

## MEJORAMIENTO PARA TOLERANCIA A BAJO FOSFORO EN COSTA RICA

Arturo Saborío <sup>1</sup>, Steve Beebe <sup>2</sup>

### RESUMEN

**Mejoramiento para tolerancia a bajo fósforo en Costa Rica.** En dos localidades de Costa Rica, San Isidro de Pérez Zeledón, a 702 m.s.n.m, en un ultisol y en Fraijanes de Alajuela a 1650 m.s.n.m. en suelo de origen volcánico con alta fijación de fósforo, se estableció un programa de mejoramiento genético masal (Bulk) para la obtención de líneas con tolerancia bajo fósforo. Se inició con base en diez poblaciones con diferentes tipos de cruces e introduciendo padres del altiplano de México y Perú. En la generación F3, se midió rendimiento en condiciones de estrés de fósforo sobre la población cosechada en masal en F2, identificando las poblaciones de rendimiento superior. En la Población F4 se tomó selecciones individuales. En las siguientes generaciones se manejo en ensayos de rendimiento con el diseño de Ládice en tres repeticiones y en diferentes dosis de fósforo; siendo el nivel de selección 15 kg. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en las dos localidades. Se observó una adaptación de las líneas a la zona de evaluación, lo cual sugiere una interacción genotipo-ambiente. Se seleccionaron y codificaron catorce líneas como TLP (líneas tolerantes a bajo fósforo). En respuesta a bajo fósforo sobresalen las líneas TLP 28 y TLP29.

### ABSTRACT

**Breeding for tolerance to low soil phosphorus in Costa Rica.** A breeding program to obtain lines tolerant to low soil phosphorus (P) was established in two localities in Costa Rica, in San Isidro de Perez Zeledon at 702 masl in an ultisol, and in Fraijanes, Alajuela at 1650 masl in a volcanic andosol with high P fixation. The program initiated with ten segregating populations derived from crosses with varying structure, and incorporating parents from the highlands of Mexico and Peru. In the F3 generation, yield under P stress of bulked populations was measured identifying populations of superior yield potential. In the F4 populations, individual plant selections were taken. In subsequent generations yield trials were planted in lattice design with three repetitions and different levels of phosphorus, using a fertilization level of 15 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for selection at low P in both localities. Specific adaptation of the lines to the evaluation sites was observed, suggesting G x E interaction. Fourteen lines were selected and coded as TLP lines (tolerant to low phosphorus). The lines TLP 28 and TLP 29 were superior in response to low P.

---

<sup>1</sup> Programa de Frijol. CIAT/IICA. Costa Rica.

<sup>2</sup> Programa de Frijol. CIAT. Cali, Colombia.

## INTRODUCCION

El cultivo del frijol en América latina y Africa se produce en variedad de tipos de suelos, muchos de los cuales limitan frecuentemente el desarrollo de la planta y los rendimientos, debido a deficiencias nutricionales o a toxicidades (Schwarz y Gálvez 1980; Corrales y Schwartz, 1994). El frijol absorbe cantidades relativamente altas de nitrógeno y potasio; sin embargo, el problema nutricional más común es la deficiencia de fósforo

La deficiencia de fósforo es probablemente el principal problema nutricional del frijol en América Latina, limita los rendimientos en muchas áreas de Brasil y en los Andisoles de Colombia y América Central (Shwartz y Gálvez, 1980; Cardona, *et al.*, 1995). Entre las clases pobre y media su importancia nutricional es casi tan alta como en Africa Oriental.

La nutrición fosfórica ejerce una influencia significativa en el crecimiento axilar y cobertura vegetativa, en relación con esta reduce el área de superficie fotosintética y la utilización de carbohidratos (Xiaolong, *et al.*; 1995).

La selección por caracteres morfológicos asociados con un incremento de área superficial fotosintética y desarrollo radical profundo, podría ser un metodo efectivo para superar la baja disponibilidad de fósforo (Johansen, *et al.*; 1995).

También existen genotipos que no producen mucho bajo condiciones de bajo fósforo en el suelo, pero que sí responden bien a la aplicación de fertilizantes fosforados. Utilizando estos parámetros de eficiencia e ineficiencia en el uso del fósforo del suelo, y de su respuesta o falta de ella al elemento aplicado; se puede desarrollar una metodología para

identificar genotipos eficientes y con respuesta a la aplicación, los cuales son deseables (Corrales y Schwartz, 1994).

La falta de especificidad del suelo en respuesta al bajo fósforo puede significar que la adaptación del frijol a la baja disponibilidad de P, es estable en los diferentes suelos; por lo tanto hace que la selección y el mejoramiento a tolerancia a bajo fósforo sea más fácil (Xiaolong, *et al.*; 1995).

En Costa Rica, los suelos difieren considerablemente en cuanto a características fisicoquímicas, el frijol sufre por toxicidad de aluminio y manganeso y por deficiencia de fósforo y nitrógeno (Corella. J.F. 1983). A nivel nacional, un 74% de las muestras analizadas presentan contenido de fósforo iguales o menores a 10 Ug/ml; sin embargo, la causa de esta escasez varía según el tipo de suelo (Bertsch,F. 1987).

El objetivo general es desarrollar un programa de mejoramiento para la obtención de material genético con capacidad de adaptación a suelos de baja disponibilidad de fósforo.

## MATERIALES Y METODOS

En dos zonas de Costa Rica en un ultisol de San Isidro de Pérez Zeledón a una altitud de 708 m.s.n.m. y en Fraijanes de Alajuela en un suelo de origen volcánico a 1650 m.s. n.m. se desarrolló un programa de mejoramiento para tolerancia del frijol a bajo fósforo.

En 1990, se inició la evaluación de nuevas introducciones (poblaciones F2), para buscar tolerancia del frijol a suelos ácidos de baja disponibilidad de fósforo en donde se utilizó cruza con progenitores del altiplano de México y el Perú.

---

El programa se inició con diez poblaciones (Cuadro 1) proveniente del programa de mejoramiento de CIAT. La metodología que se utilizó fue masal, se realizó selecciones individuales en F4 y ensayos de rendimiento.

- F2: semilla recibida en poca cantidad,. Se sembró en Pérez Zeledón, en parcelas de dos surcos de 4 metros con tres repeticiones para observación e incremento.
- F3: parcelas de rendimiento de poblaciones masales, 3 repeticiones, parcelas de 4 surcos de 4 metros. Selección de poblaciones de mayor rendimiento.
- F4: evaluación de selecciones individuales, surcos sencillos sin repetición para observación y rendimiento; con testigos cada 4 surcos.
- F5: en adelante: ensayos de rendimiento en Pérez Zeledón y Fraijanes.

El diseño experimental de rendimiento consistió en un látice con parcelas de cuatro surcos de dos metros de largo, con un testigo tolerante de BAT 76 y tres repeticiones, dos dosis de fósforo; una para seleccionar 15 kg  $P_2O_5$ /ha en Pérez Zeledón y 30 kg  $P_2O_5$ /ha

en Fraijanes, y otra dosis para observar el potencial de rendimiento de 100 y 500 Kg  $P_2O_5$ /ha respectivamente. El análisis de suelo se observa en el Cuadro 2.

Se dió protección al cultivo contra insectos y patógenos para observar su respuesta de eficiencia nutricional de fósforo. Se evaluó principalmente la variable de rendimiento kg/ha y días de madurez fisiológica. Además de los testigos utilizados BAT 76 como tolerante y APN18 como menos tolerante, se incluyeron materiales como G19833, G16140, A750 y G18252 con referencia de ser evaluados en condiciones de baja fertilidad e incluidos como progenitores, en cruas anteriores.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La metodología masal, nos puede indicar cuales poblaciones tienen un mayor potencial de respuesta al rendimiento, en condiciones de bajo fósforo; como se observa en el Cuadro 3. En las parcelas de mayor tamaño (poblac. F3), se observó una mayor diferencia entre los

**Cuadro 1.** Poblaciones y progenitores utilizados en programa de mejoramiento para tolerancia a bajo fósforo. CIAT 1990.

Poblaciones	
NJBB 18443	(EMPASC 201 X A 140) X (MOC 58 X G 12896A)
NJBB 18445	(EMPASC 201 X CARIOCA 80) X ((BAT 271 X (BAT 271 X RAB 49)) X G12896A)
NJBB 18446	(EMPASC 201 X BAT 1647) X (G 4017 X G 12896A)
NJBB 18447	(EMPASC 201 X BAT 1647) X (FT 83-120 X G 12896A)
NJBB 18448	(A 140 X RAI 76) X (MOC 61 X G 12896A)
NJBB18450	(A 140 X RIONEGRO) X ((BAT 271 X (BAT 271 X RAB 49)) X G 12896A)
NJBB18451	(A 140 X RIONEGRO) X (FT 83-20 X G 12896A)
NJBB 18455	(CARIOCA 80 X RIONEGRO) X (MOC 58 X G 12896A)
NJBB 18459	(CNF 4787 X (475 X (A 475 X CNF 4615))) X (A 686 X G 12896A)
NJBB 18469	(CNF 4717 X (A 320 X CNF 4712)) X ((BAT 271 X (BAT 271 X RAB 49)) X G19504)

**Cuadro 2.** Análisis de suelos de las zonas donde se efectuó el programa de selección de líneas.

Identificación	pH	Meq/100 ml suelo				Ug/ml suelo				
		Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe
Pérez Zeledón	5,3	0,4	2	0,9	0,12	6	8,6	3	3	38
Fraijanes	5,5	0,4	4,5	1,0	0,41	12	6,5	5	5	95

**Cuadro 3.** Rendimiento promedio de poblaciones F2 y F3. Fertilización 15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. San Isidro, Pérez Zeledón.

No.	Identificación	Población F2 Rendimiento gr/ 2,4 m <sup>2</sup>	Población F3 Rendimiento gr/9,6 m <sup>2</sup>
1.	NJBB18433	261,3	648,3
2.	NJBB18445	245,0	762,0
3.	NJBB18446	292,0	759,3
4.	NJBB18447	308,7	739,3
5.	NJBB18448	272,0	774,3
6.	NJBB18450	241,0	776,3
7.	NJBB18451	253,3	942,0
8.	NJBB18455	200,0	931,0
9.	NJBB18459	251,3	671,0
10.	NJBB18469	233,3	1003,0
11.	BAT 76	295,0	774,0
12.	DOR 60	270,0	884,0

rendimientos de las poblaciones. Con base en estos resultados y lograr observar la influencia de dos progenitores distintos se continuó con la evaluación de tres poblaciones.

El testigo tolerante BAT 76, ha mostrado ser un material con buena respuesta a condiciones de baja disponibilidad de fósforo en los ultisoles de Pérez Zeledón, y la línea DOR-60, conocida en Costa Rica como variedad Negro Huasteco; fue otro punto de referencia.

Los rendimientos de las selecciones individuales se diferencian en más del 100% entre las líneas; superando un gran número al tes-

tigo BAT-76, además los mayores rendimientos corresponden a las líneas provenientes de la población NJBI 18469.

En el segundo periodo (1991B), se realizó ensayos de rendimiento en dos localidades: San Isidro de Pérez Zeledón; en un ultisol con baja disponibilidad de fósforo y en Fraijanes de Alajuela en un suelo volcánico con alta fijación de fósforo. Los resultados obtenidos; Cuadros 5 y 6; mostró una marcada interacción genotipo-ambiente; debido a que las líneas de la población NJBB 18469; proveniente de la progenie G19504, mostró más líneas con mayor respuesta a las condiciones de

**Cuadro 4 .** Rend. de selecciones individuales F4, para tolerancia a bajo fósforo. Pérez Zeledón. 1991 A.

No.	Identificación	Rendimiento g/3,6m <sup>2</sup> .
1.	NJBI 18469-M-M-6	488
2.	NJBI 18469-M-M-15	401
3.	NJBI 18469-M-M-7	369
4.	NJBI 18469-M-M-8	355
5.	NJBI 18447-M-M-18	297
6.	NJBB 18447-M-M-20	288
7.	NJBI 18469-M-M-4	285
8.	NJBI 18469-M-M-14	267
9.	NJBI 18469-M-M-13	265
10.	NJBI 18469-M-M-11	261
11.	NJBB 18451-M-M-4	260
12.	NJBB 18447-M-M-14	258
13.	NJBB 18451-M-M-2	256
14.	NJBI 18469-M-M-1	245
15.	NJBB 18451-M-M-3	244
16.	NJBB 18447-M-M-15	243
17.	NJBB18447-M-M-19	239
18.	NJBB 18451-M-M-11	215
19.	NJBI 18469-M-M-2	215
20.	NJBB18447-M-M-3	212
21.	T.T. BAT 76 (Prom.15)	209
22.	NJBB 18447-M-M-7	205
23.	NJBB.18447-M-M-4	203

**Cuadro 5 .** Valores medios de rendimiento de líneas F5 para bajo fósforo Pérez Zeledón. 1991 B.

No.	Tratamiento	Días madurez	Rendimiento kg/ha
1.	NJBI 18469-M-M-15-M	73	709,84 a
2.	NJBI 18469-M-M-2-M	74	593,63 ab
3.	NJBI 18469-M-M-13-M	67	533,11 ab
4.	BAT-76 (T.T.)	74	518,59 ab
5.	NJBB 18451-M-M-4	72	503,69 ab
6.	NJBB 18447-M-M-3	73	497,55 ab
7.	NJBI 18469-M-M-14	67	493,11 ab
8.	NJBB 18451-M-M-11	74	485,39 ab
9.	NJBI 18469-M-M-1	76	476,51 ab
10.	NJBB 18447-M-M-4	74	471,54 ab
11.	NJBB 18447-M-M-7	74	469,79 ab
12.	NJBI 18469-M-M-7	76	459,59 ab
13.	NJBI 18469-M-M-8	67	458,64 ab
14.	NJBB 18447-M-M-20	74	453,81 ab
15.	NJBI 18469-M-M-11	67	446,49 ab
16.	NJBB 18447-M-M-18	74	446,39 ab
17.	NJBB 18447-M-M-14	74	423,27 ab
18.	NJBB 18451-M-M-3	70	399,82 ab
19.	NJBI 18469-M-M-4-M	68	364,26 b
20.	NJBB 18447-M-M-19-M	74	334,24 b
21.	NJBB 18447-M-M-15-M	75	328,80 b
22.	NJBI 18469-M-M-6-M	66	327,67 b
23.	NJBB 18451-M-M-2-M	68	284,21 b

C:V. 34,37% LSD: 47,52 Duncan 0,01

**Cuadro 6.** Valores medios de rendimiento de líneas F5 para bajo fósforo. Fraijanes, Alajuela, 1991 B.

No.	Identificación	Días madurez	Rendimiento kg/ha
1.	NJBB 18447-M-M-14-M	114	2868,75 a <sup>1/</sup>
2.	NJBB 18447-M-M-3-M	115	2854,17 a
3.	NJBB 18447-M-M-20-M	123	2445,83 ab
4.	NJBB 18447-M-M-18-18-M	118	2227,08 abc
5.	NJBB 18447-M-M-4-M	114	2112,25 abcd
6.	NJBB 18447-M-M-19-M	119	1948,12 abcd
7.	NJBI 18469-M-M-15-M	115	1906,67 abcd
8.	NJBB 18447-M-M-7-M	112	1873,54 abcde
9.	NJBI 18469-M-M-4-M	121	1819,17 abcdef
10.	NJBI 18469-M-M-7-M	128	1815,62 abcdef
11.	NJBI 18469-M-M-13-M	116	1776,87 bcdef
12.	NJBB 18447-M-M-15-M	118	1735,62 bcdef
13.	NJBI 18469-M-M-8-M	114	1670,00 bcdef
14.	NJBI 18469-M-M-11-M	114	1623,33 bcdef
15.	NJBB 18451-M-M-4-M	114	1607,71 bcdef
16.	NJBI 18469-M-M-2-M	109	1585,21 bcdef
17.	BAT-76 (T.T.).	112	1568,12 bcdef
18.	NJBI 18469-M-M-14-M	116	1479,37 bcdef
19.	NJBB 18451-M-M-11-M	115	1275,00 cdef
20.	NJBB 18451-M-M-3-M	112	1241,87 cdef
21.	NJBI 18469-M-M-6-M	113	1236,46 cdef
22.	NJBI 18469-M-M-1-M	113	1210,42 cdef
23.	NJBB 18451-M-M-2-M	109	803,96 ef

C.V.: 19,52 <sup>1/</sup> Tukey 0,05

Pérez Zeledón (702 m.s.n.m) y las líneas de las poblaciones NJBB18447 con progenie G12896A, dieron mayor rendimiento en Fraijanes (1650 m.s.n.m). Esto refiere la influencia marcada que los progenitores ejercen sobre los lugares donde se realice el proceso de selección de las líneas.

Los coeficientes de variación de los análisis resultaron ser altos en las localidades y épocas durante los ciclos de selección (Cuadros 7 y 8) dada la variabilidad entre las repeticiones debido principalmente a factores nutricionales (variabilidad espacial), aunque éste se trató de bloquear en los ensayos de rendimiento utilizando el diseño de látice.

En el Cuadro 7 la línea TLP 25 mostró un rendimiento superior a las demás líneas incluyendo al testigo tolerante BAT 76; aunque no se observó diferencias significativas, los coeficientes de variación fueron muy altos. En la zona de Fraijanes su rendimiento siempre fue superior al testigo tolerante y en el análisis combinado (1992) se observaron diferencias significativas con ambos testigos y algunas líneas como TLP 17, 18 y 19.

Las líneas TLP 28 y TLP 29 tuvieron un rendimiento más estable durante los ciclos de evaluación y en las dos localidades. En Fraijanes (1992B) fue superior a ambos testigos; este comportamiento hace pensar que bajo

**Cuadro 7.** Rendimientos promedios de líneas seleccionadas y codificadas para tolerancia a bajo fósforo. Pérez Zeledón.

	1991 A 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1991 B 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992 A SIN P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992 A 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992 B SIN P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992 B 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1993 A 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
TLP16	589	497 ab	352 a	541 a	120a	420cdefgh	195abc
TLP17	564	471 ab	368 a	887 a	239a	413cdefgh	238abc
TLP18	569	469 ab	318 a	787 a	179a	577abcd	219abc
TLP19	717	423 ab	344 a	923 a	169a	417cdefgh	275abc
TLP20	675	328 b	470 a	635 a	147a	350 defg	291abc
TLP21	800	453 ab	372 a	751 a	285a	634abc	363a
TLP22	711	284 b	276 a	433 a	143a	191 h	376a
TLP23	680	476 ab	512 a	674 a	242a	489abcdef	267abc
TLP24	597	593 ab	276 a	613 a	209a	443 bcdefg	305abc
TLP25	791	364 b	564 a	1458 a	151a	485abcdef	223abc
TLP26	1355	327 b	363 a	801 a	218a	503abcdef	237abc
TLP27	986	458 ab	575 a	936 a	88a	711a	277abc
TLP28	725	446 ab	247 a	979 a	236a	692a	384a
TLP29	741	493 ab	380 a	667a	237a	304 efgh	266abc
BAT76	613	518 ab	274 a	658a	116a	491abcdef	360a
APN18	**	**	392 a	947 947a	104a	675ab	234abc
			c.v. 54.16	c.v. 35.18	c.v. 41.96	c.v.42.00	c.v.37.27

condiciones más homogéneas de suelo, etc. sus rendimientos podrían ser muy superiores al testigo BAT 76; que ha mostrado ser un material estable y con buena respuesta a bajo fósforo.

La dosis de 15 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha resultó ser eficiente para la selección de líneas, tal como lo confirmó Corella<sup>1</sup>.

Se incluyó como referencia la Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFB), en el análisis combinado (Cuadro 9) por ser una zona con condiciones edafoclimáticas adecuadas para observar respuesta al potencial de ren-

dimiento. Estos rendimientos son cuatro veces mayor que los de Pérez Zeledón.

Las líneas TLP 18, TLP 25 y TLP 28 mostraron un comportamiento superior al testigo BAT 76, por localidades y dosis de fósforo. El análisis mostró que; en general, considerando las tres localidades y las dosis de fósforo, el rendimiento promedio de las líneas es superior y en pocos casos similar al testigo tolerante.

La línea TLP 25 mostró el mayor rendimiento promedio de las tres zonas y en ambas dosis de fósforo. Las líneas TLP 28 y

<sup>1</sup> Departamento de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), San José, 1990.

**Cuadro 8.** Rendimientos promedios de líneas seleccionadas y codificadas para tolerancia a bajo fósforo. Fraijanes.

Línea	1991B 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992B 0 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992B 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1992B A. COMB.	1992B 500 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1993A 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1993A 500 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
TLP16	2854 a	529 cdefg	1161 a	672abcdef	653 c	1356 abc	1714 abc
TLP17	2112 abcd	415 defg	249 ef	230 hij	1768 a	775 bc	598 e
TLP18	1873 abcde	615 cdef	499abcde	468 defgh		1465 abc	1505 abcde
TLP19	2868 a	564 cdef	521abcde	348 fghi	1506 a	1006 abc	1090 abcde
TLP20	1735 bcdef	820 abcd	496abcde	575 abcdef		1373 abc	1483 abcde
TLP21	2445 ab	739 abcd	722 abc	796 abcde	1075 b	1005 abc	1837 a
TLP22	804 ef	482 cdefg	597 abcd	570 abcdef		1183 abc	1651 abc
TLP23	1210 cdef	300 fg	629 abcd	471 bcdefg		1124 abc	1414 abcde
TLP24	1585bcdef	709abcde	565abcde	509 bcdefg		1079 abc	1139 abcde
TLP25	1819abcdef	809 abcd	815 abc	871 abc		1709 ab	1555 abcd
TLP26	1236 cdef	719 abcd	1151 a	860 abcd		1293 abc	1611 abcd
TLP27	1670 bcdef	589 cdef	643abcd	518 bcdefg		1475 abc	1386 abcde
TLP28	1623 bcdef	1076 abcd	885 ab	908 abc		1664 abc	1747 ab
TLP29	1479 bcdef	1503 ab	762 abc	952 ab		1320 abc	1339 abcde
BAT76	1568 bcdef	414 defg	456 bcdef	382 fghi	1039 b	1116 abc	1202 abcde
APN18		444 defg	290 def	298 ghij		689 c	718 de
	c.v.19.52	c.v.47.93	c.v.37.11	c.v.37.80	c.v.11.55	c.v.24.30	c.v.19.86

**Cuadro 9.** Análisis combinado de localidades y dosis de fertilización fosfórica. 1992.

Líneas	EEFBM 0 y 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha 1992 B	Pérez Zeledón 0 y 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha 1992 A y 1992 B	EEFBM, Pérez Z. y Fraijanes 0 y 15 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha 1992 A y 1992 B
TLP 16	1861 ef	363 d	1004 cdef
TLP 17	2160 abcd	453 bcd	1031 cdef
TLP 18	2302 a	446 bcd	1115 abc
TLP 19	2145 abcd	457 bcd	1073 cde
TLP 20	2182 abc	407 bcd	1046 cdef
TLP 21	2142 abcd	484 abcd	1078 cd
TLP 22	2140 abcd	312 d	742 h
TLP 23	1472 g	472 bcd	1026 cdef
TLP 24	2130 abcd	393 bcd	1031 cdef
TLP 25	2286 a	645 a	1233 a
TLP 26	1885 ef	451 bcd	1011 cdef
TLP 27	2144 abcd	559 abc	1092 bcd
TLP 28	2175 abc	568 ab	1210 ab
TLP 29	2022 bcde	400 bcd	1108 abcd
BAT 76	2077 abcde	401 bcd	970 def
APN 18	1868 ef	559 abc	968 def
C.V.:	10.63%	40.79%	21.19%

Duncan 0,05

TLP 29 promediaron un rendimiento igual al testigo en la EEFB y Pérez Zeledón y superior cuando se combinaron las tres localidades.

El testigo menos tolerante (APN 18) tuvo un comportamiento similar al testigo BAT 76, esto implica; la necesidad de un manejo adecuado del terreno dada la forma heterogénea de distribución de la fertilidad del suelo.

Por su consistencia durante los ciclos de evaluación del programa de mejoramiento se seleccionó y codificó catorce líneas como tolerantes a bajo fósforo, en consecuencia sólo dos poblaciones de las diez fueron codificadas; éstas corresponden a NJBB 18447, NJBB 18451 y NJBI 18469 (Cuadro 10).

Como un inicio de un programa de mejoramiento para un factor, como es la tolerancia al bajo fósforo, se encuentra que el progreso genético, por esta metodología, es un factor

muy importante y viable; sin embargo, el manejo de otros factores; como la variabilidad de la fertilidad del suelo en los sitios de evaluación, ambientes apropiados y otros como los fitopatológicos, ayudan en forma considerable a la obtención de resultados más consistentes entre los materiales y durante las épocas; situación muy importante a considerar con el manejo de un carácter abiótico.

## CONCLUSIONES

1. Se pudo recuperar líneas superiores al testigo tolerante (BAT 76) en Pérez Zeledón y Fraijanes. El margen de superioridad fue mayor en Fraijanes.
2. En Pérez Zeledón la población NJBB 18469 derivada de la progenie G19504 produjo líneas superiores. En Fraijanes

**Cuadro 10.** Líneas seleccionadas y codificadas para tolerancia a bajo fósforo disponible en San Isidro de Pérez Zeledón y Fraijanes de Alajuela. Marzo, 1993.

No.	Procedencia	CODIGO	Cruza	Genealogía/Pedigree
1	CIAT-CR.	TLP 16	NJBB 18447 -M-M-4-M	(Empasc 201 X BAT 1647) (FT 83-120 X G 12896A)
2	CIAT-CR.	TLP 17	NJBB 18447-M-M-4-M	
3	CIAT-CR.	TLP 18	NJBB 18447-M-M-7-M	
4	CIAT-CR.	TLP 19	NJBB 18447-M-M-14-M	
5	CIAT-CR.	TLP 20	NJBB 18447-M-M-15-M	
6	CIAT-CR.	TLP 21	NJBB 18447-M-M-20-M	
7	CIAT-CR.	TLP 22	NJBB 18451-M-M-2-M	(A140 x Río Negro) (FT 83120 x 12896A)
8	CIAT-CR.	TLP 23	NJBI 18469-M-M-1-M	(CNF 4717 x (A320 x CNF 4712 (BAT271 x BAT271 x RAB49) (G19504)
9	CIAT-CR.	TLP 24	NJBI 18469-M-M-2-M	
10	CIAT-CR.	TLP 25	NJBI 18469-M-M-4-M	
11	CIAT-CR.	TLP 26	NJBI 18469-M-M-6-M	
12	CIAT-CR.	TLP 27	NJBI 18469-M-M-8-M	
13	CIAT-CR.	TLP 28	NJBI 18469-M-M-11-M	
14	CIAT-CR.	TLP 29	NJBI 18469-M-M-14-M	

la población NJBB 18447 derivada de la progenie G12896A produjo mejores líneas. Esto sugiere la existencia de una interacción genotipo ambiente.

3. Ya que la población NJBB 18469 fue superior en rendimiento; como masal en Pérez Zeledón, parece decir que el rendimiento de las poblaciones en generaciones tempranas es un indicador del potencial de las líneas que se puedan seleccionar. Por lo tanto; las pruebas de rendimiento en generaciones tempranas es una opción viable para el mejoramiento de tolerancia a bajo fósforo.
4. En respuesta a tolerancia a bajo fósforo, las líneas TLP28 y TLP29; mostraron mayor consistencia durante el tiempo y/o épocas de evaluación lo que evidencia que su estabilidad es mejor.

### LITERATURA CITADA

BERTSCH, F. 1987. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Costa Rica. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica.

CARDONA, C.; FLOR, C.; MORALES, F. 1995. Problemas de Campo en los cultivos de frijol en el Trópico. CIAT. Cali, Colombia. p. 220.

CORELLA, J.F. 1983. El Cultivo del Frijol en Costa Rica: Clasificación y Manejo de Suelos. Unidad de Suelos, Dirección de Investigaciones Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. P. 46.

CORRALES, P; SCHWARTZ H.F, 1994. Problemas de Producción del frijol en los trópicos. CIAT. Cali, Colombia. p.220.

JOHANSEN, C.; LEE K.; SHARMA, K.; SUBBARAO, G.; KUENEMAN, E. 1995. Genetic Manipulation of Crop Plants to Enhance Integrated Nutrient Management in Cropping Systems-1. Phosphorus. ICRISAT. India. p. 49-54.

SCHOONHOVEN, A.; Voysest, O. 1991. Common Beans: Research for Crop Improvement. C.A.B. International, CIAT. Cali, Colombia. p. 980.

SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. 1980. Bean Production Problems. CIAT. Cali, Colombia. p.424.

XIAOLONG, Y.; J. LINCH; S. BEEBE. 1995. Genetic Variation for Phosphorus Efficiency of Common Bean in Constrasting soil. Types: I. Vegetative Response. Crop Science. 35: 1086-1093.

---