

# EFECTO DEL FÓSFORO Y LA CAL EN EL FRÍJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) EN UPAIA<sup>1</sup>

*Rodolfo Araya<sup>2</sup>, Oscar Gómez<sup>3</sup>*

## RESUMEN

**Efecto del fósforo y la cal en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L) en Upala.** En dos localidades de Upala, Costa Rica: Llano Azul y Bijagua, se estableció un experimento para evaluar respuesta de la variedad Brunca y la línea MUS-133, a dos dosis de fósforo (0 y 134 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en Llano Azul, y 0 y 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en Bijagua) y dos dosis de cal (0 y 0,5 t/ha en Llano Azul, y 0 y 7,5 t/ha en Bijagua). La siembra se realizó el día 13 de diciembre en Llano Azul y el 14 de diciembre de 1994, en Bijagua. El diseño experimental empleado fue un factorial de 2x2x2 (dos variedades dos dosis de cal y dos dosis de fósforo), con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de seis surcos de 5 m de largo en Llano Azul (18m<sup>2</sup> área total) y de seis surcos de 3,5m de largo en Bijagua (12,6 m<sup>2</sup> área total). La parcela útil fueron los cuatro surcos centrales (12 m<sup>2</sup> en Llano Azul y 8,4 m<sup>2</sup> en Bijagua). El encalamiento se efectuó 26 días antes de la siembra. Las variables medidas fueron número de plantas por parcela, peso de grano, altura del dosel de vainas, vainas por planta y granos por vaina. Solo hubo respuesta a la adición de fósforo, que afectó el rendimiento, la altura de planta, el número de vainas por planta y el número de granos por vaina.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris* L., aplicación de abonos, fósforo, calcio, Costa Rica.

## ABSTRACT

**Effect of phosphorus and limestone on beans (*Phaseolus vulgaris* L) in Upala-Costa Rica.** An assay was conducted at two localities in Upala, Costa Rica: Llano Azul and Bijagua, to evaluate the effect of two doses of phosphorus (0 and 134 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha in Llano Azul and 0 and 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha in Bijagua) and two doses of limestone (0 and 0,5 t/ha in Llano Azul and 0 and 7.5 t/ha in Bijagua). The beans were planted on December 13th in Llano Azul and on December 14th, 1994 in Bijagua. A factorial experimental design 2x2x2 (two varieties, two doses of limestone and two doses of phosphorus) with four replications was used. The experimental plot consisted of six 5 m long rows in Llano Azul (18 m<sup>2</sup> total area) and six 3.5 m long rows in Bijagua (12.6 m<sup>2</sup> total area). The four central rows were the useful plot (12 m<sup>2</sup> in Llano Azul and 8.4 ml in Bijagua). The limestone was applied 26 days before planting. The parameters evaluated were: number of plants per plot, grain weight, height at the pod canopy, pods per plant and grains per pod. There was a response only to the phosphorus application; affecting the yield, plant height, number of pods per plant and number of grains per pod.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L., fertilizer application, phosphorus, calcium, Costa Rica.

<sup>1</sup> Investigación financiada por el Programa de Reforzamiento a la Investigación Agronómica sobre los Granos en Centroamérica PRIAG y el proyecto de la Vicerrectoría de Investigación 736-91-315.

<sup>2</sup> Mag. S.c., Programa de Leguminosas, Estación Experimental Fabio Baudrit M., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

<sup>3</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería.

## INTRODUCCIÓN

La deficiencia de fósforo es uno de los factores limitantes edáficos más difundidos en América Tropical, abarcando un 82 % de la extensión de tierras de esta área. En sabanas y bosques húmedos de Oxisoles y Ultisoles, esta deficiencia puede aumentar a un 96 % (Sánchez y Salinas 1983).

Los niveles bajos de fósforo son el problema más frecuente en los suelos agrícolas de Costa Rica. A nivel nacional un 74% del total de muestras de suelo analizadas presentan contenidos de P iguales o menores a  $1 \text{ mg kg}^{-1}$ . Alajuela esta entre las provincias con muestras bajas en P (Bertsch 1986).

Los mecanismos de fijación de fósforo en los suelos altamente meteorizados de los trópicos (Ultisoles y Oxisoles) y los suelos derivados de cenizas volcánicas son diferentes. El encalado en suelos tropicales viejos (Ultisoles, Oxisoles y Andisoles), en la mayoría de los casos una vez que se han controlado otras limitantes del crecimiento, tiene poco efecto sobre la disponibilidad de fósforo INPOFOS (1995). Pero sobre este tema hay todavía mucha controversia, y hay información que indica efectos positivos del encalamiento en la disminución de la fijación de fósforo (Sánchez y Salinas 1983).

La mayoría de los análisis de laboratorio para determinar P en el suelo indican la probabilidad de obtener un incremento en el rendimiento con la adición de P pero no predicen la cantidad de P que debe aplicarse para obtener un determinado rendimiento. Se considera que si el contenido de P en el suelo está por debajo del óptimo, las dosis de P a aplicarse como fertilizante deben ser mayores a las cantidades de P removidas del campo INPOFOS (1995).

El término "eficiencia nutrimental" es común cuando se discuten las deficiencias nutrimentales, pero la palabra "eficiencia" tiene muchas definiciones (Clark y Duncan, 1991). Cada nutriente mine-

ral tiene su química y su fisiología única, por lo que los mecanismos de "eficiencia" son diferentes para cada nutriente. Sin embargo, existen procesos comunes a todos los nutrientes como son: obtención a partir del medio ambiente, movimiento a través de las raíces y xilema, traslocación y distribución dentro de las partes de la planta, y utilización en el metabolismo y crecimiento. Graham (1984) definió agrónomicamente el término eficiencia nutricional como la capacidad de un genotipo para producir alto rendimiento en un suelo limitante en el elemento de interés en comparación con un genotipo estándar.

La selección de plantas tolerantes a deficiencias minerales está en función del nutriente de que se trate y de las condiciones específicas del suelo a superar. Con frecuencia, la tolerancia a los suelos ácidos no solamente está asociada con la tolerancia al Al y Mn, sino también con la "eficiencia" o capacidad de la planta para obtener los nutrientes tales como P, Ca, Mg y Mo. Es difícil separar la tolerancia a la toxicidad del Al de la eficiencia nutrimental.

El objetivo general fue determinar la respuesta al fósforo y la cal en el frijol común en dos localidades de Upala.

## MATERIALES Y METODOS

En dos localidades de Upala, Costa Rica: Llano Azul y Bijagua, se estableció un ensayo de respuesta de dos materiales de frijol, la línea mejorada MUS-133, (seleccionada por su alta tolerancia a Mustia Hilachosa y tolerancia al bajo fósforo) y la variedad comercial BRUNCA (la de mayor uso comercial en la zona de estudio), a dos dosis de fósforo: 0 y  $134 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$  en Llano Azul, y 0 y  $100 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$  en Bijagua, y dos dosis de cal: 0 y  $0,5 \text{ t/ha}$  en Llano Azul, y 0 y  $7,5 \text{ t/ha}$  en Bijagua.

Los dos sitios se seleccionaron con base en las características de suelo de siete fincas, Cuadros 1 y

2. Los experimentos se ubicaron en los suelos de las fincas de los agricultores Willian Berrocal (Llano Azul) y Miquel Soto (Bijagua) (Cuadro 3). El encañamiento se efectuó el 16 de noviembre en Llano Azul y Bijagua. La siembra se realizó el día 13 de diciembre en Llano Azul y el 14 de diciembre de 1994, en Bijagua. Para efectuar la siembra el terreno se surcó con arados manuales y se colocaron 15 semillas por metro lineal.

**Cuadro 1.** Análisis de suelo de las fincas donde se efectuaron muestreos de suelo, para seleccionar los sitios de evaluación de la adición de fósforo y cal. Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Localidad	pH H <sub>2</sub> O	meq/100ml					ppm				
		Ca	Mg	K	Acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn
<b>Llano Azul:</b>											
William Berrocal	6,2	5,3	1,5	0,36	Xx	Xx	6	10	55	51	4
Pedro Alvarez	6,1	4,9	1,7	0,52			5	15	93	71	6
Gilberto Montoya	6,2	3,9	1,0	0,38			5	14	61	39	5
Colegio Agrop.	6,1	13,7	3,7	0,58			5	10	77	19	6
<b>Bijagua:</b>											
Miguel Soto	5,7	5,4	2,3	0,31			5	11	+100	44	6
Arturo Veles	5,7	3,9	1,0	0,27			6	14	+100	20	5
Alfredo Guzmán	5,6	4,2	1,7	0,59			5	11	+100	31	5

Toneladas CA CO<sub>3</sub>/ha = 1,5 ( % SAT. AL —RAS ) \* CICE f

**Cuadro 2.** Análisis de suelo de las fincas donde se efectuaron muestreos de suelo, para seleccionar los sitios de evaluación de la adición de fósforo y cal. Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Localidad	ppm N	%				M.O.	ppm		D.A.*
		Arena	Limo	Arcilla	Textura		S	B	
<b>Llano Azul:</b>									
William Berrocal	0,49	29,4	29	41,6	A	5,44	8,93	0,5	2,15
Pedro Alvarez	0,43	23,4	33	43,6	A	5,03	20,21	0,2	1,96
Gilberto Montoya	0,46	29,4	31	39,6	Fa	4,61	12,59	0,2	2,19
Colegio Agrop.	0,39	15,4	49	35,6	Fal	4,19	6,11	0,2	2,35
<b>Bijagua:</b>									
Miguel Soto	0,53	29,4	47	23,6	F	6,28	5,17	0,3	2,14
Arturo Veles	0,46	55,4	27	17,6	Fa	14,24	1,97	0,2	1,85
Alfredo Guzmán	0,46	35,4	49	15,6	F	1,68	6,48	0,5	2,05

\* Densidad aparente

**Cuadro 3.** Análisis de suelo de los sitios donde se efectuaron los ensayos de adición de fósforo y cal, en Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Localidad	pH H <sub>2</sub> O	meq/100ml			ppm				
		Ca	Mg	K	P	Cu	Fe	Mn	Zn
Llano Azul	6,2	5,3	1,5	0,36	6	10	55	51	4
Bijagua	5,7	5,4	2,3	0,31	5	11	+100	44	6

El diseño experimental empleado fue un factorial de 2x2x2 dos variedades, dos dosis de cal y dos dosis de fósforo (Cuadro 4), con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de seis surcos de 5 m de largo (18 m<sup>2</sup> área total) en Llano Azul y de seis surcos de 3,5 m de largo (12,6 m<sup>2</sup> área total) en Bijagua. La parcela útil fueron los cuatro surcos centrales (12 m<sup>2</sup> en Llano Azul y 8,4 m<sup>2</sup> en Bijagua) Las variables medidas fueron número de plantas por parcela, peso de grano, altura del dosel de vainas, vainas por planta y granos por vaina.

## RESULTADOS

El fósforo afectó los rendimientos en grano en las dos localidades evaluadas. En Llano Azul afectó además la altura de vainas y el número de granos por vaina. En Bijagua afectó también número de vainas y número de granos por vaina (Cuadro 5).

La cal solo tuvo efecto significativo en los rendimientos y en el número de granos por vaina en la

localidad de Bijagua. (Cuadro 6). No hubo diferencias significativas entre variedades para las variables de estudio, con excepción del número de granos por vaina (Cuadro 7).

En Llano Azul hubo interacción entre las variedades de frijol y las dosis de fósforo para el número de granos por vaina (Cuadro 8). En Bijagua hubo interacción entre las dosis de fósforo y de cal para el número de granos por vaina y el peso de 100 granos (Cuadro 9 y 10) e interacción entre las variedades de frijol y las dosis de fósforo para el número de granos por vaina (Cuadro 11).

## DISCUSION

Las diferencias en rendimiento en la localidad de Bijagua, inducidas por la adición del fósforo fueron de 271 y 423 kilogramos de grano para Brunca y MUS 133, respectivamente.

**Cuadro 4.** Dosis de fósforo y cal, tamaño de parcela y variedades de frijol evaluadas en dos localidades de Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Localidad	Dosis P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	Dosis de cal (t/ha)	Parcela (m <sup>2</sup> )	Variedades
Llano Azul	0—134	0,5	18	BRUNCA, MUS 133
Bijagua	0—100	7,5	12,6	BRUNCA, MUS 133

**Cuadro 5.** Respuesta del frijol a la adición de fósforo en dos localidades de Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Variable / Localidad	Fósforo		P (F) *	C V % **
	con	sin		
<b>Llano Azul</b>				
Rendimiento g/12 m <sup>2</sup>	1598,94	1017,56	0,0002	27,93
kg/ha	1332,45	847,97	-----	-----
Altura vainas (cm)	30,96	26,96	0,02	15,60
Número vainas/planta	8,24	7,24	NS	
Número granos/vaina	5,50	4,79	0,05	19,11
Peso 100 granos (g)	22,59	21,81	NS	15,55
<b>Bijagua</b>				
Rendimiento g/8,4 m <sup>2</sup>	1279,44	1080,81	0,006	15,38
kg/ha	1523,14	1286,68	-----	-----
Altura de vainas (cm)	31,22	30,66	NS ***	11,83
Número vainas/planta	7,31	6,32	0,04	18,38
Número granos/vaina	5,23	4,97	NS	10,11
Peso 100 granos (g)	22,48	23,21	NS	10,12

\* Probabilidad de F.

\*\* Coeficiente de variación en porcentaje.

\*\*\* No significativo

**Cuadro 6.** Respuesta del frijol a la adición de cal en dos localidades de la Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Variable / Localidad	Cal		P (F) *	C V % **
	con	sin		
<b>Llano azul</b>				
Rendimiento g/12 m <sup>2</sup>	1387,31	1229,19	NS	27,93
kg/ha	1156,09	1024,32	-----	-----
Altura vainas (cm)	29,23	28,69	NS ***	15,60
Número vainas/planta	2,78	2,76	NS	
Número granos/vaina	5,45	4,86	0,10	19,11
Peso 100 granos (g)	22,64	21,77	NS	15,55
<b>Bijagua</b>				
Rendimiento g/8,4 m <sup>2</sup>	1239,13	1121,13	0,08	15,38
kg/ha	1475,15	1334,68	-----	-----
Altura vainas (cm)	31,71	30,17	NS	11,83
Número vainas/planta	7,18	6,44	0,10	18,38
Número granos/vaina	5,28	4,92	0,05	10,11
Peso 100 granos (g)	22,81	22,87	NS	10,12

\* Probabilidad de F.

\*\* Coeficiente de variación en porcentaje.

\*\*\* No significativo

**Cuadro 7.** Comportamiento agronómico de dos variedades de frijol bajo el efecto de la adición de fósforo y cal, en dos localidades de Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Variable / Localidad	Variedades		P (F) *	C V % **
	con	sin		
<b>Llano Azul</b>				
Rendimiento g/12 m <sup>2</sup>	1319,31	1297,19	NS	27,93
kg/ha	1099,43	1080,99	-----	
Altura vainas (cm)	30,05	27,86	NS	15,60
Número vainas/planta	2,94,	2,62	NS	
Número granos/vaina	5,40	4,91	NS	19,11
Peso 100 granos (g)	22,93	21,47	NS	15,55
<b>Bijagua</b>				
Rendimiento g/8,4 m <sup>2</sup>	1206,56	1153,69	NS	15,38
kg/ha	1436,38	1373,44	-----	
Altura vainas (cm)	31,44	30,44	NS	11,83
Número vainas/planta	6,88	6,75	NS	18,38
Número granos/planta	5,06	5,15	NS	10,11
Peso 100 granos (g)	22,15	23,54	0,10	10,12

\* Probabilidad de F.

\*\* Coeficiente de variación en porcentaje.

**Cuadro 8.** Interacción variedad de frijol por dosis de fósforo, en los granos por vaina, en la localidad de Llano Azul, Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Variedad	Granos/Vaina		P (F) */
	CON-P	SIN-P	
MUS 133	6,04	4,76	0,23
BRUNCA	4,98	4,83	

\*/ Probabilidad de F.

**Cuadro 9.** Interacción dosis de fósforo por dosis de cal, en los granos por vaina de frijol, en la localidad de Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Cal	Granos/Vaina		P (F) */
	CON-P	SIN-P	
CON-CAL	2,29	2,27	0,16
SIN-CAL	2,29	2,15	

\*/ Probabilidad de F.

**Cuadro 10.** Interacción dosis de fósforo por dosis de cal, en el peso de cien granos de frijol, en la localidad de Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Dosis de cal (t/ha)	Peso 100 Granos		P (F)*
	CON-P	SIN-P	
CON-CAL	22,52	21,77	0,14
SIN-CAL	22,43	24,65	

\* Probabilidad de F.

En la localidad de Llano Azul el aumento del rendimiento fue de 616 kilogramos de grano, para los dos materiales evaluados. La cantidad de fósforo aunque similar con base solo en el contenido de fósforo del análisis químico de suelo, entre las dos localidades evaluadas, indica las diferencias por efecto del tipo de origen de los suelos, que pueden brindar efectos diferentes al potencial productivo del frijol.

Estos resultados coinciden con los estudios de respuesta del frijol a la adición de fósforo efectuadas por Corella 1985, en que a cantidades menores de 10 ppm de P, puede darse un desarrollo de frijol menos severo al indicado en las recomendaciones que ponían como límite 10 ppm.

La cal no afectó los rendimientos del frijol, en las dos variedades evaluadas lo que pudo ser motivado por el pH de los suelos donde se efectuaron los experimentos (pH 6,2 en Llano Azul y pH 5,7 en Bijagua) que se pueden considerar cercanos a los límites de pH favorables al frijol o que la adición de cal fue inferior a la necesaria en estos suelos para obtener una respuesta a corto plazo.

Esto indica además la necesidad de establecer recomendaciones por zonas similares en clima y origen de los suelos.

**Cuadro 11.** Interacción variedades de frijol por dosis de cal, en el peso de cien granos de frijol, en la localidad de Bijagua, Upala, Alajuela, Costa Rica. 1994-1995.

Variedades	Granos/vaina		P (F)*
	CON-P	SIN-P	
MUS 133	22,73	21,56	0,15
BRUNCA	22,89	24,49	

\* Probabilidad de F.

Estos resultados aunque sugieren un posible retorno de dinero, mayor a que se invierta en fertilizante de fórmula comercial 10-30-10, requieren de validación en áreas semicomerciales para determinar el riesgo de una recomendación de fertilizante.

## LITERATURA CITADA

- BEEBE, S., YAN, X.L.; OCHOA, I. ; J. LYNCH. 1994. Phaseolus vulgaris germplasm resources and tolerance to phosphorus deficiency. pp. 358-361. In: W. Roca, J.E. Mayer, M.A. Pastor-Corrales and J. Tohme, Proceedings Of the Second International Scientific Meeting "Phaseolus" Bean Advanced Biotechnology Research Network, CIAT, Cali, Colombia.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 76 p.
- CLARK, R.B.; R. DUNCAN. 1991. Improvement Of plant mineral nutrition through breeding. Field Crops Res. 27:219-240.
- CORELLA, J.F. 1985. Informe Anual de Labores: Unidad de Suelos. San José, Costa Rica, Departamento

- to de Publicaciones del Ministerio de Agricultura y Ganadería. snl.
- GIAHAM, R.D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Advances in Plant Nutrition* 1:57-102.
- INSTITUTO DE LA POTASA y EL FOSFORO (INFO-POS). 1995. Dinámica suelo-cultivo del fósforo y manejo de los fertilizantes fosfatados (parte III). *IN. Informaciones agronómicas*. 18: 3-5.
- SANCHEZ P. ; SALINAS, J. 1983. Suelos ácidos: estrategias para su manejo con base en bajos insumos en América. Imp. Montoya y Araujo. Bogotá, Colombia. 93 p.
- WORTMANN, C.S. 1994. The Africa network for screening beans for tolerance to edaphic stresses - an overview. *In: CS. Wortmann (ed.). Bean Improvement for Low Fertility Soils in Africa: Proceedings Of a Working Group Meeting, Kampala, Ughanda, 23-26 May, 1994. Network on Bean Research in Africa, Workshop Series No. 25, CIAT p.2-5.*
-