

RESPUESTA AL FOSFORO APLICADO A DOS PROFUNDIDADES Y SU EFECTO EN EL
RENDIMIENTO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)^{1/}

M. Thung, J. Ortega y R. Rodríguez^{2/}



1. Introducción

En varios países latinoamericanos, el frijol se cultiva en diferentes tipos de clima y suelos. Uno de los problemas limitativos se relaciona con bajo contenido y alta fijación de fósforo por bajo pH, alta toxicidad de Al y de vez en cuando Al y Mn en conjunto.

Muchos investigadores encuentran respuestas significativas a la fertilización fosfórica en la producción de frijol. Miyasaka et al. (1966), informan que en suelos de Sao Paulo, Brasil, el 57% de los ensayos hechos con fósforo dieron respuestas positivas.

Anderson (1974) observa en suelos de Kenia, Africa, respuestas al fósforo cuando el pH es menor de 5.7, la saturación de bases menor del 78% y el fósforo soluble en HCl menor de 36 ppm.

Respecto al método de aplicación del fertilizante fosforado, se han hecho investigaciones para determinar la eficiencia de la aplicación al voleo o localizada. En Andosoles de Popayán, la aplicación en banda de superfosfato triple resulta cuatro veces más eficiente que la aplicación al voleo (CIAT, 1974); mientras Núñez et al. (1981), usando

^{1/} Contribución del Programa de Agronomía de Fríjol PP, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apto. Aéreo 6713, Cali, Colombia, S.A.

^{2/} M.Thung, Ph.D., J.Ortega, MS, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apto. Aéreo 6713, Cali, Colombia, S.A., R.Rodríguez I.A., MINAG, Matanzas, Cuba.

P^{32} y N^{15} no encuentran diferencias entre la aplicación en banda y al voleo en suelos de Lima, Perú. Amaral (1971), en suelos de Brasil, compara varios métodos de aplicación superficial en surcos y concluye que la aplicación debajo y al lado (próxima) a la semilla en dos bandas, o la misma en una sola banda, fueron las mejores para cultivares de frijol; además, se puede recomendar la aplicación del fertilizante incorporado en el surco para suelos de textura pesada.

Morais y Portes (1981) estudiaron en un plantío en la estación seca de 1980 en Goiania, Brasil, el efecto de la aplicación superficial y profunda a 20 cm de fertilizantes en el sistema radicular del frijol, con diferentes distancias de siembra y población de plantas. En primera instancia encontraron para su período reproductivo, mayor densidad (entre 1.0 y 1.8 cm/cm³) de raíces con la aplicación profunda dentro de surcos y entre surcos de siembra.

Hasta el momento, son escasos los resultados en la literatura sobre el efecto de profundidad de aplicación de fertilizante fosfatado en el rendimiento del frijol.

La presente investigación trata de definir el efecto de la aplicación superficial y profunda de superfosfato triple, con tres niveles de fósforo, en el rendimiento y comportamiento de cuatro variedades de frijol.

2. Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en la estación experimental CIAT-Quilichao, en el Departamento del Cauca, con una altitud de 990 msnm, una precipitación promedio bimodal anual de 1800 mm y una temperatura de 23°C.

Algunas características del suelo donde se realizó el experimento son: suelo Ultisol, orthoxic, paleuhumult, con pH 3.9, contenido de

fósforo 1.9 ppm (Bray II), Mn de 20 ppm (KCl), Al de 3.7 me/100 gr de suelo y relativamente alto (7.1%) contenido de materia orgánica.

Se utilizaron tres variedades eficientes de frijol: Carioca, G 4000 e ICA-Pijao, y Puebla 152, ineficiente en la utilización de fósforo por el suelo.

Se usó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones. El área total por parcela fué de 12 m². De cada variedad se sembraron seis surcos de 4 m, distanciados a 0.5 m. Se raleó dejando una población final de 25 plantas/m².

Los tratamientos constaron de: 1) aplicación en banda superficial a 5 cm y en banda profunda a 25 cm; 2) niveles de fósforo: 0, 66 y 131 kg P/ha.

Como fertilización básica se añadieron los siguientes nutrimentos y correctivos: 100 kg/ha de nitrógeno como úrea, 75 kg/ha de K₂O como KCl, 1 kg/ha de B como borax, 1 kg/ha de Mg como sulfato de magnesio, 5 kg/ha de Zn como sulfato de zinc y 20 kg/ha de S como azufre con 80% de pureza.

Durante el experimento, se aplicaron las prácticas culturales requeridas tanto para el control de malezas como para el de plagas y enfermedades, además de cinco riegos por aspersión.

Se efectuó un muestreo a los 21 días y al inicio de la floración para análisis de absorción de P₂O₅, medición de raíces e índice de área foliar. Se tomaron notas de los aspectos fenológicos relacionados con días a germinación, días a floración, días a madurez fisiológica, además de los componentes de rendimiento. La cosecha se realizó a los 90 días y se trilló con trilladora Almaco. El rendimiento se evaluó en base a 14% de humedad. La respuesta al fósforo mediante la ecuación:

Rendimiento Tratamiento - Rendimiento Testigo (kg/ha)

ΔP_2O_5 (kg/ha)

3. Resultados y Discusión

El rendimiento promedio de 1421 kg/ha se logró con la aplicación profunda de fósforo, mientras que con la superficial fue de 1263 kg/ha. El nivel óptimo de superfosfato triple obtenido en este ensayo es de 66 kg P/ha. Por encima de esta dosis, no hubo aumento de rendimiento con la aplicación profunda, mientras que con la superficial se disminuyó el mismo en 268 kg/ha (Fig. 1).

Las variedades eficientes a bajo fósforo como Carioca y G 4000 rindieron más que Puebla 152, especialmente en el tratamiento donde no se aplicó fósforo. Carioca obtuvo el más alto rendimiento (Fig. 2). Al comparar las variedades eficientes e ineficientes de Hábito III, Carioca y Puebla 152 aumentan su rendimiento hasta el nivel de 66 kg P/ha. Incrementando la dosis de fósforo hasta 131 kg P/ha, el rendimiento de Carioca no aumentó, mientras que Puebla 152 disminuyó (Fig. 3). Este aumento o disminución del rendimiento se debe principalmente al cambio del número de vainas por metro cuadrado (Fig. 4).

Con la aplicación de fósforo a la variedad Carioca en la dosis hasta 66 kg P/ha aumentaron el número de vainas/m² y ligeramente el peso de 100 semillas. La aplicación de 131 kg P/ha no aumentó más el número de vainas/m², pero si aumentó ligeramente el peso de 100 semillas. Esto ocurre con ambos métodos de aplicación. Puebla 152 también aumentó el número de vainas/m² con la aplicación de 66 kg P/ha en forma superficial y profunda, pero el peso de 100 semillas disminuyó con la aplicación superficial y aumentó con la aplicación profunda de fósforo (Fig. 5). Al aumentar la dosis a 131 kg P/ha, ambos componentes de rendimiento se mermaron. Esto causó el bajo rendimiento de Puebla 152 en dosis de 131 kg P/ha.

La diferencia en rendimiento no se refleja en datos fenológicos (Fig. 6). Entre la aplicación superficial y profunda de fósforo no hubo diferencia en el número de días a floración y madurez fisiológica, ambas con 32 y 41 días, respectivamente.

Se observa una diferencia significativa entre tratamientos con y sin aplicación de fósforo. Cuando éste no se aplica, el frijol crece lentamente, los días a floración se alargan en cuatro y la duración de la fase generativa de la planta en cinco días en comparación con la aplicación de fósforo. La única excepción se observa en tratamientos sin fósforo, cuando el suelo recibe preparación profunda; entonces la fase generativa se acorta a 37 días. Esto indica que bajo estrés de fósforo el período vegetativo del frijol se alarga sin aumentar el rendimiento, aunque en el período generativo se mantiene igual, como si se hubiese aplicado fósforo (Fig. 6). No hubo diferencia significativa en los datos fenológicos por variedades.

La producción de materia seca total 21 días después de la germinación y floración aumenta con fertilización de fósforo hasta 66 kg P/ha en ambos métodos de aplicación. La producción continúa aumentando ligeramente cuando se fertiliza profundamente hasta 131 kg P/ha, mientras que con la aplicación superficial disminuye. El crecimiento de raíces, tallos y hojas del frijol al nivel de 66 kg P/ha, a los 21 días después de la germinación, es mayor cuando el fósforo se aplica en forma superficial que en forma profunda. En la época de floración no se observó diferencia tan marcada como a los 21 días después de germinación. Esto indica que el frijol aprovecha mejor el fósforo cuando está cerca de su zona radicular, pero con el tiempo este sistema se desarrolla lo suficiente como para absorber fósforo de la zona más profunda del suelo. Aunque el frijol tiene mejor producción de materia seca hasta la época de floración por aplicación superficial, el rendimiento muestra lo contrario. A los 21 días después de germinación, la longitud de la raíz principal de las variedades eficientes

Carioca y G 4000 es mayor que la de la variedad ineficiente Puebla 152, pero no hubo diferencia significativa en ICA-Pijao (Cuadro 1).

En la época de floración desaparece la diferencia entre la longitud de raíces principales y las variedades. Con la aplicación profunda en época de floración, ICA-Pijao tiene la mayor longitud de raíces, pero esto no se manifiesta en el rendimiento. Al contrario, Carioca tiene la mayor longitud de raíz principal en la época de floración con aplicación superficial, pero su mayor rendimiento se obtiene por aplicación profunda.

El número de raíces laterales es el mismo entre las variedades a los 21 días después de germinación y floración. Con la aplicación superficial de fósforo con dosis de 60 kg P/ha se desarrollaron raíces más ligeramente que con la aplicación profunda, excepto la variedad ineficiente Puebla 152. Esta diferencia desapareció en la época de floración como también la de longitud de raíces.

La morfología de las raíces principales de las variedades eficientes es más fuerte y vigorosa aunque el peso total de las mismas en las ineficientes es mayor que la de las eficientes. Esto quiere decir que el desarrollo longitudinal inicial de las raíces principales es más importante que el desarrollo tardío. Esto se comprobó con el rendimiento, en el cual las variedades eficientes poseen raíces principales más largas a los 21 días después de germinación que las variedades ineficientes.

El contenido de fósforo en raíces, tallos y hojas aumenta ligeramente al aumentar la dosis de fósforo a los 21 días después de germinación (Cuadro 2). Este incremento no es tan marcado durante la floración como a los 21 días después de germinación.

Con la aplicación superficial del fertilizante fosforado, se obtiene un porcentaje más alto de P en las raíces a los 21 días después de germinación y época de floración.

En los tallos no se observa claramente la diferencia del contenido de P con diferentes métodos de aplicación. En ambas épocas de muestreo se observó en las hojas un mayor porcentaje de fósforo por aplicación profunda, excepto cuando no recibió ningún fertilizante fosforado. En ellas se encontró mayor contenido de P que en otras partes de la planta.

Entre las variedades no se encuentran diferencias marcadas, pero hay indicaciones de que en los tallos y hojas de las variedades eficientes como Carioca y G 4000 hay más alto contenido de P que en las ineficientes como Puebla 152, tanto a los 21 días después de germinación como en la época de floración, cuando no se aplica fósforo. Con la aplicación del fertilizante fosforado la diferencia no es tan marcada como en el caso anterior (Cuadros 2 y 3). Similar comportamiento fué informado por CIAT, 1980.

La absorción total de fósforo por las plantas de frijol 21 días después de germinación, en el tratamiento de aplicación superficial de fósforo fué mayor con la dosis de 66 kg P/ha. Este comportamiento también se observó en cada parte de la planta (raíz, tallo, hojas). Con la aplicación profunda se presenta similar tendencia a los 21 días, pero durante la floración, la absorción de fósforo sigue aumentando con el incremento de la dosis.

En general, la mayor absorción de fósforo se encuentra en las hojas y la menor en las raíces, mientras que en los tallos hay una absorción intermedia (Cuadro 4 y 5).

La respuesta del frijol a la fertilización fosforada se observa muy alta entre el rango de 0 y 66 kg de P/ha aplicado superficialmente o en forma profunda. La respuesta a dosis más altas de fósforo aplicado superficialmente resultó negativa para los rendimientos del frijol; en cambio con la aplicación profunda no hubo respuesta negativa, excepto para la variedad Puebla 152 en el rango más alto de aplicación pro-

funda. La variedad Carioca dio respuesta muy positiva en los rangos altos y bajos de aplicación profunda de fósforo (Cuadro 6).

Después de la aplicación de 5 ton/ha de CaCO_3 equivalente, distintos correctivos y diferentes tratamientos de profundidad y niveles de fósforo, el nivel de Al disminuyó de 3.7 a 1.8 me/100 gr de suelo, en muestra tomada de 0-20 cm. La saturación de Al merma de 74% hasta 30%, nivel en el cual la toxicidad de Al para el frijol está bajo control debido al alto contenido de materia orgánica. Con el contenido bajo de este, el nivel de saturación de Al debe ser menor del 30%. El Mn después del tratamiento del suelo con los correctivos y el tratamiento de fósforo merma de 26.4 hasta 24.2 ppm en la capa de 0-20 cm, mientras que de 20-40 cm se queda en la mitad (10.1 ppm). Esto indica que el Mn disponible en el suelo se acumula principalmente en la capa arable de 0-20 cm. Con la aplicación superficial de diferentes dosis de fósforo, se observa una disminución de Al intercambiable en la capa de 0-20 cm, mientras que en la aplicación profunda casi no hubo cambio en el contenido de Al intercambiable, aunque estuvo ligeramente por debajo del nivel de Al intercambiable de aplicación superficial. Esta diferencia se puede reducir con una mejor preparación del suelo cuando se aplica en forma profunda. El nivel de Al intercambiable en el muestreo de 20-40 permanece igual que en el tratamiento superficial. El nivel de fósforo dentro de la capa de 0-20 cm después de la cosecha casi no varía, pese a que se aplican hasta 131 kg P/ha. En la capa más profunda (20-40 cm) tampoco se observa variación en el contenido de fósforo en el suelo (Cuadro 7). Esto indica que la capacidad de fijación de fósforo en estos suelos es alta, e implica que debe aplicarse fósforo adicional en la siguiente siembra, ya que el efecto residual de fósforo sería muy bajo.

4. Conclusiones

- Con la aplicación de 66 kg/ha de P en forma de superfosfato triple del 46%, se obtuvo mayor rendimiento, respuesta y aprovechamiento del fósforo por el frijol.
- { El mayor rendimiento se logró por aumento en el número de vainas por planta y número de semillas por planta; el número de semillas por vaina y el peso de 100 semillas no incidieron positivamente en los rendimientos.
- { La aplicación profunda tuvo mejor efecto en los rendimientos del frijol en todos los niveles de P utilizados. Esta diferencia en rendimientos sería más marcada si hubiese habido estrés por agua.

BIBLIOGRAFIA

1. AMARAL, F.D. 1977. Efecto del método de aplicación del fertilizante sobre el cultivo del frijol. Revista Ceres (Brasil). En: Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT, Vol. 1. p 130.
2. ANDERSON, G.D. 1978. Respuesta del frijol a la fertilización en el monte Kilimanjaro en relación a las condiciones de clima y suelo. Journal East African Agriculture and Forestry. Resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT, Vol. 2. p 130.
3. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1977. Programa de Frijol. Informe Anual. p 58-62.
4. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJAO. 1981. Sistema radicular do feijoeiro e profundidade de aplicação do adubo. Pesquisa em andamento. p 3/3. No. 31.
5. NUÑEZ, G. y VALVERDE-SUÁREZ, C. 1981. Eficiencia en el uso de nitrógeno y fósforo en el cultivo de frijol con fertilizantes isotópicamente marcados. Informe especial No. 11 de INIPA-CIPA, Lima, Perú.
6. SOIL SURVEY STAFF. 1970. Selected chapters from the unedited text of the soil taxonomy of the National Cooperative Soil Survey. USDA. U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.

Cuadro 1. Longitud, peso seco y recuento de raíces laterales en el nivel de 66 kg/ha P afectado por diferente profundidad de aplicación.

Variedades	A los 21 días de sembrada			Durante la floración		
	Longitud Raíz Principal (cm)	No. Raíces Laterales por planta	Peso seco de Raíces (g)	Longitud Raíz Principal (cm)	No. Raíces laterales por planta	Peso seco de Raíces (g)
Aplicación Superficial (5 cm)						
G 4000	10.60	20	0.70	19.93	15	2.10
Carioca	9.00	12	0.90	23.43	21	3.40
Ica-Pijao	9.33	17	1.50	19.00	19	2.10
Puebla 152	8.33	20	1.00	22.86	22	3.00
\bar{X}	9.32	17.25	1.03	21.31	19.25	2.65
Aplicación Profunda (25 cm)						
G 4000	11.67	13	0.50	21.17	17	2.20
Carioca	20.33	16	1.20	20.20	18	2.10
Ica-Pijao	10.67	19	1.00	26.67	21	2.60
Puebla 152	8.33	15	0.60	23.87	24	2.10
\bar{X}	12.75	15.75	0.83	22.98	20	2.25
\bar{X}	11.04	16.50	0.93	22.14	19.23	2.45

Cuadro 2. Contenido de P en raíz, tallo y hojas de frijol a los 21 días afectado por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

Variedades	Contenido de P (%) en:								
	Raíces			Tallos			Hojas		
	Nivel de P								
	0	66	131	0	66	131	0	66	131
Aplicación Superficial (5 cm)									
G 4000	0.12	0.17	0.22	0.17	0.21	0.26	0.25	0.29	0.35
Carioca	0.13	0.17	0.26	0.17	0.20	0.26	0.24	0.27	0.37
Ica-Pijao	0.11	0.18	0.21	0.15	0.20	0.22	0.23	0.28	0.32
Puebla 152	0.13	0.16	0.28	0.16	0.14	0.30	0.23	0.37	
\bar{X}	0.12	0.17	0.24	0.16	0.19	0.26	0.24	0.30	0.35
Aplicación Profunda (25 cm)									
G 4000	0.13	0.18	0.21	0.18	0.29	0.29	0.24	0.41	0.40
Carioca	0.13	0.16	0.15	0.27	0.27	0.27	0.19	0.39	0.38
Ica-Pijao	0.11	0.16	0.17	0.14	0.23	0.25	0.18	0.31	0.38
Puebla 152	0.12	0.17	0.17	0.15	0.29	0.24	0.19	0.38	0.36
\bar{X}	0.12	0.17	0.18	0.16	0.27	0.26	0.20	0.37	0.38

Cuadro 3. Contenido de P en raíz, tallo y hojas del frijol durante la floración afectado por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

Variedades	Contenido de P (%) en:								
	Raíces			Tallos			Hojas		
	Nivel de P								
	0	66	131	0	66	131	0	66	131
Aplicación Superficial (5 cm)									
G 4000	0.14	0.14	0.17	0.28	0.25	0.25	0.29	0.31	0.34
Carioca	0.15	0.17	0.20	0.20	0.26	0.26	0.27	0.30	0.33
Ica-Pijao	0.14	0.16	0.17	0.18	0.23	0.25	0.28	0.31	0.33
Puebla 152	0.15	0.14	0.18	0.19	0.21	0.24	0.26	0.26	0.32
\bar{X}	0.15	0.15	0.18	0.21	0.24	0.25	0.28	0.30	0.33
Aplicación Profunda (25 cm)									
G 4000	0.13	0.15	0.14	0.24	0.24	0.26	0.34	0.32	0.34
Carioca	0.15	0.15	0.16	0.22	0.21	0.25	0.30	0.33	0.34
Ica-Pijao	0.12	0.13	0.14	0.20	0.20	0.24	0.31	0.32	0.32
Puebla 152	0.13	0.14	0.16	0.18	0.24	0.21	0.29	0.32	0.31
\bar{X}	0.13	0.14	0.15	0.21	0.22	0.24	0.31	0.32	0.33

Cuadro 4. Absorción de P en mg/m² durante la floración afectada por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.*

Variedades	P Absorbido (mg/m ²)											
	Raíces			Tallos			Hojas			Absorción Total		
	Nivel de P											
	0	66	131	0	66	131	0	66	131	0	66	131
Aplicación Superficial (5 cm)												
G 4000	6.61	17.30	16.76	34.61	146.88	97.20	49.94	184.26	130.80	91.16	348.44	244.76
Carioca	8.33	25.26	24.16	24.44	176.57	150.20	49.87	204.15	205.79	82.64	405.98	380.15
Ica-Pijao	10.88	34.00	26.91	25.99	181.75	96.18	57.93	238.95	143.91	94.80	454.70	267.00
Puebla 152	7.50	17.11	16.24	29.01	171.19	105.00	49.45	188.50	152.00	85.96	376.80	273.24
\bar{X}	8.33	23.42	21.02	28.51	169.10	112.15	51.80	203.97	158.13	88.64	396.48	291.29
Aplicación Profunda (25 cm)												
G 4000	4.88	19.37	15.93	22.99	130.32	132.52	47.67	200.00	183.67	75.54	330.32	332.02
Carioca	8.12	17.49	18.43	56.21	167.41	153.80	101.64	296.54	247.42	165.97	481.44	419.65
Ica-Pijao	7.16	20.03	24.68	21.38	93.32	124.66	43.90	184.00	211.55	72.44	297.35	360.89
Puebla 152	10.28	14.57	20.21	44.75	130.66	140.57	89.00	187.66	248.84	144.03	332.99	409.62
\bar{X}	7.61	17.87	19.81	36.33	130.43	137.89	70.55	207.08	222.87	114.50	360.53	380.55
\bar{X}	7.97	20.64	20.42	32.42	149.76	125.02	61.18	210.52	190.50	101.57	378.51	335.92

* Absorción (mg/m²) = P.S. x % E, donde: P.S. = peso seco y E = elemento

Cuadro 5. Absorción de P en mg/m² a los 21 días después de siembra afectada por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.*

Variedades	P Absorbido (mg/m ²)											
	Raíces			Tallós			Hojas			Absorción Total		
	Nivel de P											
	0	66	131	0	66	131	0	66	131	0	66	131
Aplicación Superficial (5 cm)												
G 4000	2.33	12.04	17.40	4.71	31.21	20.93	11.45	77.72	46.17	18.49	120.97	84.50
Carioca	3.06	10.63	9.39	6.60	33.88	19.86	21.00	77.25	54.46	30.66	121.76	83.71
Ica-Pijao	2.60	11.25	10.21	6.03	26.94	18.02	17.25	67.65	44.86	25.88	105.84	73.09
Puebla 152	3.07	8.21	11.26	7.33	23.22	28.74	15.32	58.48	53.95	25.71	89.91	93.95
\bar{X}	2.77	10.53	12.07	6.17	28.81	21.89	16.26	70.28	49.86	25.19	109.62	83.81
Aplicación Profunda (25 cm)												
G 4000	2.70	6.75	4.96	5.24	24.56	19.31	13.66	67.73	55.00	21.60	99.04	79.27
Carioca	3.42	4.88	4.88	7.70	25.11	21.74	20.31	80.69	68.06	31.43	110.68	94.68
Ica-Pijao	3.05	5.55	7.07	6.22	17.87	23.95	13.50	50.38	72.28	22.77	73.80	103.30
Puebla 152	3.16	6.14	4.71	8.12	31.00	16.99	19.25	75.47	50.98	30.53	112.61	72.68
\bar{X}	3.08	5.83	5.41	6.82	24.64	20.50	16.68	68.57	61.58	26.63	99.03	87.48
\bar{X}	2.93	8.18	8.74	6.50	26.72	21.19	16.47	69.42	55.72	25.91	104.33	85.65

* Absorción (mg/m²) = P.S. x % E, donde: P.S. = peso seco y E = elemento

Cuadro 6. Respuesta al fósforo afectada por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

Variedades	Dosis de P en kg/ha		
	0-66	0-131	66-131
Aplicación Superficial (5 cm)			
G 4000	3.31	2.00	0.68
Carioca	6.80	5.95	-0.85
Ica Pijao	7.69	4.47	-3.21
Puebla	6.97	4.37	-2.60
\bar{X}	6.19	4.70	-1.49
Aplicación Profunda (25 cm)			
G 4000	4.74	5.86	1.11
Carioca	6.76	7.60	0.84
Ica-Pijao	6.01	6.25	0.23
Puebla	6.49	4.93	-1.56
\bar{X}	6.00	6.16	0.15
\bar{X}	6.10	5.43	-0.67

$$\text{Fórmula de respuesta al } P_2O_5 = \frac{\text{Rendimiento de trat.} - \text{Rendimiento del testigo (kg/ha)}}{\Delta \text{ tratamiento de } P_2O_5 \text{ (kg/ha)}}$$

Cuadro 7. Resultados del análisis de suelos antes de la siembra y después de la cosecha.

Epoca de Muestreo	Profundidad de Aplicación de Fosforado	Dosis de P kg/ha	Profundidad de Muestreo (cm)	Materia Orgánica (%)	P Bray II (ppm)	pH	Al (meq/100 g de suelo)	Ca	Mg	K	Mn* (KCl) (ppm)
Antes de la Siembra	-	-	0 - 20	7.1	1.9	3.9	3.7	0.8	0.32	0.20	26.0
	Superficial	0	0 - 20	7.1	2.1	4.6	2.0	3.1	-	-	26.4
		0	20 - 40	7.0	1.3	4.6	2.9	1.2	-	-	12.8
		66	0 - 20	7.3	1.9	4.7	1.9	3.1	-	-	20.3
		66	20 - 40	6.5	1.2	4.6	2.7	1.3	-	-	9.1
		131	0 - 20	7.2	2.3	4.7	1.6	3.7	-	-	25.9
		131	20 - 40	6.5	1.4	4.0	3.3	1.2	-	-	8.4
Después de la Siembra	Profunda	0	0 - 20	7.0	2.1	4.6	1.6	3.2	-	-	20.8
		0	20 - 40	6.9	1.2	4.6	2.8	1.5	-	-	10.0
		66	0 - 20	7.2	-	4.7	1.6	3.6	-	-	22.6
		66	20 - 40	6.5	6.7	4.6	2.3	1.6	-	-	12.8
		131	0 - 20	7.0	2.3	4.6	1.4	3.9	-	-	25.4
		131	20 - 40	6.5	1.7	4.6	2.8	1.3	-	-	12.0

* Analizado en solución de KCl 1N.

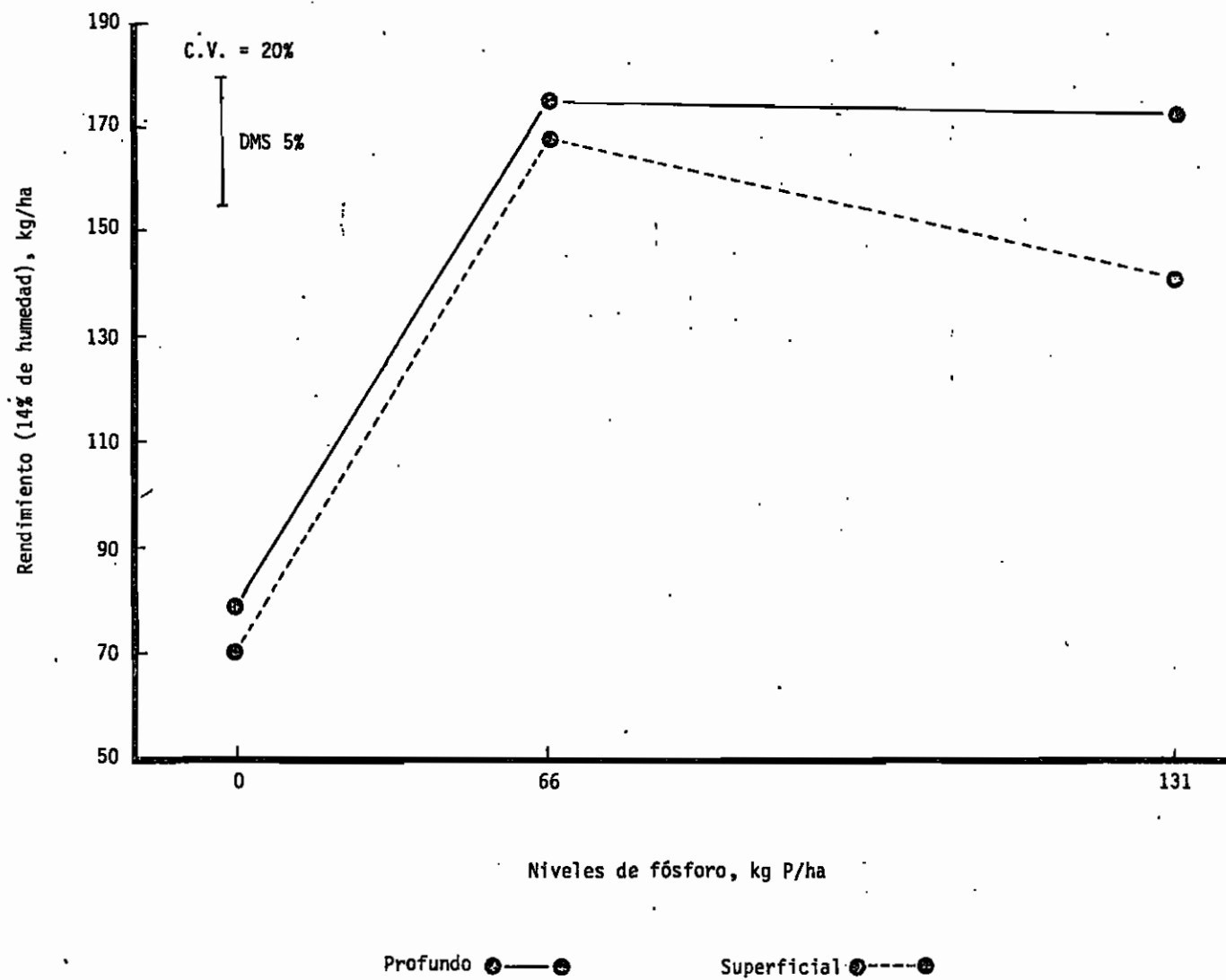


Figura 1. Rendimiento del frijol (14% de humedad) afectado por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

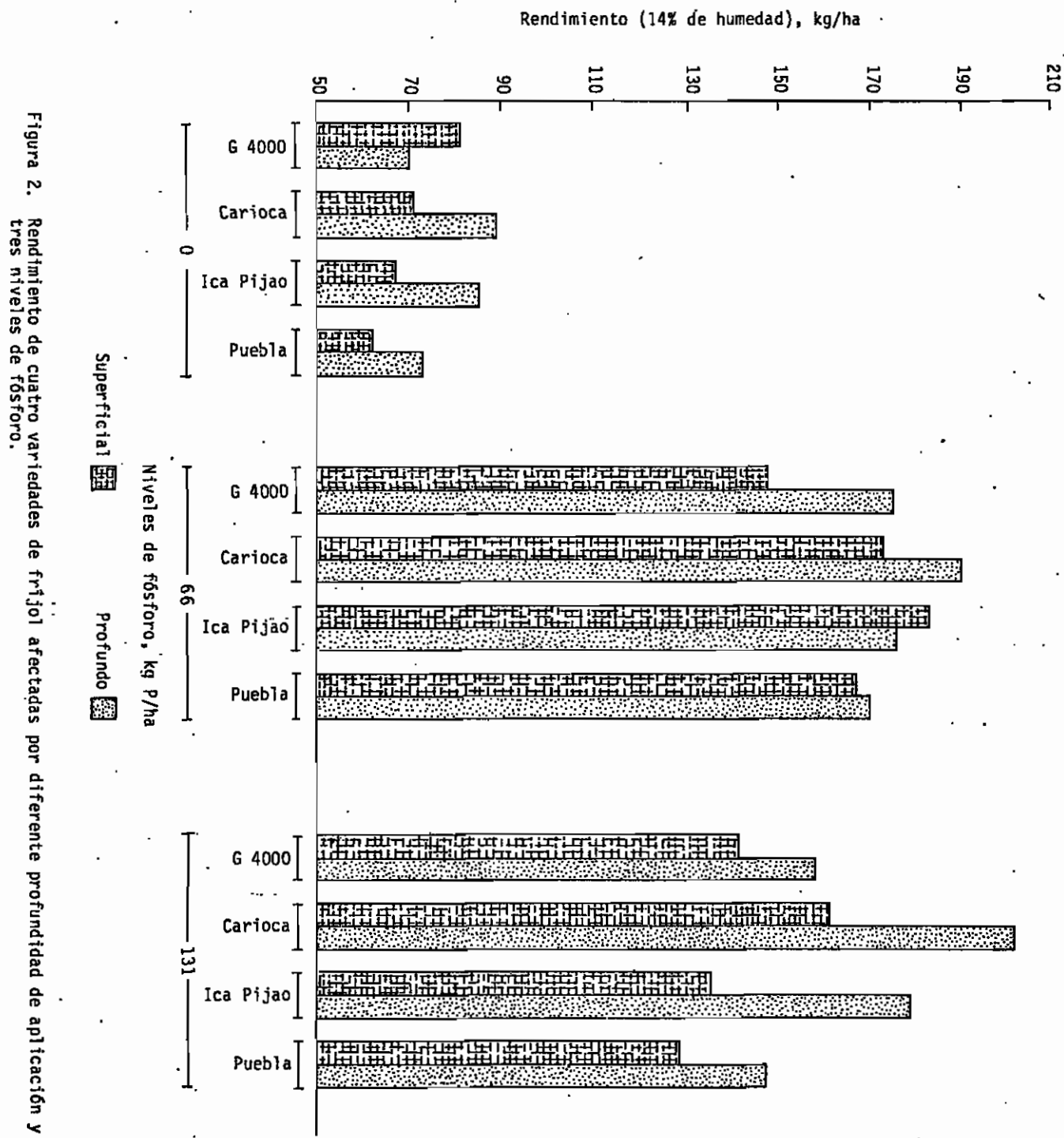


Figura 2. Rendimiento de cuatro variedades de frijol afectadas por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

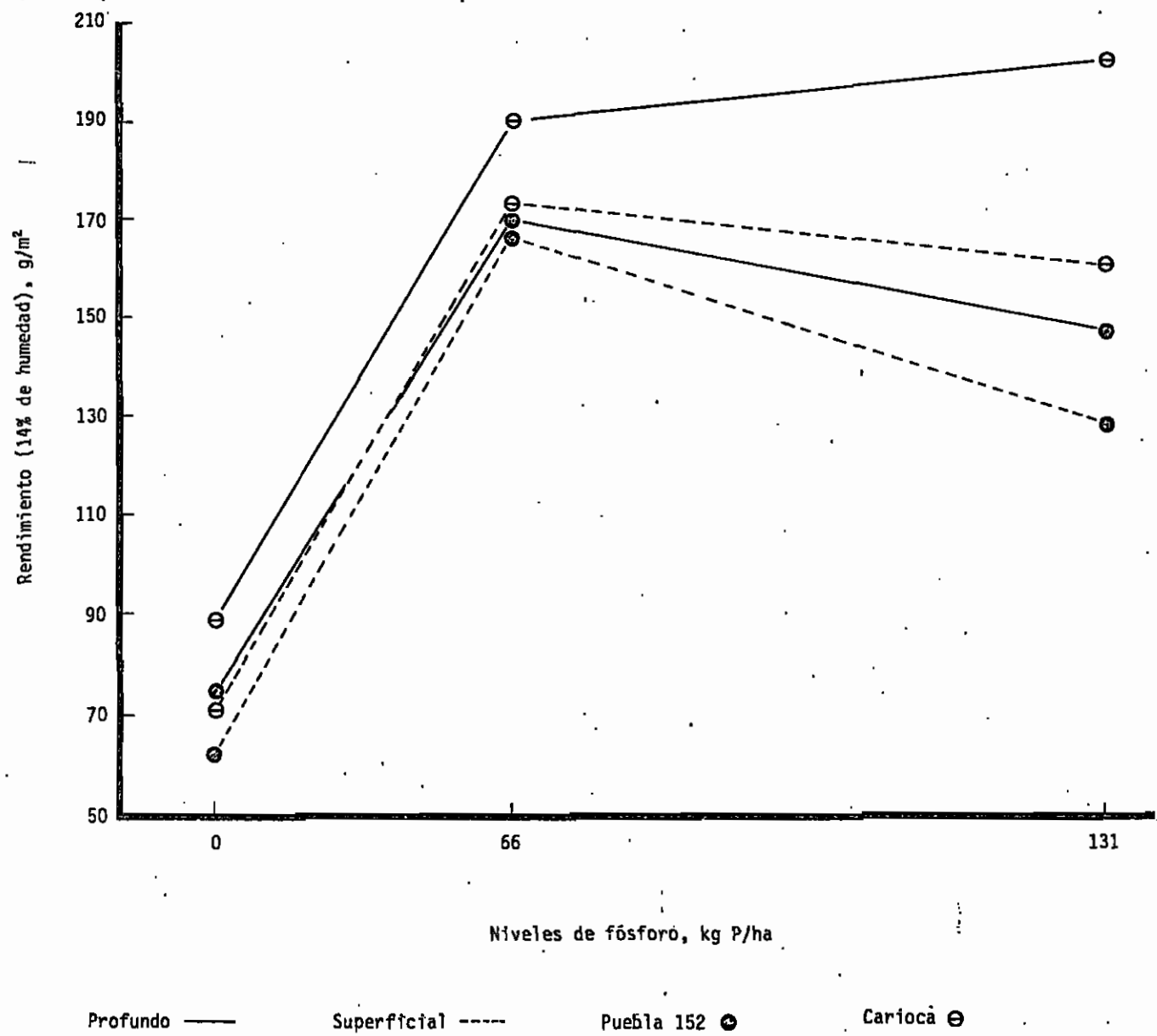
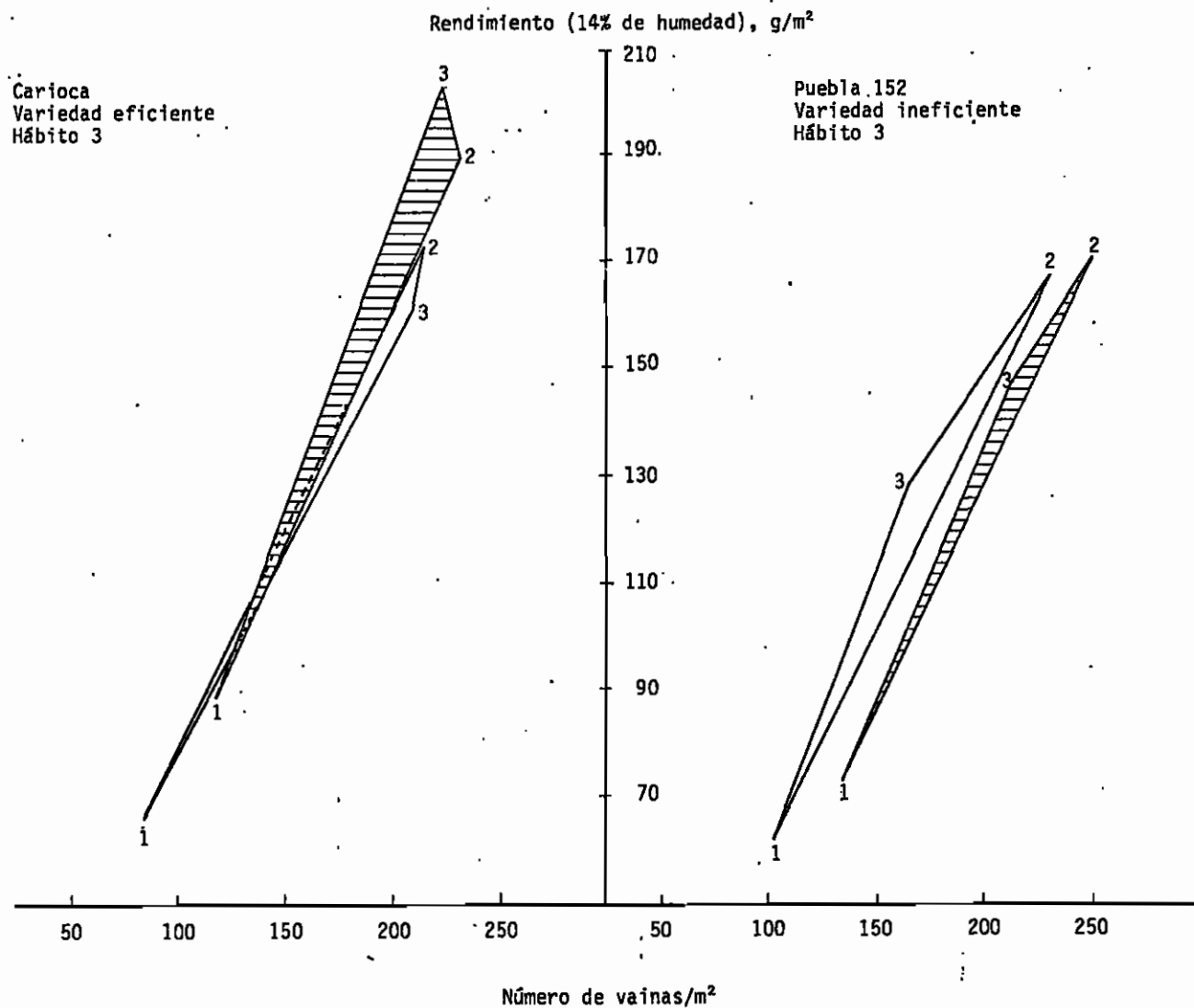


Figura 3. Rendimiento de dos variedades de frijol afectadas por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.



Niveles de fósforo aplicado: 1 = 0 kg P/ha 2 = 66 kg P/ha 3 = 131 kg P/ha

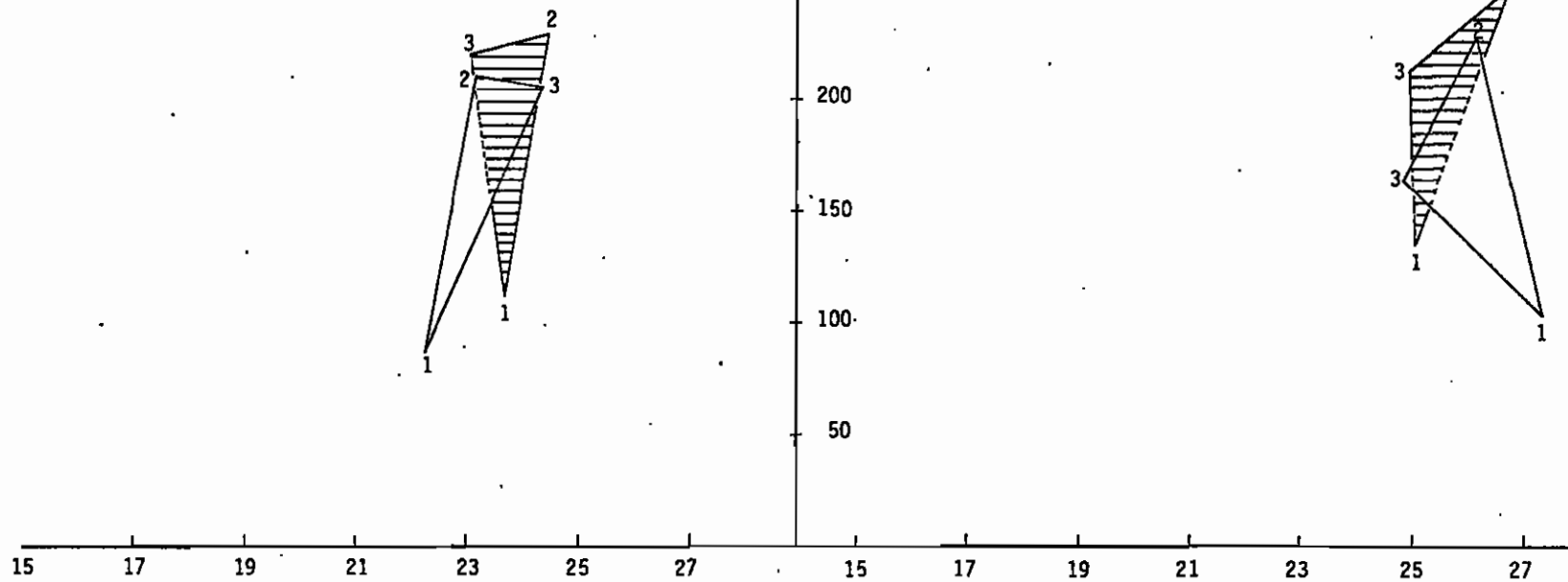
Profundo ▬

Superficial □

Figura 4. Análisis componente de rendimiento de dos tipos de frijol afectados por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

Carioca
 Variedad eficiente
 Hábito 3

Puebla 152
 Variedad ineficiente
 Hábito 3



Peso de 100 semillas g, (14% de humedad)

Niveles de fósforo aplicado:

1 = 0 kg P/ha

2 = 66 kg P/ha

3 = 131 kg P/ha

Profundo

Superficial

Figura 5. Análisis componente de rendimiento de dos tipos de frijol afectados por diferente profundidad de aplicación y tres niveles de fósforo.

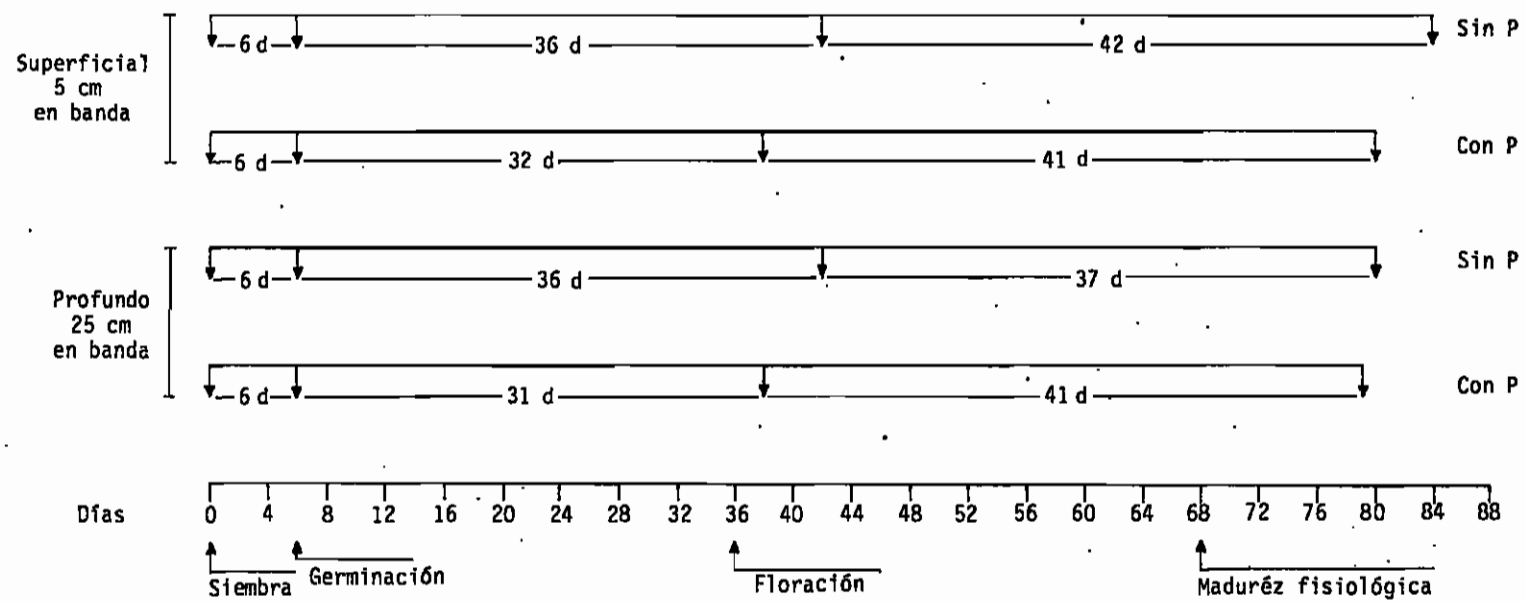


Figura 6. Datos fenológicos afectados por diferente dosis de P y distinta profundidad de aplicación de P.