de 1991.

2.-Soya en Palo Seco, 27 de Junio de 1.991.

3.-Sorgo granífero en Palo Seco, 28 de Junio de 1.991.

4.-Soya en el Tigre, 08 de Agosto de 1.991.

5.-Sorgo granífero en el Tigre, 09 de Agosto 1.991.

Tamaño de Parcelas:

Cada parcela tenía un área de 20 m² (10 m x 2 m), con 4 hilos de siembra separados a 50 cm., de los cuales se cosecharon los 2 hilos centrales en una extensión de 8m cada uno, para un área cosechada de 8 m².

Densidad de Siembra:

Para sorgo granífero se utilizaron 200.000 plantas/ha en base a 10 plantas por metro en hilos separados a 50 cm. Para soya se utilizaron 400.000 plantas/ha en base a 20 plantas por metro en hilo separados a 50 cm.

Cultivares

Se utilizó el híbrido de sorgo granífero Chaguaramas III en todos los experimentos. En soya se utilizó la variedad Gurapiche en el experimento de Palo Seco, y la variedad FP3 en el Tigre.

RESULTADOS Y DISCUSION

Sorgo granífero Guanare: Este experimento fue evaluado por la acumulación de materia seca en la parte aérea de las plantas a los 68 días después de la siembra, durante la etapa de formación de granos. Los resultados se presentan en el Cuadro 1 y muestran que exceptuando los tratamientos de RMF y RN, hubo una respuesta significativa a la dosis de 50 kg. P₂O₅/ha al comparar con el testigo. Para todas las fuentes de P hubo tendencia al aumento de los rendimientos con incremento en las dosis, pero en general, dicha respuesta fue estadísticamente significativa hasta la dosis de 150 kg. P₂O₅/ha. Considerando los rendimientos promedios para cada fuente de P. los mejores resultados se obtuvieron con RCN 60/40, seguido por RCN 70/30, ST, y RCN. Los tratamientos con las rocas de Monte Fresco y Navay, finamente molidas o compactadas, dieron los rendimientos más bajos y la curva de respuesta se prolongó hasta la dosis de 200 kg. de P₂O₅/ha.

Sorgo granífero Palo Seco: Los resultados de este experimento se presentan en el Cuadro 2, donde se observa que los máximos rendimientos se obtuvieron con ST, aunque no hay diferencias significativas entre los rendimientos promedios de ST, RCN, RCN, 60/40, y RCN, 70/30. Si no se considera el ST, hay un grupo homogéneo formado por la roca de Carolina del Norte natural y compactada y la roca de Monte Fresco compactada. Las rocas venezolanas de Monte Fresco y Navay finamente molidas, no incrementaron los rendimientos del sorgo granífero en relación al testigo al nivel de significación del 5%.

Cuadro 1. Acumulación de materia seca en la parte aérea de plantas de sorgo de 68 días de edad, en Guanare, Estado Portuguesa, para los diferentes tratamientos de fósforo. Valores son promedio de 3 replicaciones.

Fuente de fósforo	Dosis kg de P ₂ O ₅ /ha	Materia seca producida (ton./ha)	
		Tratamiento	Fuente
ST	50	12.80	
	100	11.72	
	150	14.67	
	200	14.43	13.40
RCN	50	10.11	
	100	11.89	
	150	13.92	
	200	14.99	12.73
RCN 60/40	50	12.67	
	100	13.40	
	150	14.48	
	200	14.21	13.69
RCN 70/30	50	12.85	
	100	14.51	
	150	12.93	
	200	13.41	13.43
RMF 70/30	50	8.85	
	100	9.64	
	150	10.81	
	200	12.97	10.57
RMF 60/40	50	9.20	
	100	8.76	
	150	12.91	
	200	13.49	11.09
RMF	50	7.88	
	100	7.52	
	150	12.11	
	200	12.85	10.09
RN	50	6.68	
	100	10.07	
	150	10.72	
	200	12.79	10.06
Testigo	0	6.24	6.24
m.d.s.(005)		1.93	

Cuadro 2. Rendimiento del Sorgo granífero, concentración de P en hojas, y P aprovechable del suelo (después de la cosecha), en Palo Seco, Estado Guárico, para los diferentes tratamientos de fósforo.

Fuente de fósforo	Dosis kg de P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento promedio (kg/ha)		P en hojas%*	P en suelo ppm
		Trat.	Fuente		
ST	50	4361		0.24	39
	100	4834		0.32	112
	150	4739		0.26	156
	200	4995	4732	0.35	98
RCN	50	3667		0.23	50
	100	4164		0.32	51
	150	4359		0.36	124
	200	4246	4109	0.32	378
RCN 60/40	50	3920		0.36	70
	100	4157		0.25	227
	150	4148		0.32	236
	200	4663	4222	0.32	164
RCN 70/30	50	3114		0.25	37
	100	4405		0.29	64
	150	3831		0.22	229
	200	4453	3951	0.24	76
RMF 70/30	50	3647		0.26	21
	100	3452		0.25	39
	150	3843		0.27	88
	200	4208	3788	0.24	57
RMF 60/40	50	3473		0.32	30
	100	3608		0.23	17
	150	3760		0.27	20
	200	3899	3685	0.21	175
RMF	50	2129		0.16	42
	100	2454		0.24	16
	150	2551		0.18	76
	200	2604	2434	0.24	187
RN	50	2295		0.15	26
	100	2345		0.27	43
	150	2492		0.21	26
	200	2599	2433	0.22	78
Testigo	0	1884	1884	0.14	14
m.d.s. (0 05)		808			

En el Cuadro 2 también se indican el P aprovechable del suelo después de cosechado el experimento, y la concentración de P en las terceras hojas de las plantas al momento de floración. En general hay tendencia a incrementos del P aprovechable del suelo con las diversas fuentes de fósforo aplicadas, y para cada fuente éste efecto tiende a ser mayor a medida que se incrementan las dosis de P. El aumento del P aprovechable del suelo es más pronunciado con las aplicaciones de ST y RCN natural y compactada, mientras que el menor efecto se obtuvo cuando se aplicó roca de Navay. Con respecto a la concentración de P en las hojas de sorgo, todos los valores están dentro del rango de suficiencia excepto los tratamientos con RMF y RN en la dosis de 50 kg P₂O₅/ha y el testigo. & encontró una buena correlación entre porcentaje de fósforo en los tejidos y el rendimiento en granos ($r=0,70$), y la ecuación de regresión es:

$$y = 853,86 + 10707,52 x$$

y = Rendimiento en granos

x = % P en la tercera hoja del sorgo granífero.

Cuadro 3. Rendimientos promedio de Soya en Palo Seco, Estado Guárico, para los diferentes tratamientos de fósforo.

Fuente de Fósforo.	Dosis kg P ₂ O ₅ /ha.	Rendimiento promedio (kg/ha.)	
-	-	Tratamiento	Fuente
ST	50	1.947	
	100	2405	
	150	2601	
	200	2487	2360
RCN	50	1526	
	100	1569	
	150	1820	
	200	1942	1714
RCN 60/40	50	1385	
	100	1681	
	150	1535	
	200	2185	1696
RCN 70/30	50	1578	
	100	1828	
	150	1930	
	200	2009	1836
RMF/30	50	1544	
	100	1747	
	150	2130	
	200	2277	1924
RMF 60/40	50	1142	
	100	1558	
	150	1751	
	200	2127	1644
RMF	50	847	
	100	1090	
	150	1574	
	200	1588	1275
RN	50	765	
	100	807	
	150	1036	
	200	1066	918
Testigo	0	441	441
m.d.s.(0	05)		309

Cuadro 4. Rendimientos promedios del sorgo granífero en El Tigre, Estado Anzoátegui, para los diferentes tratamientos de fósforo.

Fuente de Fósforo	Dosis kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento promedio (kg/ha)	
-	-	Tratamiento	Fuente
ST	50	1815	
	100	1967	
	150	1983	
	200	2256	2005
RCN	50	1516	
	100	1849	
	150	1880	
	200	2060	1826
RCN 60/40	50	1634	
	100	1862	
	150	1981	
	200	2163	
RCN 70/30	50	1695	
	100	1966	
	150	1951	
	200	2104	1929
RMF 70/30	50	1292	
	100	1331	
	150	1850	
	200	1791	1566
RMF 60/40	50	1304	
	100	1710	
	150	1882	
	200	1837	1683
RMF	50	690	
	100	722	
	150	851	
	200	938	800
RN	50	643	
	100	704	
	150	805	
	200	797	737
Testigo	0	461	461
m.d.s.(0.05)		324	

Soya, Palo Seco: Los resultados de este experimento se reportan en el Cuadro 3. Hubo una buena respuesta a la fertilización con fósforo ya que todas las fuentes a las diferentes dosis incrementaron los rendimientos significativamente. Los mayores rendimientos se obtuvieron con ST y la respuesta con esta fuente fue significativa hasta la dosis de 100 kg de P₂O₅/ha. Hay un grupo homogéneo formado por RMF 70/30, RCN 70/30, RCN, RCN 60/40, y RMF 60/40, con disminución de los rendimientos en ese orden y con tendencia positiva de la respuesta hasta la dosis de 200 kg de P₂O₅/ha. En el caso de las rocas de Monte Fresco y Navay finamente molidas, aún cuando incrementan los rendimientos significativamente con respecto al testigo, dichos incrementos no son suficientes para alcanzar los niveles obtenidos con las otras fuentes de P utilizadas en este experimento.

Sorgo granífero, El Tigre: Los rendimientos del sorgo granífero en esta localidad fueron muy inferiores a los logrados en Palo Seco, probablemente como consecuencia de la siembra tardía y la situación de suelos de textura gruesa e irregular distribución de las lluvias en 1991, que provocó períodos de insuficiencia de agua aprovechable para las plantas a lo largo de su ciclo de vida.

Los datos del Cuadro 4 indican que de nuevo los mayores rendimientos se obtuvieron con ST, pero en este caso, no hubo diferencias significativas entre ST, RCN, RCN 60/40 y RCN 70/30. Además, con estas fuentes de P la respuesta es significativa hasta la dosis de 100 kg de P₂O₅/ha; mientras que con RMF compactada, la respuesta se extiende hasta la dosis de 150 kg de P₂O₅/ha.

La respuesta del rendimiento a las rocas de Monte Fresco y Navay finamente molidas es muy pobre, y superan el testigo solamente cuando se aplican las dosis de P (150 y 200 kg P₂O₅/ha).

Soya, E1 Tigre: Al igual que en los experimentos anteriores, en este caso los mayores rendimientos se obtuvieron con ST, y con esta fuente la respuesta de la soya fue estadísticamente significativa hasta la dosis de 200 kg de P₂O₅/ha.

Todas las fuentes y dosis de P₂O₅ aplicadas incrementaron significativamente los rendimientos con respecto al testigo, y nuevamente las rocas de Monte Fresco y Navay resultaron con las curvas de respuestas más bajas.

No hubo diferencias significativas entre RCN 70/30, RCN 60/40, RMF 60/40 y RCN, con los rendimientos disminuyendo en ese orden. Los rendimientos con RMF 70/30 fueron ligeramente menores que los del grupo mencionado. Estas fuentes de fósforo, en general, causaron incrementos en los rendimientos hasta las dosis de 150 y 200 kg P₂O₅/ha.

Los Cuadros 6 y 7 presentan las respuestas del sorgo granífero y la soya a los diferentes tratamientos aplicados, expresando los rendimientos en forma relativa con respecto al ST, lo cual permite comparar datos de diferentes localidades y cultivos, y a la vez es una buena expresión de la efectividad agronómica relativa, (EAR) de las fuentes de P utilizadas. En dichos cuadros se observa que la RCN en forma natural o compactada es en general la más efectiva, lo cual es particularmente evidente en el caso del sorgo granífero, donde aún en su forma natural, casi puede sustituir totalmente al ST en las dosis donde ocurrieron respuestas significativas. En el mismo sorgo granífero, la Roca de Monte Fresco compactada produjo un efecto aceptable, con un rendimiento relativo alrededor de 80%, y las rocas nacionales finamente molidas tienen una efectividad máxima de 52%, lo que indica que su uso debe ser muy limitado con este cultivo.

En el caso de la soya, la efectividad de todas las rocas es inferior que con el sorgo granífero, y en general tanto la RCN natural y compactada, como la RMF compactada, tienen un efecto mediano con rendimientos relativos entre 70 y 85%. Nuevamente, las rocas nacionales finamente molidas son de baja efectividad en promover la producción de granos en el cultivo de la soya. Promediando los datos de los Cuadros 6 y 7 se construyen las figuras 1 y 2, las cuales muestran más claramente el efecto de las diferentes fuentes fosfatadas utilizadas sobre los rendimientos del sorgo granífero y la soya. Los resultados correspondientes al efecto de la RCN sobre el sorgo granífero, concuerdan bastante con los reportados por Hammond (1989) quien indica para varios cultivos anuales en diferentes partes

del mundo que la RCN puede ser un sustituto del ST o del superfosfato simple. Por otro lado, los bajos rendimientos relativos obtenidos con las rocas venezolanas finamente molidas, concuerdan con los reportes de algunos autores como Kadi y colaboradores (1991) y Moreno y Mohsin (1991). Sin embargo, Casanova(1991) resume resultados de una serie de experimentos realizados a nivel nacional, en los cuales se aprecia un comportamiento variable de las rocas venezolanas finamente molidas. En todos los casos, las rocas nacionales cuando son modificadas por acidulación parcial o compactadas, como las utilizadas en este trabajo, tienen un efecto bastante satisfactorio sobre el rendimiento de cultivos anuales.

Cuadro 5. Rendimientos promedio de la soya en el Tigre, Estado Anzoátegui, para los diferentes tratamientos de fósforo

Fuentes de fósforo	Dosis kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimientos promedio (kg/ha)	
		Tratamientos	Fuentes
ST	50	1558	
	100	1917	
	150	1996	
	200	2269	1935
RCN	50	1365	
	100	1397	
	150	1690	
	200	1738	1548
RCN 60/40	50	1309	
	100	1678	
	150	1806	
	200	1785	1644
RCN 70/30	50	1223	
	100	1896	
	150	1728	
	200	1879	1682
RMF 70/30	50	1051	
	100	1415	
	150	1666	
	200	1679	1453
RMF 60/40	50	1338	
	100	1584	
	150	1565	
	200	1780	1567
RMF	50	988	
	100	1004	
	150	1154	
	200	1949	1049
RN	50	959	
	100	885	
	150	1180	
	200	1061	1021
Testigo	0	635	635
m.d.s.(0.05)			142

Cuadro 6. Rendimiento relativo del sorgo granífero, y la soya con diferentes rocas fosfóricas aplicadas en varias dosis, en comparación con el rendimiento obtenido con ST (100%), en Palo Seco, Estado Guárico

Dosis kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento relativo (%)							
	ST	RCN	RCN 60/40	RCN 70/30	RMF 70/30	RMF 60/40	RMF	RN
Sorgo Granífero								
50	100*	84	90	71	84	80	49	53
100	100	86	86	91	71	75	51	48
150	100	92	88	81	81	79	54	53
200	100	85	93	89	84	78	52	52
Promedio	100	87	89	83	80	78	52	52
Soya								
50	100	78	71	81	79	59	44	39
100	100*	65	70	76	73	65	45	34
150	100	70	59	74	82	67	60	40
200	100	78	88	81	92	86	64	43
Promedio	100	73	72	78	82	69	53	39

* Hasta esta dosis de ST hubo incremento significativo de los rendimientos (nivel 0,05).

Cuadro 7. Rendimiento relativo del sorgo granífero y la soya con diferentes rocas fosfóricas aplicadas en varias dosis, en comparación con el rendimiento obtenido con ST (100%), en el Tigre, Estado Anzoátegui.

Dosis Kg P ₂ O ₅ /ha	Rendimiento relativo (%)							
	ST	RCN	RCN 60/40	RCN 60/40	RCN 70/30	RMF60/40	RMF	RN
Sorgo Granífero								
50	100	84	90	93	71	72	38	35
100	100*	94	95	100	68	87	37	36
150	100	95	100	98	93	95	43	40
200	100	91	96	93	79	81	42	35
Promedio	100	91	95	96	78	84	40	36
Soya								
50	100	88	84	78	67	86	63	62
100	100	73	88	99	74	83	52	46
150	100	85	90	86	83	78	58	59
200	100*	77	79	83	74	78	86	47
Promedio	100	81	85	86	74	81	65	54

* Hasta esta dosis de ST hubo incremento significativo de los rendimientos (nivel 0,05).

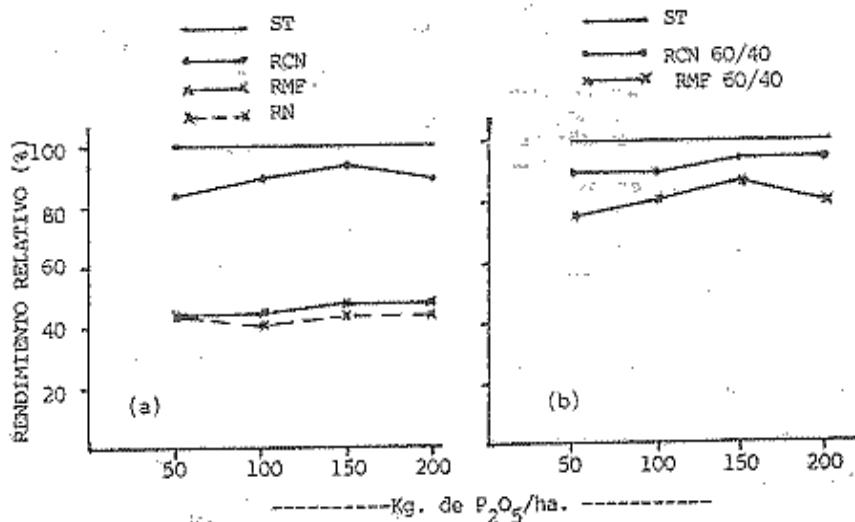


Figura 1. Rendimiento relativo del sorgo granífero con diferentes dosis de P₂O₅ usando como fuentes (a) rocas fosfóricas naturales y (b) rocas fosfóricas compactadas. Valores promedio de dos localidades.

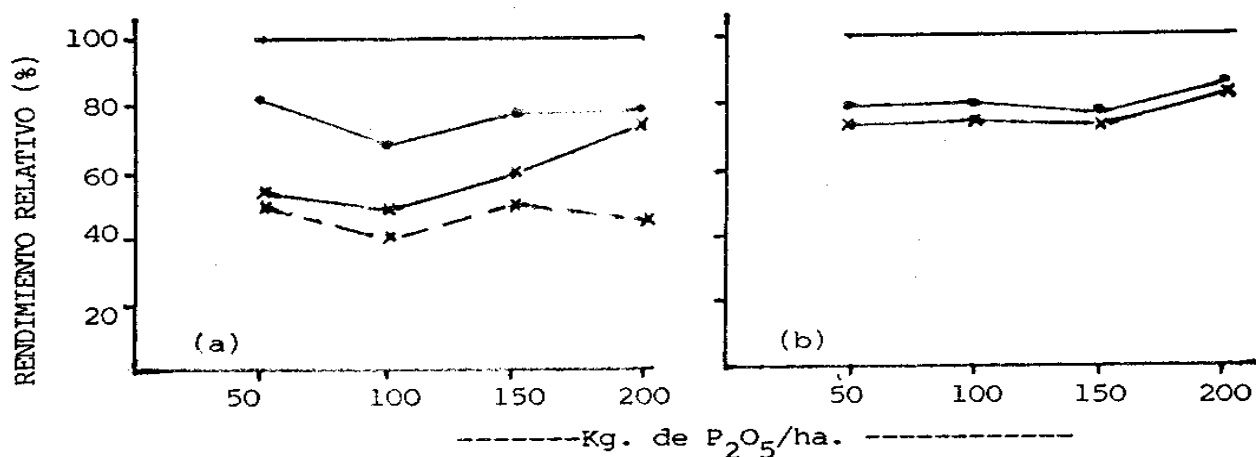


Figura 2. Rendimiento relativo de la soya con diferentes dosis de P_2O_5 usando como fuentes (a) rocas fosfóricas naturales y (b) rocas fosfóricas compactadas. Valores promedio de dos localidades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Prácticamente en todas las evaluaciones reportadas en este trabajo, el superfosfato triple produjo los mayores rendimientos de los cultivos, aunque en el caso particular del sorgo granífero el ST puede ser sustituido por RCN como fuente de fósforo.

Tanto el sorgo granífero como la soya responden aceptablemente a las aplicaciones de rocas fosfóricas compactadas, lo que indica su potencial agronómico como fertilizantes fosfatados.

Las rocas venezolanas finamente molidas produjeron incrementos de los rendimientos con respecto al testigo, pero su efectividad respecto a las otras fuentes de P utilizadas es muy baja, situación que las descarta para su utilización como única fuente de fertilizante fosfatado en los cultivos evaluados.

Las observaciones de campo revelaron un lento crecimiento inicial de las plantas cuando son tratadas con Rocas de Monte Fresco y Navay finamente molidas, cuyo aspecto es bastante similar a las plantas de las parcelas testigo, aunque hacia mediados del ciclo de cultivo se aprecia cierta recuperación de las plantas. Esto puede sugerir que la roca natural sea aplicada unas semanas antes de la siembra para mejorar el aprovechamiento de su fósforo por las plantas, sin embargo los niveles de P aprovechable del suelo medidos al final del ciclo de cultivo, indican que tanto con ST como con la Roca de Carolina del Norte natural y compactada estos valores son mayores que con las Rocas de Monte Fresco y Navay. Por esto, es recomendable que se evalúe la residualidad o el efecto a mediano y largo plazo de nuestras rocas, en experimentos de campo que incluyan varios ciclos de cultivos.

Con respecto al estado nutricional de las plantas, determinado para P en uno de los experimentos con sorgo granífero, todos los valores de concentración de P en la tercera hoja de las plantas al momento de floración están dentro del rango de suficiencia, excepto para los tratamientos donde se aplicó RMF y RN en la dosis de 50 kg. de P_2O_5 /ha y para el testigo. Sin embargo, la existencia de valores normales de concentración de P asociados a rendimientos muy bajos del cultivo, puede indicar que el límite inferior del rango de suficiencia está por debajo de lo que deben ser los valores normales de concentración de P en este tejido. En base a esta situación, es recomendable realizar estudios para establecer con mayor precisión los rangos de suficiencias, de tal manera que pueda utilizarse con mayor confianza el análisis foliar para el seguimiento del estado nutricional de los cultivos.

Finalmente, se recomienda ser cauteloso en el uso de las Rocas de Monte Fresco y Navay finamente molidas en cultivos anuales, y a pesar de que las formas compactadas ofrecen una alternativa para su aplicación, su modificación implica un proceso industrial que la encarece y quizás desde el punto de vista económico pierda competitividad ante fuentes de fósforo soluble. Por esta razón, es conveniente continuar buscando alternativas que no encarezcan el producto y mejoren su utilización por parte de las plantas.

BIBLIOGRAFÍA

- ARELLANO R., NELSON. 1989. Consideraciones básicas sobre los recursos fosfáticos en Venezuela. In: Memoria I Seminario de fósforo en la Agricultura Venezolana. Caracas. Venezuela. pp.237-254.
- CASANOVA O. EDUARDO. 1991. Las rocas fosfóricas naturales y modificadas y su uso potencial en cultivos y suelos en Venezuela. Palmaven, Gerencia de Tecnología y U.C.V; Facultad de Agronomía. 115 p.
- ELIZALDE, GRACIANO. 1989. características geológicas, químicas y mineralógicas de las rocas fosfóricas venezolanas, en relación a su uso agrícola. In: Memoria I Seminario de fósforo en la Agricultura Venezolana. Caracas. Venezuela. pp 196-208.
- HAMMOND, L.L. 1989. Use of reactive North Camlina phosphate mek as a fertilizer for food crops on add soils. &minar on Direet use of Rock Phosphate for Production of Economic Crops. Soil and fertilizer Society of Thiland, Bangkok. 15 p.
- KADI, N., M. SANCHEZ, J. HURTADO Y R. GONZALEZ. 1991. Evaluación agronómica de la roca fosfórica parcialmente acidulada en suelos ácidos. II Reunión de la Red Latinoamericana de la Roca Fosfórica. Revista de la Facultad de Agronomía - U.C.V. Vol. 17 (14): 449460.
- MORENO, J.C. Y M. MOHSIN. 1991. Valor agronómico de dos fosforitas modificadas y fosfocomposts en un ultisol del Estado Monagas. II Reunión de la Red Latinoamericana de la Roca Fosfórica. Revista de la Facultad de Agronomía. U.C.V. vol.17 (14): 433448.
- ROMERO G. PEDRO B. 1991. Desarrollo integral de los fosfatos del Sur-Oeste de Venezuela. II Reunión de la Red Latinoamericana de la Roca Fosfórica. Revista de la Facultad de Agronomía U.C.V. Vol. 17: 19-24.