

# EFECTO RESIDUAL DEL FOSFORO HIDRO Y CITRO SOLUBLE EN DOS SUELOS ACIDOS

Por:

Liliana Bejarano O. \*  
Gloria C. Echeverry C. \*  
Jairo Gómez L. \*\*

## COMPENDIO

Después de cosechar la soya (*Glycine max*) en dos suelos ácidos con diferente contenido de materia orgánica y a los cuales se les había aplicado 50, 100 y 150 kg de  $P_2O_5$ /ha (fósforo mono y bicalcico) en proporciones de 100-0, 75-25, 50-50, 25-75 y 0-100 o/o, se determinó el P aprovechable por el método de Bray II y por un bioensayo con soya. El trabajo se diseñó completamente al azar con 32 tratamientos para el suelo de Villarrica (Jamundí) y 33 para el de El Placer (Popayán) y con 4 repeticiones.

La mayor cantidad de P aprovechable quedó en el suelo "El Placer" cuando se aplicaron 150 y 100 kg y el de Villarrica con 150 kg. Hubo respuesta significativa en los dos suelos a la aplicación localizada de fósforo. Las diferencias de P en el suelo El Placer no influyeron en el rendimiento de la segunda cosecha, aunque la soya evidenció deficiencia de fósforo. En el suelo Villarrica el método químico y el biológico detectaron el fósforo residual. En cuanto a las fuentes fósforicas, no hubo respuesta significativa en rendimiento de peso seco del grano en los dos suelos. En el suelo Villarrica se obtuvieron las mejores producciones en ambas cosechas con 150 y 100 kg de P respectivamente.

## ABSTRACT

The available P was determined in two acid soils, with different organic matter content, after a crop of soybeans monocalcic and bocalcic phosphate was applied in 100-0, 75-25, 50-50, 25-75, and 0-100 proportions at 50, 100 and 150  $P_2O_5$  kg/ha rates. A completely randomized design with 32 treatments in one soil (Villarrica, Jamundi) and 33 treatments in the other soil (El Placer, Popayán) with 4 replications was used. Larger residual P was found in "El Placer" at 100 and 150 kg/ha rates and at 100 kg/ha at Villarrica. Both soils responded significantly to P fertilization but P rates did not influence soybean yields in the second crop. Residual P was detected of Villarrica both with chemical and biological methods. There was not difference in soybean yield due to different P sources. At Villarrica best yield was obtained with 100 and 150 kg/ha.

\* Estudiante de pre grado U. Nacional de Colombia - Palmira

\*\* Abonos Colombianos. Bogotá.

## 1. INTRODUCCION

Es muy poca la investigación que se ha realizado en Colombia para comparar fuentes de fertilizantes fosfóricos y medir su efecto residual durante varias cosechas. Los trabajos realizados concluyen que los abonos mixtos, con parte de su fósforo soluble en agua y parte en citrato de amonio, se pueden usar con seguridad bajo cualquier condición, son buenos para cultivos de período vegetativo corto o largo, pueden presentarse en forma pelletizada o con granulación muy fina, su aplicación puede ser en banda o al voleo (sólo en suelos muy ácidos y en cultivos de muy corto período vegetativo su aplicación debe ser en banda) y no hay necesidad de dividir la aplicación. Sin embargo es necesario tener en cuenta el clima, el suelo, la planta y el manejo como factores importantes en la selección del fertilizante, Sauchelli (5).

La descomposición de los residuos orgánicos influyen en la aprovechabilidad del fósforo por la formación de complejos fosfo-humícos fácilmente asimilables por las plantas, por el reemplazo del anión fosfato por el ion humato y por que el humus reviste las partículas de sesquióxidos formando una capa protectora que reduce la capacidad de fijación del suelo, Vela Díaz (6). La capacidad de los suelos para retener los fosfatos está influenciada por muchos factores, depende del contenido y tipo de arcilla, pH, cantidad de Ca, Al e Fe intercambiables, cantidad de carbonato de calcio, contenido de materia orgánica y proporción y naturaleza de los óxidos de Fe y Al, Cooke (1).

Los objetivos del ensayo fueron determinar el fósforo aprovechable que quedó en el suelo después de una primera cosecha de soya y el efecto residual sobre una siembra consecutiva de las dos fuentes de fósforo aplicadas.

## 2. PROCEDIMIENTO

El ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira con dos suelos, uno de la localidad de El Placer, meseta de Popayán y otro de Villarrica, municipio de Jamundí. En general, los dos suelos son ácidos (Cuadro 1), pero la capacidad de fijación de fósforo es considerablemente mayor en el de El Placer que en el de Villarrica ya que su saturación de Al con respecto a la CIC efectiva es muy alta (Cuadro 2). Son pobres en fósforo y con un buen contenido de materia orgánica.

A estos suelos se les había aplicado 2 fuentes fosforicas (Cuadro 3) en 5 proporciones o combinaciones en cuanto a la solubilidad en agua y en citrato, 3 dósis (150, 100 y 50 kg/ha de  $P_2O_5$ ) y dos formas de colocación (incorporada, el fertilizante se mezcló con los primeros 10 cm de suelo y localizada en la que el abono se aplicó en forma diametral a 10 cm de la superficie).

**Cuadro 1**

**Análisis de caracterización de los suelos de Villarrica y de El Placer (0-20 cm)\***

Suelo	Textura	pH	MO o/o	P ppm	Cationes intercambiables (meq/100 g )					C. I. C. efectiva
					Al	Ca	Mg	K	Na	
El Placer	F. A.	5.2	10.7	10	2.7	2.0	0.7	0.44	0.20	6.04
Villarrica	Ar. A.	5.4	5.1	3.3	0.1	5.6	3.8	0.46	0.09	10.05

\* Análisis realizado por el Laboratorio de Suelos del Instituto Colombiano Agropecuario ICA

**Cuadro 2**

**Fijación de fósforo de los suelos de El Placer y Villarrica**

Suelo	P ppm		
	en el suelo	fijado	%
Placer	2 800	1 450	34.12
Villarrica	4 100	150	3.53

Fósforo agregado al suelo 4 250 p p m

**Cuadro 3**

**Proporciones de las dos fuentes fosfóricas en cuanto a su solubilidad en agua y en citrato de amonio**

Proporción	Ortofosfato Calcico (50 % de $P_2O_5$ ) % de P soluble en citrato de amonio	Ortofosfato Monocal - cico (56 % de $P_2O_5$ ) % de P soluble en agua
$P_1$	0	100
$P_2$	25	75
$P_3$	50	50
$P_4$	75	25
$P_5$	100	0

En el suelo de El Placer se aplicaron 2.5 t/ha de cal utilizando como fuentes  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgCO}_3$  en una proporción 10:5.

En el momento de la siembra se aplicaron 40 kg N/ha y 75 kg de  $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$  y una solución de elementos menores a todas las materas (menos al testigo absoluto). Se inoculó la semilla con cepas de *Rhizobium japonicum*.

En el presente trabajo sólo se aplicó al momento de la siembra N y potasio en la misma dosis del primer experimento y se inoculó la semilla con *R. japonicum*.

El estudio se realizó bajo un diseño experimental completamente al azar, con 32 tratamientos para el suelo de Villarrica y 33 en el suelo de El Placer y 4 replicaciones. A muestras de suelo de unos 30 g se les determinó el P aprovechable por el método de Bray II. En el bioensayo con soya, sembrada 1 mes después de la primera cosecha, se cuantificaron las variables peso seco de los granos, número de vainas por planta y de granos por vaina se evaluó el efecto de los tratamientos mediante análisis de varianza, prueba de Duncan, análisis de correlación simple.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Efecto residual del fósforo en el suelo y en la producción de soya. Suelo de El Placer.

El análisis de varianza mostró efecto significativo de la dosis, formas de aplicación y proporción por dosis sobre el P en el suelo (Cuadro 4).

La mayor cantidad de P aprovechable se registró cuando se aplicaron 150 y 100 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ , sin diferencias significativas, mientras que en los tratamientos en los que se usó 50 kg el P aprovechable fué significativamente menor. Estos resultados confirman que los suelos ácidos requieren aplicaciones continuas de fósforo para cada cosecha y en cantidades relativamente altas, Fassbender (3).

La forma localizada de colocación del abono en el suelo deja un remanente mayor de P aprovechable (15.42 ppm) que la incorporada (12.80 ppm). Esta forma de aplicación aumenta la cantidad de P residual y la eficiencia de las fuentes de P en este suelo que presenta alto contenido de Al, ya que puede retardar el proceso de fijación, debido a que con esta práctica se evita el máximo contacto del fertilizante con las partículas del suelo.

Cuadro 4

## Promedios de las variables estudiadas para el suelo de El Placer

	TRATAMIENTOS				Peso seco del grano	Vainas por planta	granos por vaina	P p.p.m.
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	coloca- ción	H**	o/o C				
1	150	I*	100	0	4.91	14.25	2.03	14.10
2	150	I	75	25	3.83	12.50	1.59	13.65
3	150	I	50	50	3.82	13.75	1.64	15.83
4	150	I	25	75	4.25	13.75	2.24	11.20
5	150	I	0	100	4.49	13.00	2.08	16.62
6	100	I	100	0	4.30	13.00	2.06	13.82
7	100	I	75	25	4.78	14.50	2.00	14.43
8	100	I	50	50	4.19	14.00	1.98	11.90
9	100	I	25	75	3.68	11.75	1.93	12.15
10	100	I	0	100	3.41	13.00	1.90	11.37
11	50	I	100	0	3.98	11.25	2.27	11.29
12	50	I	75	25	4.07	13.00	2.10	12.51
13	50	I	50	50	4.43	14.00	2.06	10.32
14	50	I	25	75	4.45	12.75	2.11	11.46
15	50	I	0	100	4.05	15.25	1.89	11.46
16	150	L	100	0	3.96	12.25	1.98	30.54
17	150	L	75	25	4.86	15.50	1.90	13.21
18	150	L	50	50	4.51	14.75	1.97	16.10
19	150	L	25	75	4.12	14.50	2.09	12.42
20	150	L	0	100	4.01	14.25	1.78	16.97
21	100	L	100	0	3.65	12.50	1.74	13.04
22	100	L	75	25	3.66	13.25	1.93	13.47
23	100	L	50	50	4.93	13.25	2.27	18.28
24	100	L	25	75	5.09	14.75	2.27	19.60
25	100	L	0	100	3.82	12.50	1.94	12.42
26	50	L	100	0	4.53	14.50	1.88	11.37
27	50	L	75	25	3.51	12.75	1.92	13.12
28	50	L	50	50	3.41	12.25	1.90	13.65
29	50	L	25	75	4.61	14.50	1.92	13.30
30	50	L	0	100	3.85	12.00	1.97	13.91
31	Test. Abs. + cal				3.54	10.25	2.07	10.12
32	Test. relat.				4.01	13.00	2.09	10.02
33	Test. absoluto				4.44	12.60	2.06	10.92

\* I = Incorporado

L = Localizado

\*\* H = P hidrosoluble

C = P citrosoluble

Cuando se utilizaron 150 kg de  $P_2O_5$ /ha se encontró la mayor cantidad de P aprovechable para las proporciones  $P_1$  (22.32 p p m - 100 o/o soluble en agua) y  $P_5$  (16.80 p p m - 100 o/o soluble en citrato de amonio), no encontrándose diferencias significativas entre ellas. Con 100 y 50 kg no se hallaron diferencias significativas entre las proporciones (fig 1).

La fijación fué igual y alta para las dos fuentes de P y está de acuerdo con la capacidad de fijación del suelo. En el análisis de varianza, donde se determina el efecto de los tratamientos sobre el peso seco del grano y número de granos por vaina, no hubo ninguna respuesta significativa para ninguna de las fuentes de variación. El análisis de varianza para número de vainas por planta presentó una diferencia significativa entre el testigo absoluto encalado y los tratamientos, lo cual pudo deberse a que si bien el desarrollo de vainas fué bueno, la formación de granos fué deficiente, lo que condujo a número total de granos y peso seco bajos.

Las mejores producciones se obtuvieron cuando se aplicaban dosis altas de 150 y 100 kg de  $P_2O_5$ /ha.

### 3.2. Efecto residual del P en el suelo y en la producción de soya. Suelo de Villarrica.

Según el análisis estadístico del efecto de los tratamientos sobre el P aprovechable en el suelo, se observó una respuesta significativa para dosis, formas de aplicación y la interacción dosis por forma.

La mayor cantidad de P aprovechable quedó en el suelo cuando se aplicó 150 kg, presentando diferencias significativas con las aplicaciones de 100 y 50 kg de  $P_2O_5$ /ha (Cuadro 5).

La aplicación localizada dejó más cantidad de fósforo aprovechable en el suelo (9.46 p p m) que la incorporada (6.68 p p m).

En la interacción dosis por forma se encontró mayor cantidad de P aprovechable cuando se aplicaban 150 kg en forma localizada, presentando diferencias significativas con las dosis de 100 y 50 kg/ha. Cuando se incorporó el fertilizante no se presentaron diferencias significativas entre las dosis (fig. 2).

En el análisis de varianza del efecto de los tratamientos sobre el peso seco del grano y número de vainas por planta, hay una respuesta significativa a las dosis aplicadas. En tanto que para la variable número de granos por vaina, el efecto entre la proporción por dosis dió significativa al 5 o/o.

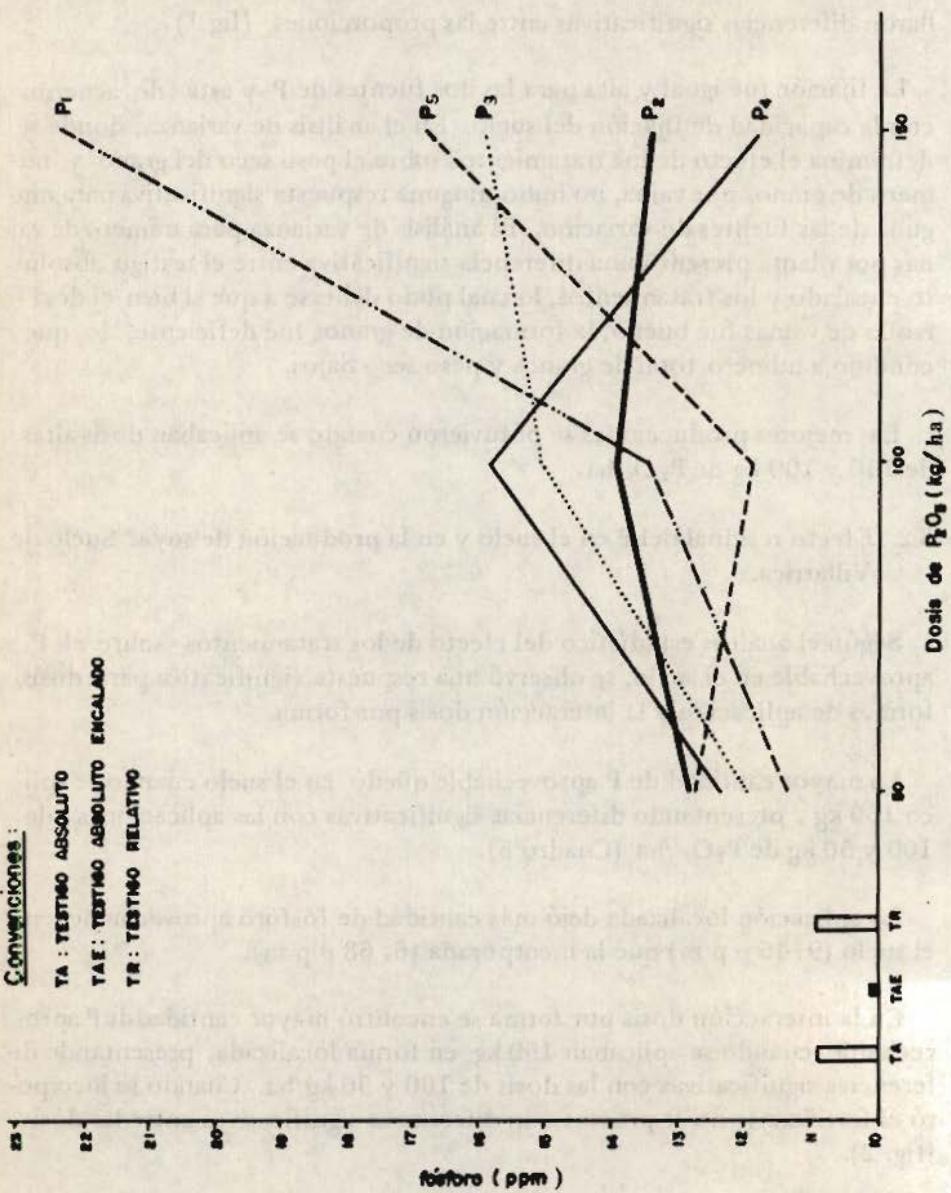


FIG. 1 Interacción proporción por dosis variable ppm de fósforo. (Suelo de "El Placer")

Cuadro 5

Promedios de las variables estudiadas para el suelo de Villarrica

Tratamiento	Peso seco del grano	No. de vainas por planta	No. de granos por vaina	P ppm
1	4.21	11.5	2.10	7.35
2	4.18	13.75	2.05	7.87
3	3.87	13.00	1.97	9.80
4	4.86	14.50	2.12	7.08
5	4.16	15.25	1.85	8.48
6	4.54	12.50	2.30	6.73
7	4.53	12.75	2.23	7.00
8	3.44	12.25	1.54	8.48
9	3.71	10.50	2.11	5.86
10	3.77	12.00	1.97	7.26
11	3.63	12.25	1.84	7.00
12	3.92	12.50	2.05	6.30
13	4.11	13.00	2.08	5.95
14	3.76	11.50	2.17	8.22
15	3.81	10.25	2.05	6.82
16	4.15	13.50	2.05	11.96
17	4.36	14.25	2.25	12.16
18	4.24	15.50	1.78	17.14
19	4.09	12.75	2.06	21.52
20	4.27	12.00	1.99	7.96
21	4.11	12.00	2.21	9.53
22	4.25	13.50	2.08	6.21
23	3.75	13.75	1.86	9.18
24	4.28	13.50	2.10	6.56
25	3.87	12.75	1.85	5.51
26	3.28	11.50	1.71	8.04
27	3.30	11.00	1.80	5.68
28	3.68	12.00	1.95	9.16
29	3.13	11.00	1.96	4.55
30	2.93	9.50	2.14	6.69
31	3.47	11.50	2.17	4.90
32	2.78	9.75	1.86	5.25

cuales de las formas de aplicación de los nutrientes más adecuadas para el cultivo.

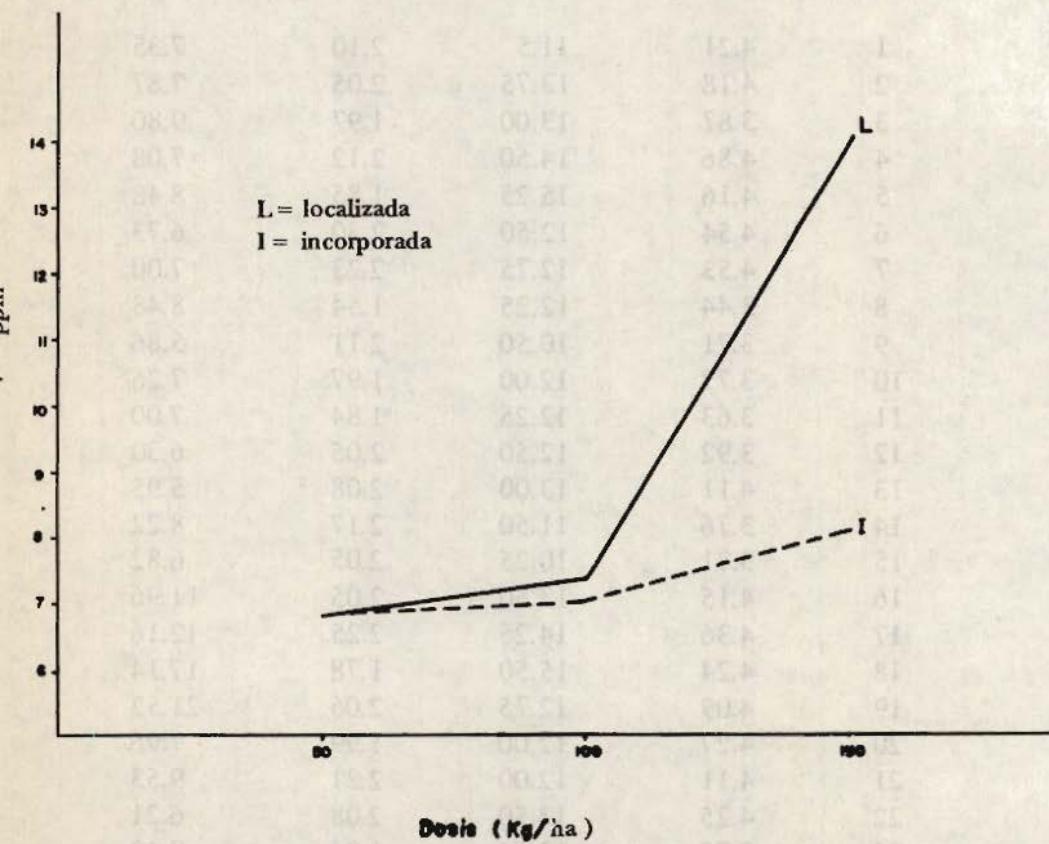


FIG. 2 Interacción forma de aplicación por dosis variable ppm de fósforo (Suelo de "Villarrica")

Para 100 kg de  $P_2O_5$  /ha las proporciones  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_4$  no presentaron diferencias significativas y se obtenian los mejores rendimientos.

Al llevar a cabo la prueba multirango, para conocer el efecto de dosis sobre el peso seco del grano, se encontraron diferencias significativas entre las dosis 150 y 50 kg , pero no entre las de 100 y 50 kg/ha. Es importante hacer notar como la producción en este suelo respondió mejor a la cantidad de P aplicado, ya que el contenido de fósforo inicial se elevó en promedio alrededor del 150 o/o.

Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se utilizaron las proporciones  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  y dosis altas.

#### 4. CONCLUSIONES

##### 4.1.Suelo de El Placer:

4.1.1 La mayor cantidad de fósforo aprovechable quedó en el suelo cuando se aplicaron 150 y 100 kg de  $P_2O_5$  /ha, sin presentar diferencias significativas entre ellos.

4.1.2 La aplicación localizada del abono dejó un remanente mayor de fósforo aprovechable.

4.1.3 Hubo una respuesta significativa a la interacción proporción x dósis para la variable P en el suelo. Cuando se aplicaron 150 kg/ha la fijación fué igual para las dos fuentes de fósforo.

4.1.4 El análisis de varianza del efecto residual de las fuentes de fósforo en el peso seco del grano y el número de granos por vaina, no detectó diferencias significativas para ninguna de las fuentes de variación.

4.1.5 El análisis de varianza para determinar el efecto en el número de vainas por planta presentó una diferencia significativa entre el testigo absoluto encalado vs. tratamientos.

4.1.6 Las diferencias en el contenido de fósforo residual en el suelo no alcanzaron a influir en la producción de la segunda cosecha de soya.

4.1.7 Los mejores rendimientos se obtuvieron cuando se aplicaron en forma localizada las dosis altas (150 y 100 kg).

#### **4.2. Suelo de Villarrica:**

- 4.2.1 La mayor cantidad de fósforo aprovechable quedó en el suelo cuando se aplicó una dosis de 150 kg/ha. Cuando se aplicaron 100 y 50 kg la cantidad fué significativamente menor.
- 4.2.2 La aplicación localizada dejó un remanente mayor de fósforo aprovechable.
- 4.2.3. No se presentaron diferencias significativas para ninguna de las variables en cuanto a la respuesta a las proporciones de las dos fuentes fosfóricas.
- 4.2.4. El análisis de varianza para determinar el efecto residual de las dos fuentes de fósforo en el peso seco del grano y el número de vainas por planta, presentó diferencias significativas para la dosis, encontrándose los mayores resultados con 150 y 100 kg/ha.
- 4.2.5. El análisis de varianza para determinar el efecto sobre el número de granos por vaina, presentó diferencias significativas para la proporción por dosis. Cuando se aplicaban 100kg en las proporciones.
- P<sub>1</sub> (100 o/o soluble en agua),  
P<sub>2</sub> (75 o/o en agua y 25 o/o en citrato) y  
P<sub>4</sub> (25 o/o soluble en agua y 75 o/o soluble en citrato), correspondió el mayor número de granos sin presentar diferencias significativas entre ellas.
- 4.2.6 La producción respondió mejor a la cantidad de fósforo aplicado, ya que el método químico y el biológico detectaron el efecto del fósforo residual.
- 4.2.7. Los mejores rendimientos se obtuvieron con dosis altas (150 y 100 kg) en las proporciones.
- P<sub>1</sub> (100 o/o soluble en agua),  
P<sub>2</sub> (75 o/o en agua y 25 o/o en citrato de amonio) y  
P<sub>3</sub> (50 o/o soluble en agua y 50 o/o soluble en citrato de amonio), sin presentar diferencias significativas entre ellas.

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

1. COOKE, C. W. The control of soil fertility. London, Crosby Lockwood, 1967. 14 p.

2. DOMINGUEZ, V. A. Abonos Minerales. 4a Ed. Madrid, Ministerio de Agricultura, 1973. pp. 134 - 135.
3. FASSBENDER, H. W. Aspectos físico-químicos de las interacciones del fósforo con otros elementos. Suelos Ecuatoriales. (Colombia), 6 (1): 57- 59. 1974.
4. MILLAR, C. et al. Fundamentals of soil science. 4 th ed. New York , Willey. 1964. 307 p.
5. SAUCHELLI, V. Phosphate in agriculture. New York, Chapman and Hall, 1965. 157 p.
6. VELA, D. M. Correlación de análisis para fósforo en seis suelos cañeros de la región de Cordoba, en el estado de Veracruz. Tesis M. Sc. Chapingo, (México), Escuela Nacional de Agricultura, 1967. 53p.