

## **TOLERANCIA DEL FRIJOL COMUN A LA BAJA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN SUELOS DE HONDURAS <sup>1</sup>**

*Juan Carlos Rosas <sup>2</sup>, Margoth Andrews <sup>2</sup>, Aracely Castro <sup>2</sup>*

### **RESUMEN**

**Tolerancia del frijol común a la baja disponibilidad de fósforo en suelos de Honduras.** El presente trabajo es el resultado de una revisión de la literatura disponible sobre fertilización con P y tolerancia del frijol a bajo P en Honduras. Se presentan resultados de la caracterización del contenido de P en suelos de regiones frijoleras, respuesta a la fertilización con P, efectos en la fijación de nitrógeno y diferencias en genotipos de frijol. El mayor énfasis del documento es en resultados obtenidos en Zamorano. En general, una gran proporción de los suelos de las zonas frijoleras evaluadas son de contenido bajo en P. Los rendimientos en estos suelos pueden ser incrementados con la aplicación de P. Se observaron diferencias genotípicas en la respuesta al P. A pesar de incrementos significativos en la nodulación en algunos estudios, no se observaron aumentos correspondientes en rendimiento.

### **ABSTRACT**

**Tolerance of common bean to low P in Honduras soils.** This manuscript is the result of a review of the available literature on P fertilization and bean tolerance to low P in Honduras. Results in the characterization of P content in soils from some bean production regions, response to P fertilization, effects on nitrogen fixation and genotypic differences in beans are presented. The main emphasis of this document is on results obtained in Zamorano. In general, a great proportion of the soils from the bean regions tested are of low P content. Yields in these soils can be increased with P fertilization. Genotypic differences on the response to P were observed. In spite of significant increases in nodulation in some studies, the corresponding increases in yield were not observed.

---

### **INTRODUCCION**

El frijol es uno de los granos básicos de mayor importancia en la dieta de los hondure-

ños, y junto con el maíz la principal fuente de proteínas de los pobladores de zonas rurales, como también para aquellos de bajos recursos en las zonas urbanas. Sin embargo, el consu-

---

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía de Zamorano (Publicación AG-9509). Trabajo presentado en el Taller de Bajo Fósforo organizado por PROFRIJOL. San José, Costa Rica, Noviembre 14-16, 1995.

<sup>2</sup> Jefe, Profesor Asociado y Asistente de Investigación. Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

---

mo per cápita (11,0 kg/persona/año), para el periodo 1980-92, es considerado sólo moderado (Naciones Unidas, 1995). Una tasa de crecimiento de la producción de frijol de - 0,9 % anual (periodo 1980-93) y un incremento poblacional del 3,0 % (FAO, 1993), afectaron la disponibilidad y consumo de frijoles en Honduras en ese periodo.

Este importante grano básico se produce mayormente bajo condiciones de pequeña agricultura, donde predominan factores limitantes de suelo y clima, y enfermedades y plagas, que afectan la productividad de este cultivo en Honduras, estimada en 654 kg/ha (FAO, 1993). Entre las limitantes del suelo, se incluyen las deficiencias nutricionales, principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), que afectan el crecimiento y productividad del frijol en toda la región centroamericana (Bazán, 1975). Las alternativas para mejorar la productividad del frijol bajo condiciones de bajo P, comprenden la utilización de fertilizantes fosfatados, incluyendo las enmiendas (p.e. roca fosfórica), la tolerancia genética a bajo P, y las asociaciones con organismos benéficos (hongos micorrizas). La utilización de fertilizante por la mayoría de los productores de frijol se encuentra muy por debajo de las recomendaciones; sin embargo, variedades más eficientes podrían mejorar la productividad del cultivo aún cuando se usen dosis compatibles con las modestas inversiones en insumos agrícolas de estos productores. En Honduras, se han observado buenas respuestas a la aplicación de P mediante el uso de fertilizantes compuestos (p.e. 18-46-0), que contienen además N en menores cantidades.

El presente manuscrito es el resultado de una revisión de la escasa literatura disponible en esta área; se presentan resultados y comentarios sobre el contenido de P de suelos de las zonas frijoleras más importantes de Honduras, respuesta a la fertilización con P, efectos en la fijación de nitrógeno y mejoramiento genético de la tolerancia del cultivo.

### **Caracterización del fósforo en suelos de Honduras y Zamorano**

El estudio de Andrews *et al.* (1994) presenta datos del contenido de P de 62 suelos en base a muestras tomadas en 59 localidades (25 municipios) de los departamentos de Olancho (región nor-oriental), Francisco Morazán y El Paraíso (región centro-oriental), donde se concentra más del 50 % de la producción de frijol de Honduras. Según el P aprovechable del suelo (Mehlich I), los suelos se clasificaron en bajo (< 17 ppm), medio (17-30 ppm) y alto (> 30 ppm). El contenido de P en estos suelos es muy variable, dependiendo de la procedencia de las muestras; en total, el 48 % (30 muestras) presentó niveles bajos de P, 21 % (14 muestras) niveles medios y 29% (18 muestras) niveles altos (Cuadro 1).

Sólo el 28 % de las muestras de Olancho presentaron niveles bajos, mientras 57 % niveles altos. Lo contrario se presentó en los departamentos de la región centro-oriental, Francisco Morazán y El Paraíso, donde las muestras con bajos niveles de P alcanzan el 54 %, y sólo el 21 % presentaron niveles altos. Estos resultados en el contenido de P, se relacionan con las condiciones de suelo y tecnología de la producción de frijol que caracterizan a estas regiones. En Olancho, región nor-oriental, la mayoría de las tierras utilizadas en la producción de frijol están localizadas en valles o laderas de poca pendiente, y poseen características de buena fertilidad. Además, muchos de los productores utilizan altas cantidades de fertilizante en la producción de maíz en el ciclo de primera, y cantidades medias a altas para la producción de frijol en el ciclo de postrera, debido a la rentabilidad potencial de estos cultivos. En la región centro-oriental del país, departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso, el frijol es mayormente producido por pequeños agricultores en terrenos marginales, principalmente laderas de baja fertilidad, y utilizando un mínimo de insumos, debido a que en esta región el frijol es mayormente un

**Cuadro 1.** Distribución de suelos por departamentos, localidades y contenido de fósforo. Honduras, 1994.

Departamento	Número de localidades/Nivel de P			
	Bajo	Medio	Alto	Rango (ppm P)
Olancho	4	2	8	0,8 - 345
Fco. Morazán	13	7	7	3 - 121
El Paraíso	13	5	3	3 - 70
	30	14	18	

Bajo = <17 ppm; medio = 17-30 ppm; alto = >30 ppm.

cultivo de subsistencia y con un potencial relativo de comercialización. Como consecuencia, los rendimientos obtenidos en esta región son superados significativamente por los obtenidos en la región nor-oriental (Andrews *et al.*, 1994).

Algunos estudios sobre la caracterización del contenido de P en ciertos suelos de Zamorano (typic ustifluent) han sido conducidos hasta la fecha. Sierra (1959) estudió el horizonte Ap de tres suelos de Zamorano, encontrando variación en el pH de 5,3 a 5,8. El P extraído (Mehlich I) en estos suelos varió de 0.3 a 8 mg/kg de suelo. En un ensayo conducido por Awah (1964), en un período de dos años en dos lotes de Zamorano, se registraron las diferencias en rendimiento de sorgo, maíz y frijol (variedad Zamorano) debidas al efecto de tratamientos de cal, Ca (OH)<sub>2</sub> equivalente a 2 t/ha de CaCO<sub>3</sub>, calculada para elevar el pH de 5,5 a 6,5, y aplicada en el primer año, y fósforo (35 kg/ha de P como superfosfato triple), aplicado a la siembra en cada cultivo. Los resultados al final de los dos años, indicaron que la mayor parte del P potencialmente disponible en suelos de Zamorano era en forma orgánica (Cuadro 2). El encalado libera el P de la fracción orgánica de estos suelos e incrementa la eficiencia del P aplicado y su utilización por los cultivos.

La capacidad de absorción de P por la variedad Dorado se determinó en un estudio en invernadero conducido por Tamashiro (1995), utilizando un suelo del lote Los Mingos del Zamorano (3 ppm de P), y tratamientos de 0, 20, 40, 60 y 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usando una solución nutritiva a base de ácido fosfórico. Se registró un incremento en la absorción de P (0,24 a 0,32 %) que fue proporcional al P aplicado. No se observaron diferencias en la absorción de N.

### Respuesta a la fertilización con fósforo

Varios estudios conducidos en Honduras (Awah, 1964; Burgos, 1967; Barkdoll *et al.*, 1983; Andrews, 1990; Wong, 1992; Andrews *et al.*, 1994; 1995) reportan respuestas significativas del cultivo de frijol a la fertilización fosfatada. En el estudio de Awah (1964), se registraron incrementos significativos en el rendimiento de la variedad Zamorano, con las aplicaciones de cal sola y cal con P (Cuadro 3).

Barkdoll *et al.* (1983), encontraron diferencias en la respuesta de cuatro variedades de frijol a dos niveles de P (26 y 52 kg P/ha) en dos lotes de Zamorano (Cuadro 4). Tanto en San Nicolás (7,4 - 12,0 kg P/ha) como en Monte Redondo (15,7 - 22,0 kg P/ha), no se observa-

**Cuadro 2.** Efectos de cal y P en el pH y P del suelo del lote La Vega después de dos años de cultivo. Zamorano, Honduras, 1964.

Tratamiento	pH	Fósforo (ppm)			
		Disponible	Total	Inorgánico	Orgánico
Testigo	5,5	3,4	131	23	108 (82,4) <sup>z</sup>
Cal	6,3	6,0	129	36	93 (72,1)
P	5,4	6,7	149	38	111 (75,5)
Cal + P	6,3	12,0	150	61	89 (59,3)
DMS.05	-	4,8	7,9	6,2	10,6

<sup>z</sup> Porcentaje del P total.

**Cuadro 3.** Efecto de tratamientos de cal y fósforo (P) en el rendimiento de frijol variedad Zamorano en el lote La Vega. Zamorano, Honduras, 1964.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	% Testigo
Testigo	1,113	100
Cal	1,729	155
P	1,570	141
Cal + P	2,065	186
Andeva	**	
DMS.05	175	

\*\* Significativo al nivel de  $P \leq 0,01$ .

ron efectos del P en el rendimiento, pero la interacción Variedad (V) x P fue significativa, siendo superior la variedad Porrillo Sintético. Por falta de un tratamiento testigo sin P, no se pudo determinar si hubo respuesta al nivel de 26 kg P/ha.

Como sugieren Barkdoll *et al.*(1983), la respuesta a la aplicación de P depende de su contenido en el suelo. Esto fue corroborado por Wong (1992) utilizando dos lotes de Zamorano, Zorrales con bajo P (10,3 ppm) y

Colindres con alto P (45,5 ppm). En Zorrales, hubo una respuesta lineal y cuadrática en el rendimiento; en cambio en Colindres la respuesta al P fue solamente cuadrática (Cuadro 5).

Robleto (1988), logró un incremento significativo en la nodulación de la línea WBR 22-34, pero no encontró diferencias en el rendimiento aún usando dosis altas (0, 150 y 300 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha), en suelos con contenido bajo a medio de P.

**Cuadro 4.** Rendimiento (kg/ha) de cuatro variedades de frijol bajo dos niveles de fertilización fosforada. Zamorano, Honduras, 1982.

P (kg/ha)	Porrillo 70	Acacias 4	Zamorano	México 27 R	Promedio
<b>San Nicolás <sup>1/</sup></b>					
26	1709	1332	1440	1019	1375
52	1773	1367	1331	1148	1404
DSM.05 (Variedad x P) = 433					
<b>Monte Redondo</b>					
26	1570	1303	1115	1447	1359
52	1451	1177	1064	1353	1261
DSM.05 (Variedad x P) = 438.					

<sup>1/</sup> Contenido de P (kg/ha): San Nicolás 7,4 - 12,0; Monte Redondo 15,7 - 22,9.

**Cuadro 5.** Efecto del fósforo en el número de nódulos (NN) y peso seco de nódulos (PSN) y parte aérea (PSPA) por planta en la etapa de floración (R6), y en el rendimiento de grano del frijol común. Zamorano, Honduras, 1991.

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	NN	PSN (mg)	PSPA (g)	Rendimiento (kg/ha)
<b>Suelo con bajo P<sup>1/</sup></b>				
0	5,1	6	8,2	684
40	3,6	7	8,5	748
120	5,6	7	10,4	840
200	5,0	5	9,2	766
R lineal	ns	**	ns	*
R cuadrático	**	**	*	*
<b>Suelos con alto P<sup>2/</sup></b>				
0	7,1	15	7,5	968
40	8,8	26	9,7	1172
120	10,7	11	9,7	1122
160	10,5	12	10,2	1084
R lineal	ns	ns	**	ns
R cuadrático	ns	ns	**	*

<sup>1/</sup> Zorrales: 10,3 ppm P, pH 5,7, 0,18% N.

<sup>2/</sup> Colindres (T1): 45,5 ppm P, pH 5,5, 0,16%.N.

\*\*,\* y ns Significativo al nivel de  $P \leq 0,01$  y  $0,05$ , y no significativo, respectivamente.

En los ensayos de Andrews *et al.* (1995), conducidos en lotes de bajo contenido de P en los Mingos, Zamorano y Casitas, Güinope, se observaron diferencias en las respuestas varietales a la aplicación de fertilizante fosfórico (Cuadro 6). En Zamorano, se observó una interacción significativa V x P, siendo mayor la respuesta cuadrática en Río Tibagi ( $R^2=0.66$ ) que en Dorado ( $R^2=0.27$ ); en cambio, en Casitas, la interacción V x P no fue significativa ya que ambas variedades tuvieron una buena respuesta ( $R^2=0.72$  y  $0.80$ , respectivamente). Las diferencias en temperatura y humedad de Zamorano (800 msnm) y Casitas (1,300 msnm), pudieron haber influido en el comportamiento de las variedades y su eficiencia en la utilización de P.

### Efecto del P en la fijación de nitrógeno

El bajo contenido de P en los suelos reduce la capacidad de nodulación y fijación de  $N_2$  del frijol común, y la respuesta a la fertilización con P varía según el genotipo (Graham, 1981). Estudios conducidos en Zamorano, indican un incremento significativo de la nodulación en frijol como consecuencia de la

aplicación de P. Wong (1992), obtuvo una respuesta cuadrática en el NN y PSN con aplicaciones de P, pero no observó incrementos en rendimiento en suelos de contenido medio de N (0,13 y 0,16 %) en los que la contribución de la fijación de  $N_2$  es menor (Graham, 1981). Barkdoll *et al.* (1983) sugirieron que en Zamorano, la inoculación con *Rhizobium* podría ser usada efectivamente en vez de fertilizante nitrogenado, y esperarse un rendimiento equivalente a la aplicación de 60 kg N/ha, siempre que se adicione el P necesario.

### Mejoramiento de la tolerancia a bajo P

En la actualidad, la EAP/Zamorano está caracterizando un germoplasma de >500 variedades criollas hondureñas por su tolerancia a bajo P en las localidades de Zamorano (800 msnm) y Tatumbla (1600 msnm). Por otro lado, se ha iniciado un programa de hibridaciones para recombinar fuentes de tolerancia a bajo P y eficiencia en la respuesta al P, provenientes de diversos reservorios genéticos, que puedan servir de donantes en el desarrollo de cultivares.

**Cuadro 6.** Respuesta en rendimiento de grano (kg/ha) a la fertilización fosforada en variedades de frijol en dos localidades. Honduras, 1994.

P (kg/ha)	Localidad			
	Zamorano		Güinope	
	Dorado	Río Tibagi	Dorado	Catrachita
0	2,060	1,831	382	412
40	2,114	2,299	634	662
80	1,691	2,522	1,002	952
120	2,188	2,732	823	898
$R^2$	0.27 <sup>z</sup>	0.66	0.72	0.80
Andeva (V X P)	**	**	ns	ns

z Respuesta cuadrática.

\*\* , ns Significativo al nivel  $P \leq 0,01$  y no significativo, respectivamente.

**LITERATURA CITADA**

- ANDREWS, A.M., 1990. Soil factors affecting bean (*Phaseolus vulgaris*L.) and maize (*Zea mays*L.) production in Honduras, Central America. PhD. Dissertation, Universidad de Florida, Gainesville, FL. 234 p.
- ANDREWS, A. M.; CASTRO, J.A.; ROSAS, J.C.; RODRIGUEZ, F. 1994. Tolerancia del frijol a bajos niveles de fosfato. Informe Anual 1993 presentado a ProFrijol. 13 p.
- ANDREWS, A. M.; CASTRO, J. A.; ROSAS, J.C. 1995. Respuestas de variedades de frijol a la fertilización fosforada en dos localidades de Honduras. Informe Anual de Investigación, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, IAI 7: 90-91.
- AWAH, A.B. 1964. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28 (5): 672-673.
- BARKDOLL, A.W.; SARTAIN, J.B.; HUBBELL, D.H. 1983. Effect of soil implanted granular and pellet *Rhizobium* inoculant on *Phaseolus vulgaris* L. in Honduras. Soil and Crop Sci. Soc. of Florida Proc. 42: 184-189.
- BAZAN, R. 1975. Nitrogen fertilization and management of grain legumes in Central America. pp 228-244. In: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.), Soil Management in Tropical America. North Carolina State Univ.
- BURGOS, C. F. 1967. Nitrogen-phosphorus interaction in the dark clays from Honduras. PhD. Dissertation, Universidad de Florida, Gainesville, FL. 97 p.
- FAO. 1993. Production Yearbook. FAO collection: Statistic 112, Vol. 46.
- GRAHAM, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic N<sub>2</sub> fixation in *Phaseolus vulgaris* L. : A review. Field Crops Res. 4: 93-112.
- NACIONES UNIDAS. 1995. Granos básicos en Centro América: Propuestas para los pequeños agricultores (Información estadística general). CEPAL/ONU, 132 p.
- ROBLETO, E.A. 1988. Efecto de la fertilización con calcio, fósforo, y molibdeno en la fijación de nitrógeno y rendimiento del frijol común. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 52 p.
- SIERRA, F.A. 1959. A comparison of the amount of P removed from different soils by extracting solutions. Tesis de Maestría, Universidad de Florida, Gainesville, FL., 79 p.
- TAMASHIRO, J. 1995. Absorción de nitrógeno y fósforo en maíz (*Zea mays*L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de Zamorano. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 54 p.
- WONG, I. 1992. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la fijación de nitrógeno y rendimiento en frijol común. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 72 p.