

PROFRIJOL

INFORME ANUAL PROYECTO R-2

Tolerancia del Frijol a Bajo Fósforo, Toxicidad de Aluminio y Manganeseo en Suelos Tropicales de México y América Central.

PAISES PARTICIPANTES:

*México
Costa Rica
El Salvador*

INVESTIGADORES RESPONSABLES EN MEXICO:

M.C. Javier Conipiáno Gutiérrez	Investigador
M.C. Arturo Duran Prado	Investigador
íng. Octavio Cano Reyes	Investigador
M.C. Ernesto López Salinas	Investigador
Dr. Jorge A. Acosta Gallegos	Líder

INVESTIGADORES RESPONSABLES EN COSTA RICA

Mag. Se. Rodolfo Araya Villalobos	Investigador
Mag Se. Carlos Enriquez	Investigador

PROFRIJOL

INFORME ANUAL PROYECTO R-2

Tolerancia del Frijol a Bajo Fósforo, Toxicidad de Aluminio y Manganeseo en Suelos Tropicales de México y América Central.

PAISES PARTICIPANTES:

*México
Costa Rica
El Salvador*

INVESTIGADORES RESPONSABLES EN MEXICO:

M.C. Javier Compiáno Gutiérrez	Investigador
M.C. Arturo Durán Prado	Investigador
Ing. Octavio Cano Reyes	Investigador
M.C. Ernesto López Salinas	Investigador
Dr. Jorge A. Acosta Gallegos	Líder

INVESTIGADORES RESPONSABLES EN COSTA RICA

Mag. Se. Rodolfo Araya Villalobos	Investigador
Mag Se. Carlos Enriquez	Investigador

INTRODUCCION

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

OBJETIVO GENERAL. Desarrollar germoplasma con adaptación a suelos deficientes en nutrientes, principalmente P, para el trópico de América Central y México.

MATERIALES Y METODOS

MEXICO:

Evaluación de materiales de diferentes orígenes. Durante 1994-1995 se establecieron cinco experimentos de campo: tres en el C.E. Papaloapan (Isla, Ver.), uno en San Andrés Tuxtla, Ver. y uno en Chapingo, Edo. de Méx.

C.E. Papaloapan. Se sembraron tres experimentos el día 5 de octubre de 1994 en un suelo Oxisol (Clasificación FAO-UNESCO) con pH 4.4 (Cuadro 1). Dos experimentos se sembraron en un diseño latice simple duplicado, dos repeticiones con cal (1.25 ton/ha) y dos sin. La cal fue incorporada al suelo 30 días antes de la siembra. En el tercer experimento sólo sembró una repetición por dosis de P₂O₅ en un diseño en latice simple,

a) 36 genotipos criollos del estado de Chiapas provenientes del Banco de

PROFRIJOL

INFORME ANUAL

PROYECTO: Tolerancia del frijol a bajo fósforo, toxicidad de aluminio y manganeso en suelos tropicales de México y América Central.

PAISES PARTICIPANTES:

Costa Rica
El Salvador
México

INVESTIGADORES RESPONSABLES EN MEXICO:

M.C. Javier Compiáno Gutiérrez
M.C. Arturo Durán Prado
Ing. Octavio Cano Reyes
M.C. Ernesto López Salinas
Dr. Jorge A. Acosta Gallegos

Investigador
Investigador
Investigador
Investigador
Líder

INTRODUCCION

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

OBJETIVO GENERAL. Desarrollar germoplasma con adaptación a suelos deficientes en nutrientes, principalmente P, para el trópico de América Central y México.

MATERIALES Y METODOS

Evaluación de materiales de diferentes orígenes. Durante 1994-1995 se establecieron cinco experimentos de campo: tres en el C.E. Papaloapan (Isla, Ver.), uno en San Andrés Tuxtla, Ver. y uno en Chapingo, Edo. de Méx.

C.E. Papaloapan. Se sembraron tres experimentos el día 5 de octubre de 1994 en un suelo Oxisol (Clasificación FAO-UNESCO) con pH 4.4 (Cuadro 1). Dos experimentos se sembraron en un diseño latice simple duplicado, dos repeticiones con cal (1.25 ton/ha) y dos sin. La cal fue incorporada al suelo 30 días antes de la siembra. En el tercer experimento sólo sembró una repetición por dosis de P_2O_5 en un diseño en latice simple.

a) 36 genotipos criollos del estado de Chiapas provenientes del Banco de Germoplasma del INIFAP.

b) 49 genotipos calificados como tolerantes a bajo fósforo (principalmente los recomendados por el Dr. S. Beebe).

c) 49 genotipos criollos del estado de Chiapas y colectas del Banco de Germoplasma del INIFAP.

d) Además de los experimentos con variedades, se estableció un experimento factorial $2 \times 2 \times 4$, dos dosis de cal, dos dosis de P_2O_5 y cuatro variedades (Cuadro 5).

Cuadro 1. Características del suelo en dos localidades de Veracruz.

Localidad	pH	Saturación		MO %	P	ppm		Mg	CIC
		Al+++	Bases			K	Ca		
		mg/100 g							
Isla, Ver.	4.4	1.09	100	1.26	68	24	30	16	100
Tuxtla, Ver.	6.1	-	100	1.60	62	0.2	4.4	27	100

San Andrés Tuxtla, Ver. En esta localidad se estableció un experimento con 49 genotipos de frijol en un suelo con bajo contenido de P_2O_5 bajo un diseño en latice con dos repeticiones. El suelo del sitio donde se sembró el experimento fué un Andosol (Clasificación FAO-UNESCO) de pH 6.1 (Cuadro 1). Se utilizó un diseño latice 7x7 simple y se fertilizó con la dosis 40-40-00, debido a la baja fertilidad del lote experimental.

En esta localidad se evaluaron 6 genotipos con los mismos tratamientos y niveles del experimento del C.E. Papaloapan.

En todos -los experimentos de evaluación de germoplasma se incluyeron como testigos a las variedades mejoradas: Negro Jamapa, Negro Veracruz, Negro Huasteco 81, Negro Cotaxtla 91 y Negro INIFAP. Esta última sólo se sembró en el Experimento 7X7 con y sin cal en Isla, Ver. En todos los experimentos la parcela fue de un surco de 5 m de longitud con separación de 0.6 m entre surcos. La parcela útil fue un surco de 3 m.

Chapingo, México (19°29' N, 98°51" O, 2240 msnm y 650 mm de precipitación anual). En esta localidad se condujo un experimento con 36 genotipos bajo condiciones de temporal con dos dosis de P_2O_5 : 15 y 80 unidades por ha. Se utilizó un diseño de latice simple duplicado, uno por cada dosis de P_2O_5 .

Con los resultados del rendimiento en las localidades en las que los genotipos se evaluaron bajo dos niveles de estrés se calcularon los siguientes índices (Graham, 1984) :

Rendimiento relativo % = $(\text{Rend, sin cal} / \text{Rend. con cal}) * 100$

$I_i = \text{Rend, sin cal} / \text{Promedio sin} * (\text{Rend, con cal} / \text{Promedio con})$.

En el bloque de cruzamiento del programa de Chapingo Méx., se incluyeron variedades adaptadas al trópico húmedo de Méx. y tolerantes a suelos ácidos identificadas en éste proyecto. Se realizaron cruzamientos simples y triples (Cuadro 8). El avance de

las poblaciones segregantes (F1) se esta llevando a cabo bajo condiciones de riego en el campo Cotaxtla Ver. y parte de la semilla F1 de las cruas triples se almacenó para su utilización posterior en cruas múltiples con fuentes de resistencia múltiple a enfermedades. Se recibieron 18 materiales identificados como tolerantes a bajo fosforo y suelos ácidos del programa nacional de Costa Rica, mismos que se incrementaron en invernadero en Chapingo durante 1994. Estos materiales se encuentran en incremento bajo condiciones de riego en el C.E. Cotaxtla, Ver.

RESULTADOS Y DISCUSION.

C.E. Papaloapan. La precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo (octubre-enero) fué de .solo 220 mm, por lo que los materiales evaluados estuvieron bajo sequía durante la etapa reproductiva, sequía que se incrementó en severidad conforme avanzó el ciclo (120 mm de noviembre a enero).

En el grupo .de 36 genotipos el promedio de rendimiento en el tratamiento sin cal resultó de 57% en comparación con el obtenido con cal. Ese nivel de estrés (43%), puede considerarse adecuado en estas primeras fases de evaluación, pero deben utilizarse niveles más severos en la fase de recomfirmación o en etapas avanzadas de selección (Wortmann, 1994). La variedad Negro Jamapa y la colecta Phavu 1140 resultaron sobresalientes en ambos tratamientos, mientras que Negro Tacaná (DOR 3 90) y Phavu 1125 sólo respondieron bien en el tratamiento con cal (Cuadro 2) . Los genotipos que responden bién bajo ambas condiciones podrían considerarse como candidatos para pruebas de validación en campos de agricultores. En este proyecto el objetivo de las evaluaciones es con doble proposito, identificar materiales prometedores- para su posible utilización por los agricultores y la identificación de progenitores con altos niveles de tolerancia per se para su uso en los programas de mejoramiento.

En el latice 7X7 duplicado, los genotipos sobresalientes por su rendimiento en ambos tratamientos (valores altos en el índice Ii) fueron: NAG-161, DOR-448, DOR-446, II-307-CB-SE-OE y Río Negro (Cuadro 3). Dichos materiales son líneas avanzadas de programas de mejoramiento de CIAT e INIFAP, por lo tanto, se podrían utilizar comercialmente en áreas específicas con problemas de suelo ácido, por lo que deberían multiplicarse e iniciar su validación en campos de agricultores.

De las observaciones de campo se comprobó que de la variación genética presente en el grupo estudiado es muy amplia. El poder identificar material adaptado a suelos ácidos proveniente del altiplano de México, es muy importante porque permitirá ampliar la base genética del germoplasma que puede utilizarse en este proyecto. Entre los materiales sobresalientes en rendimiento bajo ambos tratamientos en el tercer experimento (altos valores para Ii) se encuentran: G 1323, G 6113, BAT 1467 y criollo arbolito.

MEXICO
SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE FRIJOL

PROFRIJOL
INFORME ANUAL

1.-Proyecto: Tolerancia a bajo fósforo, toxicidad de aluminio y manganeso del frijol en suelos tropicales de México y Centroamérica.

2.-Investigadores responsables:

M.C. Javier Cumpián Gutiérrez.	Investigador
M.C. Francisco Javier Cruz Chávez	Investigador
M.C. Arturo Durán Prado.	Investigador
M.C. Ernesto López Salinas	Investigador
Dr. Jorge A. Acosta Gallegos	Líder

3. -Objetivo General

Desarrollar germoplasma con adaptación a suelos ácidos para el trópico de México y Centroamérica.

4. -Reseña de las investigaciones realizadas en el periodo Abril 1993 a Marzo 1994.

4.1. Actividades:

a) Evaluación de germoplasma de diversos orígenes.

b) Cruzamientos simples entre variedades adaptadas y fuentes de resistencia. Las poblaciones derivadas de estos cruzamientos se utilizarán en cruza múltiples con los mejores materiales identificados en a) .

Objetivos Específicos:

a) Identificar genotipos tolerantes a suelos ácidos con buen rendimiento de grano. Se realizaron dos experimentos de invernadero y cinco de campo. Se dió énfasis a los experimentos de campo porque los efectos de los factores detrimentales de los suelos ácidos ya han sido estudiados extensivamente en experimentos de invernadero (ver Buerkert et al., 1990; Agron, J. 82:749-754) .

b) Realizar cruzamientos simples entre variedades mejoradas adaptadas a la región tropical de México.

.4.2 Materiales y métodos.

Evaluación de germoplasma de diferentes orígenes.

Experimentos de invernadero.

4.2.1 Durante la primavera de 1993 se llevaron a cabo dos experimentos de invernadero uno en Cotaxtla y otro en Isla, Ver. Se evaluaron 36 genotipos clasificados como tolerantes a bajo fósforo (Comunicación personal, S. Beebe, 1992, CIAT). Estos se establecieron en macetas de un litro de capacidad bajo dos tratamientos: con (pH >5.5) y sin (pH 4.4) la adición de cal dolomítica al suelo. El diseño utilizado fue completamente al azar con tres repeticiones (macetas) por tratamiento. Las plantas se cosecharon en la etapa V4 y se cuantificó su altura y peso seco en g por maceta.

Experimentos de Campo.

Durante 1993 se establecieron cinco experimentos de campo: uno en Chiapas (4.2.2), tres en veracruz (4.2.3-5) y un bloque de cruzamientos en Chapingo (4.2.6).

4.2.2. CHIAPAS. Se sembraron 36 genotipos clasificados como tolerantes a bajo fósforo (Común, pers., S. Beebe, 1992, CIAT); bajo condiciones de temporal en Villa de Flores, Chiapas. El suelo del sitio experimental fue un Acrisol (Clasificación FAO-UNESCO) de pH = 4.9 (Cuadro 1). Se tuvieron cuatro repeticiones, dos sin y dos con aplicación de cal hidratada (2 ton/ha); la cal de la industria de la construcción es la única fuente para la agricultura en esta región, por lo que el mejoramiento genético para tolerancia a suelos ácidos es importante.

4.2.3-5 VERACRUZ. Durante el ciclo de humedad residual, se sembraron tres experimentos con diferentes genotipos en el C.E. Papaloápan (Isla Ver.) el 29 de Oct. de 1993:

4.2.3. 49 genotipos clasificados como tolerantes a bajo fósforo (Común, pers., S. Beebe, 1992, CIAT);

4.2.4. 64 genotipos criollos del estado de Chiapas provenientes del Banco de Germoplasma del INIFAP;

4.2.5. 121 colectas representativas del Banco de Germoplasma del INIFAP (Común, pers. Cárdenas, 1989; INIFAP). Este grupo comprende 200 colectas, pero durante su multiplicación se eliminaron las que no mostraron adaptación a las condiciones de Veracruz (principalmente materiales trepadores del altiplano).

El suelo del sitio experimental fue un Oxisol (Clasificación FAO-UNESCO) de pH = 4.4 (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado para cada grupo de genotipos fue de lattice simple (7X7, 8X8 y 11X11) con dos repeticiones sin y dos con 1.25 tons/ha de cal dolomítica (cantidad suficiente para elevar el pH a 5.5). La cal fue incorporada al suelo e incubada con un riego 30 días antes de la siembra.

Cuadro 1. Características del suelo en dos localidades del trópico de México.

Localidad	Edo.	PH	Saturación		M.O.	ppm			
			Al+++	Bases		P	K	Ca	Mg
La Fraylesca	Chis.	4.9	23.4	55.9	1.24	58@	-	-	-
Isla	Ver.	4.4	-	-	0.91	18&	21	122	4

@ Bray
& Carolina del Norte.

DISTRIBUCION DE LAS VARIEDADES TESTIGO

En los experimentos se incluyeron como testigos a las variedades mejoradas, Negro Huasteco 81, Negro Cotaxtla 91 y Negro INIFAP. Esta última variedad se sembró al lado de todas las variedades en los tres experimentos (parcelas apareadas).

En 48 parcelas de Negro INIFAP, tomadas de los tres experimentos, además del rendimiento, se contaron las plantas cosechadas. En todos los experimentos, la parcela experimental fue de un surco de 3 m de long, y la útil fue de 1.4 m².

INDICES UTILIZADOS EN LA EVALUACION DE GENOTIPOS

Para la evaluación de la respuesta en rendimiento se utilizaron los índices siguientes (Graham, R.D., 1984; Adv. in Plant Nutri-tipn 1:57-102):

$$\text{Rendimiento relativo (\%)} = \text{Ri sin (100)/Ri con,}$$

donde Ri sin y Ri con es el rendimiento del genotipo i bajo los dos niveles de cal dolomítica. Los genotipos eficientes muestran un Ri cercano o superior a 100%. Genotipos con bajo rendimiento en ambas condiciones pueden erróneamente dar un alto Ri, y deben ser excluidos. La exclusión de éstos puede lograrse con el uso de otro índice que selecciona genotipos con alto rendimiento en ambos tratamientos:

$$I_i = (\text{Ri sin/prom. sin}) (\text{Ri con/prom. con}),$$

donde: Ri rendimiento del genotipo i; prom. sin y con es el promedio general en los tratamientos sin y con cal.

4.2.6. CHAPINGO. En el bloque de cruzamientos de Chapingo, Méx. se incluyeron variedades adaptadas al trópico húmedo de México. El objetivo fue realizar cruzamientos simples entre ellas y producir poblaciones F₁, para en 1994 utilizarse en cruza con materiales tolerantes identificados en este proyecto en México y los países colaboradores (Honduras y El Salvador).

4.3. Resultados.

Experimentos de invernadero.

4.3.1. Considerando los resultados de los dos experimentos, los genotipos sobresalientes en cuanto a materia seca producida fueron: G 17650, G 4482, G 5141, G 6099, G 6588, G 15312B, G 18252, G 20797, G 23276, Negro Cotaxtla 91 y Veracruzano.

4.3.2. CHIAPAS. En este ensayo se encontraron diferencias entre genotipos y quizá debido a que el nivel de acidez no fue severo, no se encontraron diferencias entre tratamientos. Los genotipos sobresalientes en rendimiento fueron: G 2379, G 3645 (Jamapa), LINACA, BAT 1467, Negro Veracruz, Negro Chiapas, G 3648, G 18252, G 6113, G 4821 y G 1323.

4.3.3-5. VERACRUZ. La precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo (Oct. a Enero) fue baja (167.3 mm) por lo que los materiales evaluados estuvieron bajo un severo déficit de humedad durante la etapa reproductiva (36 mm de Nov. a Enero).

Durante el ciclo del cultivo no hubo daños de consideración por enfermedades, excepto pudriciones de raíz las cuales se acentuaron en las parcelas sin cal (parcelas perdidas sólo en este tratamiento).

El efecto detrimental de la acidez del suelo sobre el desarrollo de la raíz y en consecuencia del desarrollo del vástago es bien conocido. El número de plantas cosechadas de la variedad Negro INIFAP distribuida en todos los experimentos como parcela apareada, resultó superior ($P > 0.01$) en el tratamiento con cal (Cuadro 2). Entre las características de adaptación del frijol a la acidez del suelo, el establecimiento y sobrevivencia de la población de plantas parece ser importante.

La variación mostrada por Negro INIFAP a través de los diferentes experimentos es indicativa de la variación del suelo, por ello al considerar la adaptación de los genotipos, además de los índices antes señalados, es necesaria la comparación con los testigos más cercanos.

En los tres experimentos, un bajo número de variedades exhibió síntomas leves de deficiencia de calcio y magnesio, pero no se hicieron análisis foliares para conocer la concentración de esos elementos en genotipos contrastantes.

4.3.3. En el grupo de 49 genotipos, el promedio de rendimiento en el tratamiento sin cal resultó de 35% en comparación con lo obtenido con cal. G 3645 (Jamapa) y BAT 1467 resultaron sobresalientes en ambos tratamientos, mientras que variedades como Negro Tacaná (DOR 390) y G 11533 sólo respondieron bien en el tratamiento con cal (Cuadro 4).

Cuadro 2. Variación en rendimiento y número de plantas cosechadas en la variedad Negro INIFAP, Isla, Ver.

No. de experimento	n	Cal §	Rendimiento g/m ²		Plantas/m ²	
			Rango	Promedio	Rango	Promedio
4.2.2	12	con	57-147	91	18-28	34
		sin	12-47	28	13-24	17
4.2.3	12	con	49-97	77	19-31	26
		sin	11-77	44	14-25	20
4.2.4	18	con	58-95	74	18-31	32
		sin	16-92	49	14-24	20

@ 1.25 ton/ha para elevar el pH a 5.5
n = No. de observaciones

Cuadro 3. Características agronómicas de variedades de frijol tolerantes a bajo fosforo sembradas con y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. INIFAP

Genotipo Floración	Días a	Cal		Indices (1)	
		Sin	Con @	Ri (%)	Ii
		g/m ² -----			
G 3645 (Jamapa)	34	55	96	57	3.55
BAT 1467	42	67	67	100	3.01
G 6113 (Chis. 3-A)	43	39	103	38	2.71
G 5141 (Mich. 75)	42	42	75	56	2.14
G 3585 (Qro. 21)	38	43	61	69	1.76
G 1323 (Chis. 88)	41	38	58	65	1.49
DOR 390 (N. Tacana)	37	20	95	21	1.05
G 11536 (Yunquilla)	50	15	79	19	0.81
Promedio	44	23	66	35	1.00

(1) Ver texto.

@ 1.25 ton/ha, cantidad necesaria para elevar el pH a 5.5

4.2.4. Los genotipos sobresalientes por su rendimiento en ambos tratamientos (valores altos en el índice Ii) fueron: Chis. 104, Chis. 3-A-1, Chis. 256, Chis. 213-A, Chis. 2-A-4, Chis. 109, Chis. 58, Chis. 235, y Chis. 203-A. Algunos genotipos como Chis. 3-A-4 y Chis. 177-A, resultaron sobresalientes sólo en el tratamiento sin cal (Ri >100%), estos podrían utilizarse comercialmente en áreas específicas con problemas de suelos ácidos, pero sobretodo en el programa de mejoramiento.

4.2.5. De las observaciones de campo se comprobó que la variación genética contenida en este grupo es amplia. La identificación de material adaptado a suelos ácidos en este grupo es importante, porque permitiría ampliar la base genética del germoplasma a utilizar en este proyecto. Entre los genotipos sobresalientes en rendimiento bajo ambos tratamientos (altos valores para Ii) se encuentran: Dgo. 21, Qro. 34, Coah. 305, Oax. 107, Ver. 178, 1075, Ver. 76, Ags. 7 y Negro Huasteco 81. La colecta Hgo. 67 resultó sobresaliente en el tratamiento sin cal.

4.2.6. En el Cuadro 6 se presentan los progenitores de las cruza simples realizadas en Chapingo para este proyecto. Estas poblaciones se establecieron en Feb. de 1994 junto con los materiales sobresalientes de las evaluaciones, en Cotaxtla, Ver., para el avance de generación y posible cruzamiento entre diferentes Fs 1 y con otros progenitores.

Cuadro 4. Características agronómicas de variedades criollas del estado de Chiapas, Méx. sembradas con y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. INIFAP

Genotipo	Días a Floración	Cal		Indices (1)	
		Sin	Con 0	Ri (%)	Ii
		-----g/m ¹ 2 -----			
Chis. 104	41	77.5	131	59	2.13
Chis. 3-A-1	44	88.0	109	80	2.02
Chis. 256	46	72.0	132	54	1.99
Chis. 213-A	44	90.5	102	89	1.95
Chis. 2-A-4	35	78.5	117	66	1.94
Chis. 109	46	62.5	133	46	1.75
Chis. 58	33	84.5	92	91	1.63
Chis. 235	47	86.5	87	99	1.58
Chis. 210-A	43	86.0	86	99	1.56
Chis. 58	46	67.0	109	61	1.54
Chis. 338	43	50.5	135	37	1.44
Chis. 3-A-4	45	-104.0	65	160	1.43
Chis. 17 7-A	46	78.0	48	162	0.79
Chis. 339	48	20.0	99	20	0.42
Chis. 84	40	23.5	89	26	0.44
Chis. 241	47	15.0	70	21	0.22
Chis. 336	50	18.5	71	26	0.28
Promedio	42	53.0	90	59	1.00

(1) Ver texto.

@ 1.25 ton/ha, cantidad necesaria para elevar el pH a 5.5

X

Cuadro 5. Características agronómicas de variedades de frijol del Banco de Germoplasma de INIFAP sembradas con y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. INIFAP

Genotipo	Días a Floración	Cal		Indices (1)	
		Sin	Con @	Ri (%)	Ii
		--- g/m ²			
Dgo. 21	33	100.5	123	82	3.77
Qro. 34	39	85.5	109	78	2.84
Coah. 305	44	65.0	141	46	2.79
Oax. 107	42	64.5	142	45	2.79
Ver. 178	40	106.0	81	131	2.61
1075	33	57.0	139	41	2.42
Ver. 76	38	70.5	109	65	2.34
Ags. 7	31	66.0	110	60	2.22
N. Huasteco 81	43	81.0	88	92	2.17
II-307-CB-5E-02 -M	32	61.0	112	54	2.09
II-2 2 7-CB-1E-0E -M	42	86.0	116	74	2.07
Zac. 51	34	59.5	121	59	2.02
Hgo. 71	34	112.0	57	195	1.96
II-383-2E-0E-M	39	70.0	65	108	1.39
Criollo Nayarit	40	38.0	95	39	1.25
Ags. 37	33	44.0	134	33	1.80
Chis. 95	40	19.0	28	68	0.16
Dgo. 17-7	43	6.5	20	20	0.06
Promedio	40	41.6	79	53	1.00

(1) Ver texto.

@ 1.25 ton/ha, cantidad necesaria para elevar el pH a 5.5

Cuadro 6. Progenitores y cruzamientos realizados en Chapingo, Méx. 1993

Progenitor	Origen	Características
1 Negro Cotaxtla 91	INIFAP	Amplia adaptación
2 Negro Jamapa	INIFAP	Calidad culinaria
3 Negro INIFAP	INIFAP	Tolerante suelos ácidos
4 Negro Tacaná (DOR 390)	INIFAP-CIAT	Resistente al BGMV
5 Negro Veracruz	INIFAP	Amplia adaptación.
6 Puebla 152	INIFAP	Fijación de N
Cruzamientos: 1X4, 4X1, 5X4, 5X1, 2X4, 2X1, 4X6		

Germoplasma del INIFAP.

b) 49 genotipos calificados como tolerantes a bajo fósforo (principalmente los recomendados por el Dr. S. Beebe).

c) 49 genotipos criollos del estado de Chiapas y colectas del Banco de Germoplasma del INIFAP.

d) Además de los experimentos con variedades, se estableció un experimento factorial 2X2X4, dos dosis de cal, dos dosis de P₂O₅ y cuatro variedades (Cuadro 5).

Cuadro 1. Características del suelo en dos localidades de Veracruz.

Localidad	pH	Saturación		MO	ppm			CIC
		A1+++	Bases	% P	K	Ca	Mg	
				mg/100 g				
Isla, Ver.	4.4	1.09	100	1.26 68	24	30	16	100
Tuxtla, Ver.	6.1	-	100	1.60 62	0.2	4.4	2.7	100

San Andrés Tuxtla, Ver. En esta localidad se estableció un experimento con 49 genotipos de frijol en un suelo con bajo contenido de P₂O₅ bajo un diseño en latice con dos repeticiones.

El suelo del sitio donde se sembró el experimento fué un Andosol (Clasificación FAO-UNESCO) de pH 6.1 (Cuadro 1). Se utilizó un diseño latice 7x7 simple y se fertilizó con la dosis 40-40-00, debido a la baja fertilidad del lote experimental.

En esta localidad se evaluaron 6 genotipos con los mismos tratamientos y niveles del experimento del C.E. Papaloapan.

En todos los experimentos de evaluación de germoplasma se incluyeron como testigos a las variedades mejoradas: Negro Jamapa, Negro Veracruz, Negro Huasteco 81, Negro Cotaxtla 91 y Negro INIFAP. Esta última sólo se sembró en el Experimento 7X7 con y sin cal en Isla, Ver. En todos los experimentos la parcela fue de un surco de 5 m de longitud con separación de 0.6 m entre surcos. La parcela útil fue un surco de 3 m.

Chapingo, México (19°29' N, 98°51" O, 2240 msnm y 650 mm de precipitación anual). En esta localidad se condujo un experimento con 36

genotipos bajo condiciones de temporal con dos dosis de P_2O_5 : 15 y 80 unidades por ha. Se utilizó un diseño de latice simple duplicado, uno por cada dosis de P_2O_5 .

Con los resultados del rendimiento en las localidades en las que los genotipos se evaluaron bajo dos niveles de estrés se calcularon los siguientes índices (Graham, 1984):

$$\text{Rendimiento relativo \%} = (\text{Rend. sin cal/Rend. con cal}) * 100$$

$$I_i = \text{Rend. sin cal/Promedio sin}) * (\text{Rend. con cal/Promedio con}).$$

En el bloque de cruzamiento del programa de Chapingo Méx., se incluyeron variedades adaptadas al trópico húmedo de Méx. y tolerantes a suelos ácidos identificadas en éste proyecto. Se realizaron cruzamientos simples y triples (Cuadro 8). El avance de las poblaciones segregantes (F1) se esta llevando a cabo bajo condiciones de riego en el campo Cotaxtla Ver. y parte de la semilla F1 de las cruza triples se almacenó para su utilización posterior en cruza múltiples con fuentes de resistencia múltiple a enfermedades. Se recibieron 18 materiales identificados como tolerantes a bajo fosforo y suelos ácidos del programa nacional de Costa Rica, mismos que se incrementaron en invernadero en Chapingo durante 1994. Estos materiales se encuentran en incremento bajo condiciones de riego en el C.E. Cotaxtla, Ver.

COSTA RICA :

En dos localidades de Costa Rica: ubicadas en la Zona Huetar Norte; 1- Los Chiles y 2-Pavón, se estableció un ensayo de respuesta de dos materiales de frijol, una línea mejorada (MUS-133, seleccionada por su alta tolerancia a Mustia Hilachosa y tolerancia al bajo fósforo) y una variedad comercial (BRUNCA, la de mayor uso comercial en la zona de estudio), a dos dosis de fósforo 0 y 80 kg P205 /ha, y dos dosis de cal:0 t/ha y 0,5 t/ha en Pavón, y 0 y 1,5 t/ha en Los Chiles.

Los dos sitios se seleccionaron con base en las características de suelo de diez fincas en que se iba a sembrar frijol en forma comercial, cuadro — . Los experimentos se ubicaron en los suelos de la finca 4 y 6 cuadro—. El enclavamiento se efectuó el 15 de noviembre en Pavón y el 14 de noviembre en Los Chiles. La siembra se realizó el día 7 de diciembre en de 1994 en Los Chiles y el 6 de diciembre en Pavón. Para efectuar la siembra el terreno se surcó con arados manuales y se colocaron 15 semillas por metro lineal.

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 constó de seis surcos de 5 m de longitud espaciados a 0,6m (área total de 18 m²) y la parcela útil de los cuatro surcos centrales (área total de 12 m²).

Las variables medidas fueron número de plantas por parcela, peso de grano, altura del dosel de vainas, vainas por planta y granos por vaina.

CUADRO: ANALISIS DE SUELO DE LAS LOCALIDADES DONDE SE EFECTUARON LOS ENSAYOS DE ADICION DE FOSFORO Y CAL.											
Localidad	pH	meq/100ml					ppm				
		H 2 O	Ca	iMg	K	Acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn
LOS CHILES	5.1	3.9	0.9	0.12	1.2	6.12	7	13.4	321	300	3.1
PAVON	5.3	5.84	1.16	0.28	0.95	8.23	11	15.5	609	251	3.4

CUADRO: CALCULO DE LA ADICION DE CAL Y FOSFORO A LOS ENSAYOS

LOCALIDAD	CICE	% SAT.ACIDEZ	CAL t/ha**	P (ppm)	P205/ha
LOS CHILES	6.21	19.32	1.5	7	80
PAVON	8.23	11.54	0.5	11	80

CUADRO: EVALUACION DE RESPUESTA DEL FRIJOL A LA ADICION DE FOSFORO Y CAL EN DOS LOCALIDADES DE LA ZONA NORTE DE COSTA RICA. 1994

LOCALIDAD	DOSIS P205	DOSIS DE CAL	PARCELA	VARIETADES
LOS CHILES	0-80	1,5	1 8m2	BRUNCA,-MUS 133
PAVON	0- 8 0	0,5	1 8m2	BRUNCA, MUS 13

TON CA C03/ha = 1.5 (% SAT. AL -RAS) * CICE f

CUADRO: 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.

LOCALIDAD	pH	meq/100 ml					ppm				
		Ca	Mg	K	Acidez	CICE	v	Cu	Fe	Mn	Zn
LOS CHILES:											
CARLOS BOUNKER	5.1	3.9	0.9	0.12	1.2	6.12	7	13.4	321	300	3.1
ENRIQUE FERNÁNDEZ	5.3	5.0	1.3	0.34	0.9	7.54	11	13.3	413	398	3.1
LEONARDO REYES	5.4	6.1	1.4	0.21	0.9	8.61	12	13.3	494	312	3.7
ARSENIO ROJAS-MONT.	5.3	7.1	1.1	0.19	1.0	9.39	11	14.8	568	218	3.2
PABLO GARCIA -ARCOI	5.7	7.6	1.9	0.31	0.6	10.41	8	14.3	313	372	4.2
WILLIAN BARQUERO	5.4	5.6	1.3	0.31	0.9	8.11	6	12.6	543	159	2.2
VICTOR MIRANDA	5.3	5.4	1.3	0.18	0.8	7.68	13	16.6	471	342	3.6
JOSE ARQUEDAS	5.5	6.8	1.8	0.18	0.8	9.58	6	15.7	452	205	2.8
OSCAR CHAVARRIA	5.6	6.0	1.4	0.34	0.8	8.54	7	16.4	306	954	4.7
JUAN ROJAS	5.3	5.8	1.4	0.29	0.6	8.09	7	12.0	370	427	2.7
RENE RODRIQUEZ	5.9	9.9	2.3	0.31	0.5	13.01	16	17.5	312	257	4.7
PAVON:											
MANUEL ROJAS	5.3	5.84	1.16	0.25	0.95	8.23	11	15.5	609	251	3.4
GUADALUPE PONJA	5.3	6.1	1.4	0.32	0.9	8.72	10	16.9	486	223	3.1

*/pH en H2O

Toneladas de calcio(CaC03)/ha = 1.5 (% sat. AL ~1 RAS) * $\frac{CICE}{100}$ * f

RESULTADOS Y DISCUSION

MEXICO:

C.E. Papaloapan. La precipitación ocurrida durante el ciclo del cultivo (octubre-enero) fué de solo 220 mm, por lo que los materiales evaluados estuvieron bajo sequía durante la etapa reproductiva, sequía que se incrementó en severidad conforme avanzó el ciclo (120 mm de noviembre a enero).

En el grupo de 36 genotipos el promedio de rendimiento en el tratamiento sin cal resultó de 57% en comparación con el obtenido con cal. Ese nivel de estrés (43%), puede considerarse adecuado en estas primeras fases de evaluación, pero deben utilizarse niveles más severos en la fase de recomfirmación o en etapas avanzadas de selección (Wortmann, 1994). La variedad Negro Jamapa y la colecta Phavu 1140 resultaron sobresalientes en ambos tratamientos, mientras que Negro Tacaná (DOR 390) y Phavu 1125 sólo respondieron bien en el tratamiento con cal (Cuadro 2). Los genotipos que responden bien bajo ambas condiciones podrían considerarse como candidatos para pruebas de validación en campos de agricultores. En este proyecto el objetivo de las evaluaciones es con doble proposito, identificar materiales prometedores para su posible utilización por los agricultores y la identificación de progenitores con altos niveles de tolerancia *per se* para su uso en los programas de mejoramiento.

En el Iatice 7X7 duplicado, los genotipos sobresalientes por su rendimiento en ambos tratamientos (valores altos en el índice Ii) fueron: NAG-161, DOR-448, DOR-446, II-307-CB-SE-OE y Río Negro (Cuadro 3). Dichos materiales son líneas avanzadas de programas de mejoramiento de CIAT e INIFAP, por lo tanto, se podrían utilizar comercialmente en áreas específicas con problemas de suelo ácido, por lo que deberían multiplicarse e iniciar su validación en campos de agricultores.

De las observaciones de campo se comprobó que de la variación genética presente en el grupo estudiado es muy amplia. El poder identificar material adaptado a suelos ácidos proveniente del altiplano de México, es muy importante porque permitirá ampliar la base genética del germoplasma que puede utilizarse en este proyecto. Entre los materiales sobresalientes en rendimiento bajo ambos tratamientos en el tercer experimento (altos valores para Ii) se encuentran: G 1323, G 6113, BAT 1467 y criollo arbolito.

Cuadro 2. Características agronómicas de variedades de frijol evaluadas con y sin cal en el C.E. Papaloapan, Ver.

Genotipo	Días a madurez	Cal		Indices (1)	
		S i n	Con @	Ri (%)	I i
Phavu 670	93	55	125	44	3.2
Phavu 681	94	60	113	53	3.0
Chis.3-A-1	90	38	99	38	1.6
N. Tacaná	92	34	222	16	3.4
N. Cotaxtla	90	62	114	54	3.1
N. Huasteco 81	93	44	103	43	2.0
Jamapa	92	112	96	117	4.8
Phavu 1125	93	34	109	31	1.6
Phavu 1140	91	76	85	89	2.9
Phavu 1202	92	64	95	67	2.7
Phavu 629	91	19	87	21	0.7
Veracruzano	91	75	109	69	3.7
Promedio (n=49)	76	35	62	56	1.0

(1) Ver texto

@ 1.25 t/ha, cantidad necesaria para llevar el pH a 5.5

Cuadro 3. Características agronómicas de variedades criollas del estado de Chiapas y líneas avanzadas del CIAT-INIFAP, sembradas con cal y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en el C.E. Papaloapan, Ver. INIFAP.

Genotipo	Madurez	Cal		Indices (1)	
		Sin	Con	Ri (%)	Ii
NAG 161	90	70	222	31	7.4
DOR 448	89	100	186	54	8.9
DOR 446	90	69	169	41	5.6
Phavu 628	90	61	153	40	4.5
Phavu 1158	91	17	149	11	1.2
Phavu 1213	90	37	147	25	2.6
II-307-CB-SE-OE	90	87	140	62	5.8
Phavu 1202	89	53	133	40	3.3
G 20779	90	44	133	33	2.8
Río negro	91	71	133	60	4.5
Phavu 1125	91	46	119	39	2.6
Promedio	73	33	63	53	1.0

Ver texto. @1.25 t/ha cantidad necesaria para llevar el pH a 5.5.

Cuadro 4. Características agronómicas de variedades de frijol sembradas con y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en el C.E. Papaloapan, Ver. INIFAP.

Genotipo	Días a madurez	Cal		Indices (1)	
		Sin	Con	Ri (%)	Ii
Phavu 1155	69	94	108	87	3.6
Criollo Reg.I	87	63	171	37	3.8
Criollo arbolito	94	77	164	47	4.5
BAT 1467	89	69	183	38	4.5
G 6113	92	92	138	67	4.5
Phavu 632	89	27	154	18	1.4
G 1323	94	115	123	93	5.0
Phavu 1148	91	32	118	27	1.3
G 3658	90	86	120	72	3.6
Phavu 1211	92	65	130	50	3.0
Promedio	77	35	80	44	

(1) Ver texto.

@ 1.25 t/ha, cantidad necesaria para llevar el pH a 5.5

Experimento Factorial. La respuesta de las cuatro variedades estudiadas a la aplicación de P₂O₅ y cal dolomítica, indicaron que la población de plantas por hectárea se vio afectada al fertilizar con solo 10 kg de P₂O₅/ha en 18% a los 29 días después de la emergencia de las plantas y en 20.7 % en la cosecha. Sin la aplicación de cal dolomítica la población disminuyó de 2 a 10.7% en ambas épocas (Cuadro 5). Al parecer, en suelos con deficiencias nutrimentales existe una mayor susceptibilidad a algunos patógenos, particularmente los que causan pudriciones de raíz. Las diferencias en la altura de planta se manifestaron con mayor notoriedad a los 34 días después de la emergencia (DDE) con un promedio de las cuatro variedades de 8 y 10 cm entre el nivel más bajo contra el alto para el fósforo y cal, respectivamente; a los 51 (DDE) la diferencia disminuyó a 7.3 y 2.3 cm para ambos factores en estudio.

El rendimiento no mostró diferencia estadística entre tratamientos, sólo se detectó diferencia significativa ($P < 0.05$), para el factor dosis de P₂O₅. En la Figura 1 se ilustran las respuestas de las variedades a este nutriente (80 Kg/ha). La variedad Negro INIFAP superó a las demás variedades con incrementos de 250 Kg/ha, lo que representa el 55.1% de aumento respecto al tratamiento con 10 Kg/ha de P₂O₅, le siguió Negro Veracruz con 40.6% de incremento.

Cuadro 5. Variación de rendimiento y número de plantas cosechadas en cuatro variedades de frijol. C.E. Papaloapan, Ver. INIFAP

Cal	T ratamiento P ₂ O ₅ (Kg/ha)	Rend imiento (K g/ha)		Miles de (Planta s/ha)	
		Rango	Promedio	Rango	Promedio
—	10	-	-	148.81-226.85	193.88*
-	80	-	-	207.71-273.83	236.60
-	10	528-571	542	137.45-217.98	179.45
-	80	596-690	638	188.81-286.05	226.48
s i n	--	544-578	562	175.85-215.21	191.42
con	--	575-655	618	153.41-288.81	214.51

* Población a los 29 días después de la emergencia.

La aplicación de cal mostró un incremento con las mismas variedades, con 33.3 y 20.4%, respectivamente; la aplicación de P y cal manifestó su máximo incremento con la variedad Negro Cotaxtla 91 con 38.1% de aumento versus su control, seguida de Negro INIFAP y Negro Veracruz con 27.5 y 26.8%, respectivamente (Figura 2).

En la Figura 3, se presenta la respuesta en rendimiento de las variedades, en donde se reitera lo mencionado anteriormente, la variedad Negro Tacaná se muestra con pobre respuesta a los insumos logrando su mayor rendimiento al aplicar cal dolomítica más fósforo con 606 Kg/ha.

San Andrés Tuxtla. En el ensayo 7X7 no se encontraron diferencias entre genotipos y los rendimientos obtenidos fueron muy bajos, debido principalmente a que se sembró después de la fecha óptima de siembra para frijol en la región. Los genotipos sobresalientes fueron: Negro Cotaxtla-91, II-227-(I)CB-IE-M, Negro Tacaná y Phavu 1125 (Cuadro 6). En éste caso los mejores materiales son del programa de mejoramiento local (Cotaxtla, Ver.) o material que ha mostrado buena adaptación en la región, situación que señala que la tolerancia a problemas relacionados con la fertilidad de los suelos parece ser afectada por la adaptación de la variedad al medio ambiente (Wortmann, 1994).

Experimento Factorial. La densidad de plantas cosechada fué baja con un promedio de 74,222 plantas/ha, siendo un indicativo de la fuerte reducción de población debido a efectos edáficos limitantes asociados con restricción de humedad durante el ciclo causada por la fecha de siembra tardía (25-X-95). En la Figura 4 se observa la respuesta de los genotipos a la aplicación de cal dolomítica. Las variedades Negro INIFAP, Negro

Veracruz y Ver. 76 incrementaron su rendimiento en 93.3, 53.3 y 48.8%, respectivamente; en tanto que BAT 1467 mostró una reducción de 28.3%.

Cuadro 6. Características agronómicas de variedades de frijol sembradas en un suelo con bajo contenido de P₂O₅, en San Andrés Tuxtla Ver.

INIFAP

Genotipo	Días a flor	Plantas cosechadas por m ²	gramos/m ²
N. Cotaxtla 91	46	12	22
11-227(1)CB-1E-M	46	10	20
Negro Tacaná	46	17	17
Phavu 1125	46	8	17
II-383-2E-OE-M	46	12	17
Ver. 145	23	16	17
G 20779	48	14	15
DOR 448	63	17	13
Phavu 626	80	5	13
Promedio	37	18	7.3

En la Figura 5 se ilustra la respuesta de las variedades a la adición de 80 Kg/ha de P₂O₅ versus la aplicación de 10 kilos. La variedad que manifestó el mayor incremento fué Negro Veracruz con 90.4%, seguida por Ver. 76 con 41.9%. Negro INIFAP no mostró diferencias bajo ambas dosis de P. Negro Cotaxtla 91 mostró un 9.1% de incremento en la dosis alta, mientras que BAT 1467 disminuyó su producción en 13.5%.

En la Figura 6, se presenta la respuesta con la aplicación conjunta de ambos insumos. En ella se observa que al comparar el tratamiento testigo de cada variedad (10 Kg/ha de P₂O₅ sin cal) contra la aplicación de 80 Kg/ha de P₂O₅ mas 1.25 Ton/ha de cal dolomítica, la variedad que mayor respuesta mostró fué Negro Veracruz con 310.1% de incremento, Ver. 76 con 130% aunque su rendimiento fue inferior al de Negro INIFAP que obtuvo 76.6%. Se observa la pobre respuesta de BAT 1467 con un decremento de 42.9% con respecto a su testigo, el rendimiento promedio de este experimento fué de sólo 9.02 g/m².

Localidad Chapingo. El suelo del sitio experimental sólo fue moderadamente pobre en contenido de P. Por lo anterior, no hubo diferencia significativa entre las dosis de P empleadas; sin embargo, el rendimiento obtenido resultó ligeramente superior bajo la dosis alta de P.

Cuadro 7. Rendimiento de 36 genotipos de frijol sembrados en un suelo con bajo contenido de P₂O₅, en Chapingo, Méx. INIFAP

Genotipo	Días a Flor	Dosis P ₂ O ₅		Rend.		
		+P	-P	Promedio	relativo	Ii @
		----- g/m ²		-----	%	
Bayo Zac.	51	345	272	308	78.4	2.45
Bayo Zac. II	54	290	347	318	119.6	2.61
P. Villa	52	284	310	297	109.1	2.28
A 800	53	270	340	305	125.9	2.38
B. Mecentral	52	250	215	232	86.0	1.39
G 3585	55	257	217	237	84.4	1.45
G 5141	61	232	292	262	125.8	1.76
BAT 1467	60	237	262	249	110.5	1.61
N. INIFAP	60	272	197	234	72.4	1.39
G 4698	69	247	172	209	69.6	1.10
G 8259	63	205	145	175	70.7	0.77
G 17717	61	185	167	176	90.2	0.76
G 4637	59	152	87	120	57.2	0.34
G 19839	70	90	80	85	88.8	0.19
G 12539	79	145	142	144	98.0	0.53
Prom.(n = 36)	62	206	187	196	-	-

@ Ii = Rend, i bajo P/Prom. bajo P)*(Rend.i alto P/Prom. alto P).

Algunas variedades como A 800, G 5141 y Bayo Zac. II mostraron un rendimiento superior en el tratamiento de bajo P. En este ensayo se incluyeron algunos materiales andinos previamente indentificados como tolerantes a bajo P (Beebe et al., 1994) como G 12539, G 19839, 19857, los que mostraron problemas de adaptación y obtuvieron bajos rendimientos en ambas dosis de P. Sin embargo, los mejores de éstos últimos genotipos pueden ser de utilidad para ampliar la base genética del germoplasma del altiplano de México. En general, el índice de cosecha resultó menor en la dosis baja de P. Como ya se mencionó, la adaptación de los materiales interfiere con la evaluación a problemas de fertilidad del suelo.

En el Cuadro 8 se presentaron los progenitores de las cruza simples y triples realizadas en Chapingo, Méx. (CEVAMEX-INIFAP) para este proyecto. Las poblaciones F1 obtenidas se sembraron en febrero de 1995 junto con los materiales sobresalientes de las evaluaciones en el C.E. Cotaxtla, Ver., para el avance generacional.

En el Cuadro 9 se presentan las poblaciones segregantes en F5 derivadas de cruza biparentales realizadas en 1993. Estas estarán

disponibles durante 1995 para su distribución a los los programas nacionales se Costa Rica y El Salvador, así como los materiales premetedores por su adaptación a bajo P y áacidez del suelo. Estos últimos deberán ser evaluados bajo estrés y no estrés para identificar germoplasma adaptado a las condiciones locales que respondan bién sin estrés.

COSTA RICA :

Los resultados obtenidos en los dos sitios evaluados se muestran en los cuadros 8; 9; 10; 11 y 12

Cuadro 8. Rendimiento del frijol(g/12m²) en respuesta a dosis de cal y dosis de fósforo, en dos localidades de la Zona Norte de Costa Rica. Periodo 1994-1995

VARIEDAD	TRATAMIENTO	LOCALIDAD	
		LOS CHILES	PAVON
BRUNCA	+P +CA	1366.5	1484.8
	+P -CA	1356.5	1468.0
	-p +CA	537.8	864.5
	-p -CA	490.0	730.0
MUS 133	+P+CA	1916.3	1794.8
	+P -CA	1606.0	1603.5
	-p +CA	520.5	1459.8
	-p -CA	471.3	1465.5

Hubo respuesta a la adición de fósforo en los dos sitios evaluados. El efecto de la cal no fue significativo.

La MUS 133, mostró alta respuesta a la adición de fósforo en la localidad de Los Chiles, pero en Pavón el efecto del fósforo fue menor. La variedad comercial BRUNCA si tuvo un efecto positivo del fósforo en los rendimientos en las dos localidades.

Cuadro 9: Altura del dosel de vainas a madurez fisiológica, en frijol(cm) en respuesta a dosis de cal y dosis de fósforo y en dos localidades de la Zona Norte de Costa Rica. Periodo 1994-1995.

VARIEDAD	TRATAMIENTO	LOCALIDAD	
		LOS CHILES	PAVON
BRUNCA	+P+CA	41.16	30.25
	+P -CA	40.16	30.66
	-p +CA	35.64	30.58
	-p -CA	24.79	29.96
MUS 133	+P+CA	40.16	30.71
	+P -CA	36.29	30.08
	-p +CA	33.00	29.96
	-p -CA	24.79	28.21

En la altura del dosel de vainas se obtuvo una respuesta similar a la obtenida con el rendimiento, por efecto de la adición de fósforo.

Cuadro 10. Número de vainas por planta de frijol, en respuesta a dosis de cal y dosis de fósforo y en dos localidades de la Zona Norte de Costa Rica. Periodo 1994-1995.

VARIEDAD	TRATAMIENTO	LOCALIDAD	
		LOS CHILES	PAVON
BRUNCA	+P +CA	7.7	11.5
	+P -CA	7.4	9.5
	-p +CA	6.8	8.2
	-p -CA	5.1	6.6
MUS 133	+P +CA	11.6	10.9
	+P -CA	9.3	9.7
	-p +CA	8.0	8.0
	-p -CA	3.8	9.9

Cuadro 11. Número de granos por vaina de frijol, en respuesta a dosis de cal y dosis de fósforo y en dos localidades de la Zona Norte de Costa Rica. Periodo 1994-1995.

VARIEDAD	TRATAMIENTO	LOCALIDAD	
		LOS CHILES	PAVON
BRUNCA	+P+CA	4.48	4.63
	+P -CA	4.13	4.33
	-p +CA	3.72	4.50
	-p -CA	3.14	4.32
MUS 133	+P+CA	4.46	4.37
	+P -CA	4.18	4.93
	-p +CA	3.76	4.07
	-p -CA	2.97	4.77

Cuadro 12. Peso de cien granos (g) de frijol, en respuesta a dosis de cal y dosis de fósforo y en dos localidades de la Zona Norte de Costa Rica. Periodo 1994-1995.

VARIEDAD	TRATAMIENTO	LOCALIDAD	
		LOS CHELES	PAVON
BRUNCA	+P +CA	22.29	22.13
	+P -CA	23.68	21.42
	-p +CA	20.48	22.38
	-p -CA	18.49	20.71
MUS 133	+P +CA	29.43	21.06
	+P -CA	23.33	23.03
	-p +CA	21.39	22.69
	-p -CA	21.17	21.32

CONCLUSIONES.

MEXICO:

Se ha progresado en la evaluación e identificación de germoplasma con tolerancia a bajo P y acidez del suelo tomando como criterio principal al rendimiento bajo condiciones de estrés. Además, se han detectado problemas asociados con la baja fertilidad y/o acidez del suelo, como son las pudriciones de raíz, las que afectan el establecimiento del cultivo (densidad de población) y los rendimientos unitarios. Se requiere realizar ajustes en la evaluación para hacer la selección más efectiva. Por ejemplo, se requiere el empobrecer en nutrientes a sitios localizados dentro de los Campos Experimentales para garantizar el avance en el proceso de selección.

COSTA RICA :

Los resultados explican en parte el creciente uso de fertilizantes fosforados por los agricultores de la zona bajo estudio. El empleo de fósforo incrementó los rendimientos, de la variedad comercial BRUNCA hasta en un 279 % en relación con el tratamiento sin fósforo. Con la línea experimental MUS 133, la respuesta varió según el sitio bajo estudio, pero sugiere que posee una mejor tolerancia al fósforo disponible en el suelo.

La tolerancia genética a la baja disponibilidad de fósforo en el suelo puede ser una gran ventaja para la siembra comercial de frijol en la Zona Huetar Norte de Costa Rica. Esto justifica la incorporación de este factor dentro de la tolerancia a patógenos y plagas, dentro de la actual estrategia de obtención de variedades comerciales.

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.
- CLARK, R.B.; R.R. DUNCAN.** 1991. Improvement of plant mineral nutrition through breeding. *Field Crops Res.* 27:219-240.
- GRAHAM, R.D.** 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. *Advances in Plant Nutrition* 1:57-102.

WORTMANN, C.S. 1994. The Africa network for screening beans for tolerance to edaphic stresses - an overview. *In*: C.S. Wortmann (ed.). Bean Improvement for Low Fertility Soils in Africa: Proceedings of a Working Group Meeting, Kampala, Uganda, 23-26 May, 1994. Network on Bean Research in Africa, Workshop Series No. 25, CIAT pp.2-5

APENDICE

MEXICO:

Cuadro 8. Progenitores y cruzamientos realizados en Chapingo, Méx. 1994.
INIFAP.

Progenitor	Origen	Características
1. Negro Cotaxtla 91	INIFAP	Amplia adaptación
2. Negro INIFAP	INIFAP	Tolerante a suelos ácidos
3. Negro Tacaná (DOR 390)	CIAT	Resistente a BGMV
4. Negro Veracruz	INIFAP	Amplia adaptación
5. Negro perla	INIFAP	Altiplano de México
6. G 2489	CIAT	Tolerante a suelos ácidos
7. BAT 1467	CIAT	Tolerante a suelos ácidos
8. G 3555	CIAT	Tolerante a suelos ácidos
9. G 4642	CIAT	Tolerante a suelos ácidos

Cruzamientos: 4x1x6, 5x3, 8x4x1, 3x1x7, 5x2, 7x3x1, 2x3x1, 3x1x6, 1x3x2, 6x3x1, 4x1x8, 3x1x9, 9x3x1, 8x3x1, 3x1x8, 6x4x1, 4x1x9, 7x4x1, 4x1x7, 9x4x1.

Cuadro 9. Poblaciones F₅ de cruzas para bajo fósforo sembradas en Veracruz. 1995.

Identificación	Pedigree
1	N. Cotaxtla-91 x N. Tacaná
2	N. Tacaná x N. Cotaxtla-91
3	N. Veracruz x N. Tacaná
4	N. Veracruz x N. Cotaxtla-91
5	N. Jamapa x N. Tacaná
6	N. Jamapa x N. Cotaxtla-91
7	N. Tacaná x Puebla 152

Análisis de varianza del látice 6x6 y 4 repeticiones con y sin aplicación de cal, en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. 01-94-95. CECOT. CIRGOC INIFAP. SARH.

Identificación Días	a madurez	Plantas/m ²	g/m ²	Tukey 0.01
Veracruzano	91 a	12 abe	110	a
G 70	93 a	10 abedef	108	a b
N. Cotaxtla-91	90 a	13 ab	106	a b
Phavu 681	94 a	6 bcdefghij	104	a b
Phavu 1140	91 a	9 abcdefghij	73	abe
Phavu 1202	92 a	9 abedefg	96	abed
N. Tacaná	92 a	11 abed	95	abede
Jamapa	92 a	14 a	91	abedef
Phavu 1125	93 a	6 cdefghij	91	abedef
Chis-3-A-1	90 a	9 abedefg	89	abedef
Promedio	75.8	005.4		
ANDEVA			56.90	
Tratamientos ADJ	**	**	**	
Taratamiento No. ADJ.	**	**	**	
Eficiencia de látice	107.96	121.54	114.2	
C.V. (%)	22.97	41.21	50.14	

Análisis de varianza, látice simple 7x7 con y sin cal en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. OY-94-95. CEOOT. CIRGOC. INIFAP. SARH.

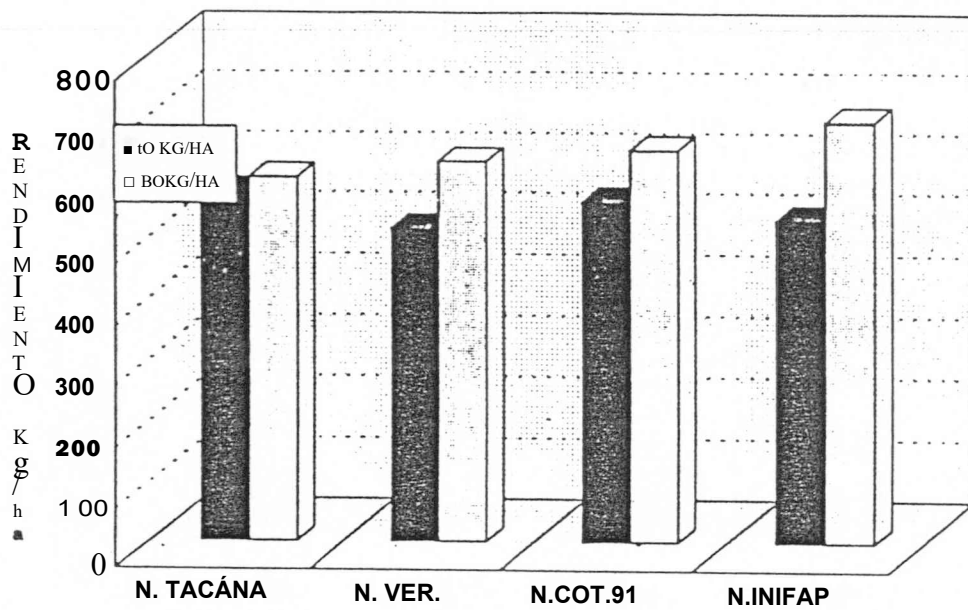
Identificación Días	a madurez fisiol.	Plantas/m ²	g/m ²	Tukey 0.05
NAE-161	90	11	142	a
DOR-448	89	20	143	a
DOR-446	90	20	119	a
Phavu 1209	90	9	116	a
II-3Q7-CB-SE-OE	90	18	113	a
Phavu 1142	93	11	108	a
Phavu 628	90	12	107	a
RIO NEGRO	91	11	102	a
NEGRO COTAXTLA-91	90	18	96	a
Phavu 1202	89	9	93	a
Promedio	73	8.46	57.73	
ANDEVA				
Trat. sin ajustar	**		**	
Trat. ajustados	**	NS.	**	
Eficiencia del látice	100.59	Ns.	**	
C.V. (%)	33.57	199.4	52.20	

Análisis de varianza de látice simple 7x7, 4 repeticiones con y sin aplicación de cal en un suelo ácido (pH 4.4) en Isla, Ver. 01-94-95. CECOT. CIRGOC. INIFAP. SARH.

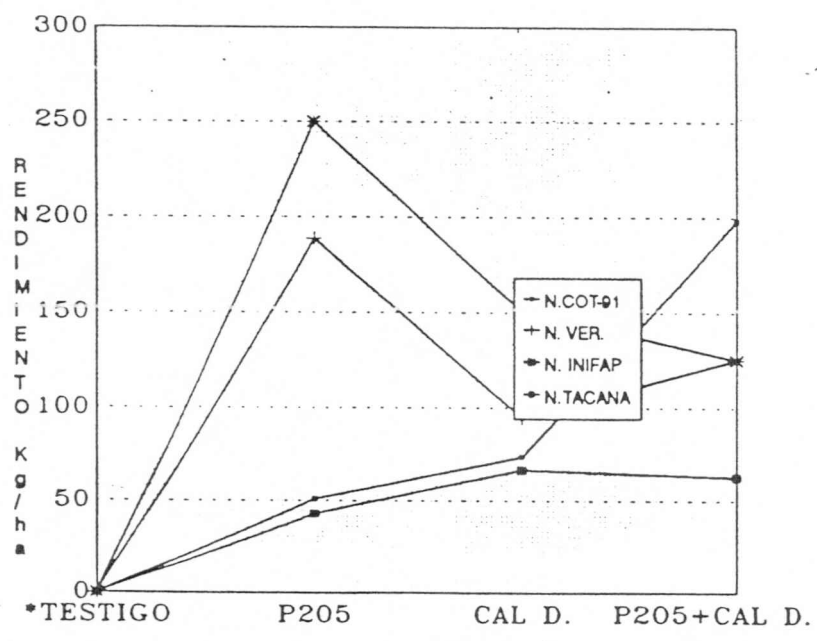
Identificación	Plantas/m ²	Días a madurez fisiol.	g./m ²	Tukey 0.01
B AT-1467	12 abcde	89 a	126	a
Criollo arbolito	12 abcd	94 a	120	a b
G-1323	7 bcdefg	89 a	119	a b
Testigo local	19 a	87 a	118	abe
Phavu 6113	10 abcdefg	92 a	115	abcd
G 15312-B	14 abe	90 a	103	abcd
G-3658	16 ab	90 a	103	abcd
Phavu 1155	10 abcdefg	69 ab	101	abcd
N. INIFAP	7 abcdefg	91 a	99	abcd
Phavu 1211	8 bcdefg	92 a	97	abcd
Promedio	6.19	77.3	57.5	
ANDEVA				
Trat. sin ajust.	* *		* *	
Trat. ajust.	* *		* *	
Eficiencia del látice	100.18		100.2	
C.V. (%)	51.51	29.51	59.9	

Análisis de varianza, ensayo látice simple 7x7 en un suelo con bajo contenido de P₂O₅ en San Andrés, Tuxtla, Ver. Ciclo 01-94-95. CECOT. CIRGOC. INIFAP. SARH.

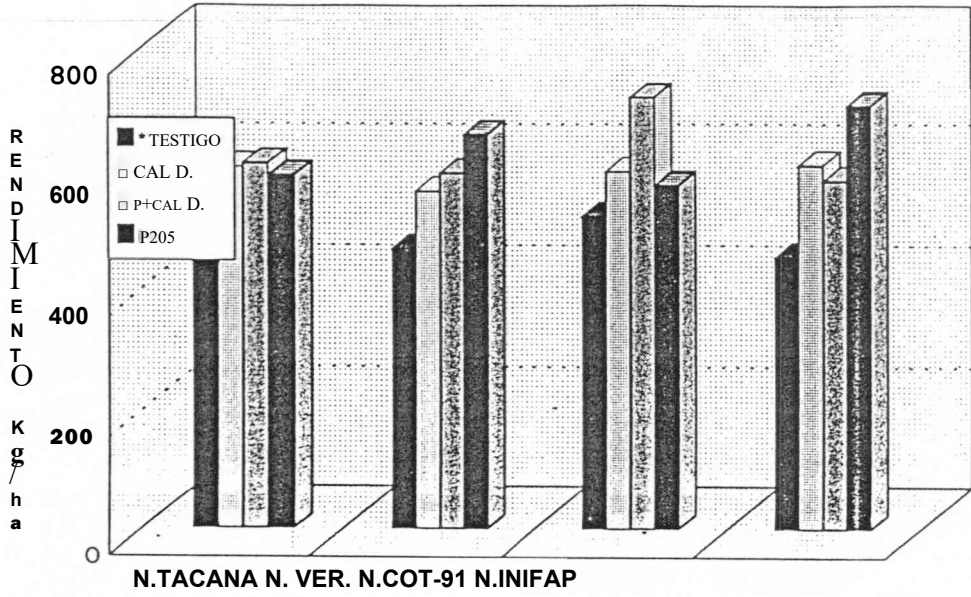
LINEA Y/O VARIETADES	DIAS A FLORACION	PLANTAS COSECHADAS lm ²	g./m ²
N. Cotaxtla 91	46	12	22
II-227(1)CB-IEM	46	10	20
NEGRO TACANA	46	17	17
1125	46	8	17
II383-2E-OB-M	46	12	17
Ver. 145	23	16	17
NAG 161	63	11	17
G 20779	40	14	15
DOR 448	63	17	13
626	80	5	13
PROMEDIO	37.7	17.9	73
ANDEVA	* *	* *	* *
C.V.(%)	53.91	86.09	72.60



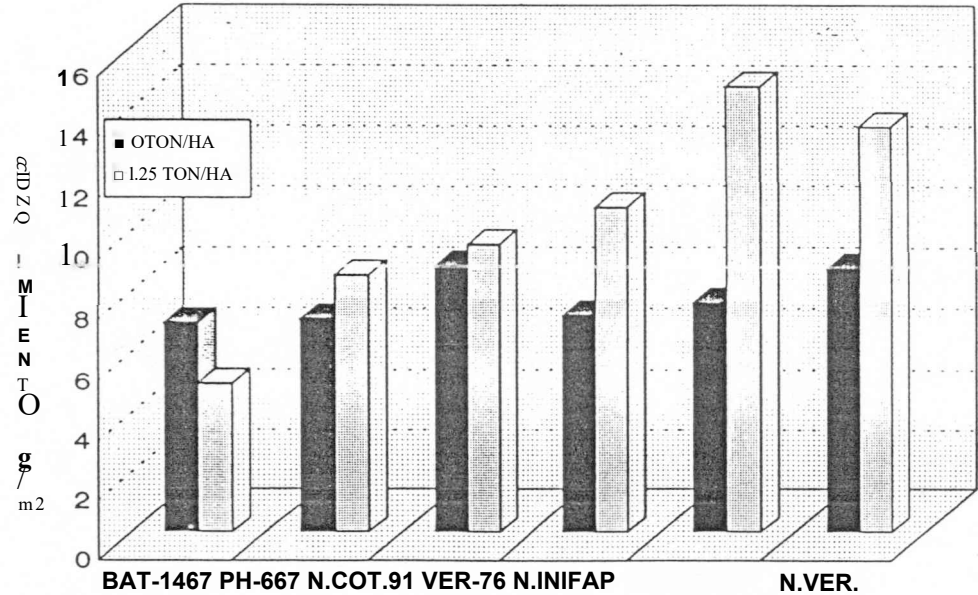
VARIIDADES
 FIGURA 1. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 EN SUELO ACIDO DE ISLA VER O-I 1994-94 PROFRUOL.



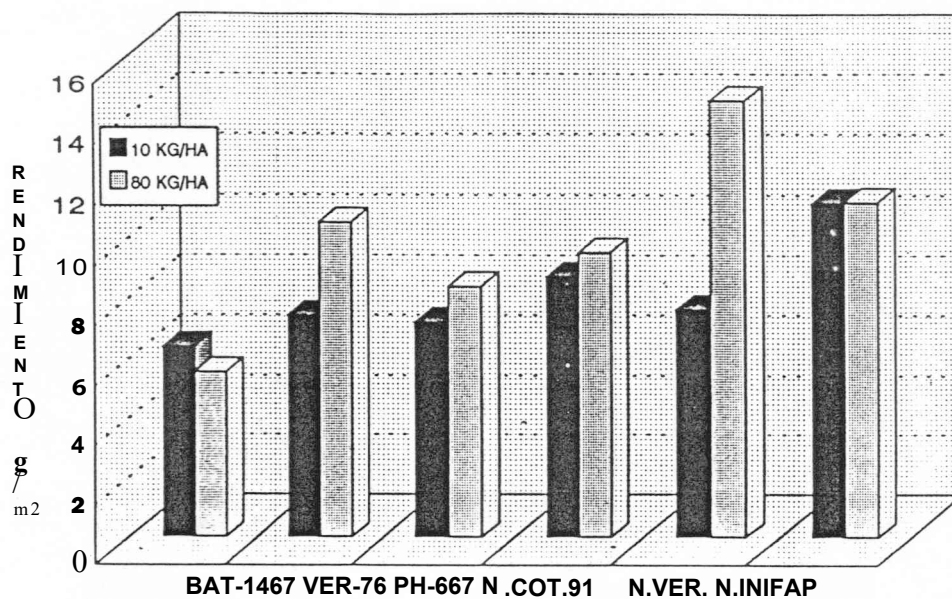
TRATAMIENTOS
 FIGURA 2. RESPUESTA EN INCREMENTO DE RENDIMIENTO RESPECTO AL TESTIGO (10 KG/HA o P205) DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE P205 Y CAL EN SUELO ACIDO DE ISLA. VER. O-I 84-94. PROFRUOL.



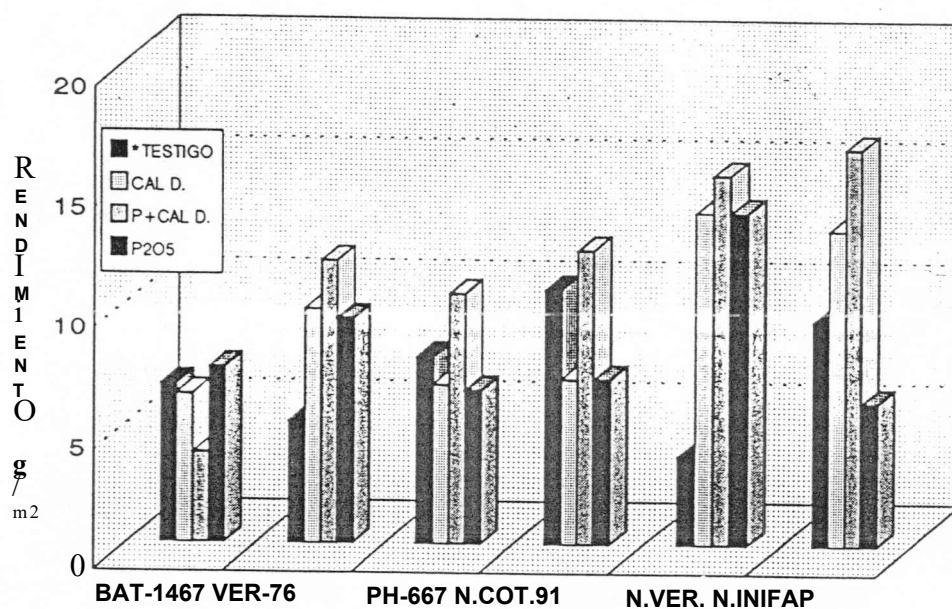
V A R I E D A D E S
 FIGURA 3. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 Y CAL DOLOMITICA EN SUELO ACIDO DE ISLA VER O-I 1994-95. PROFRIJOL.



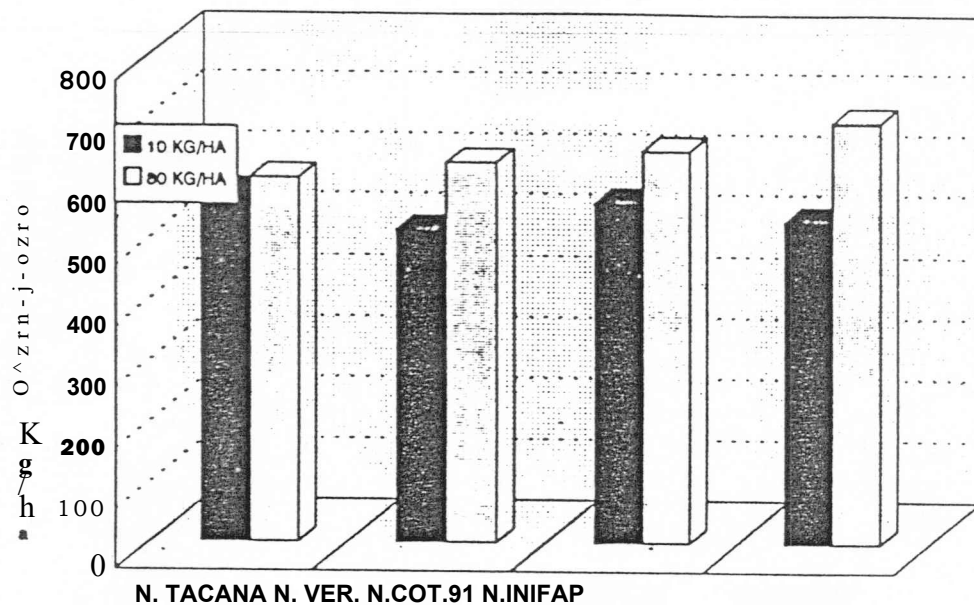
V A R I E D A D E S
 FIGURA 4. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE SEIS VARIEDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE CAL DOLOMITICA EN SUELO DE SAN ANDRES TUXTLA, VER. O-I 1994-95. PROFRIJOL.



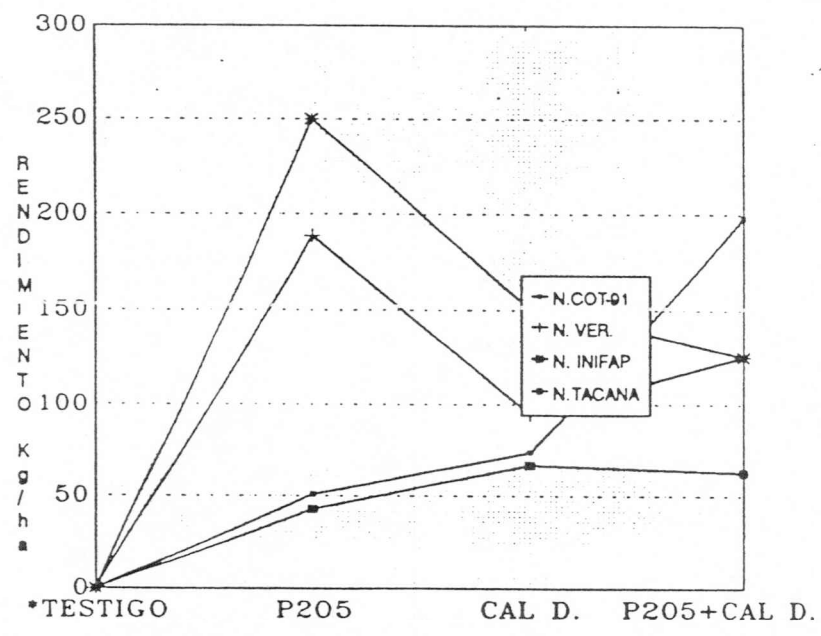
V A R I E D A D E S
FIGURA 5. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE SEIS VARIEDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 EN SUELO DE BAJO P EN SAN ANDRES TUXTLA, VER. O-I 1994-95. PROFRIJOL.



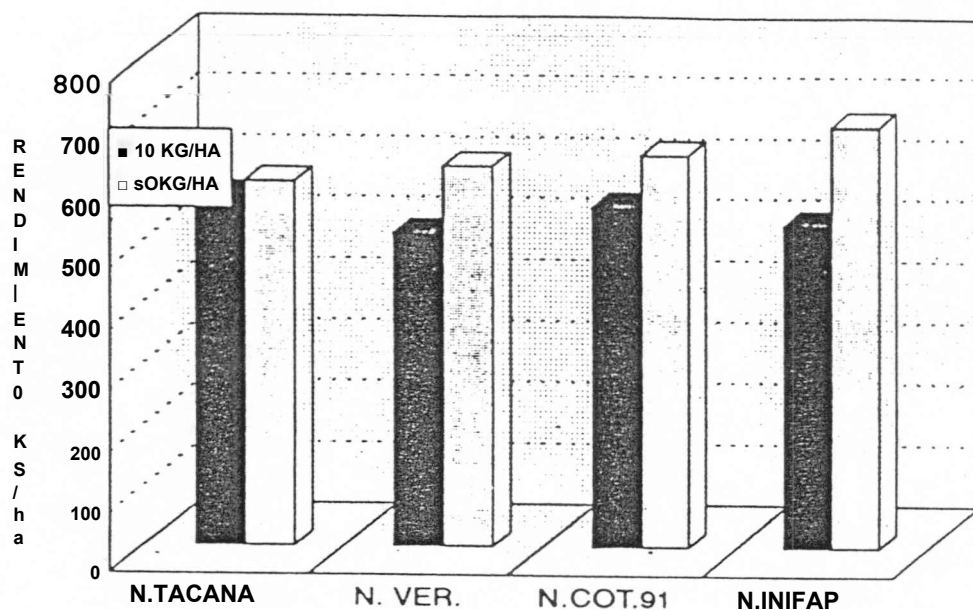
V A R I E D A D E S
FIGURA 6. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIEDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 Y CAL DOLOMITICA EN SUELO DE BAJO P EN SAN ANDRES TUXTLA, VER. O-I 1994-95. PROFRIJOL.



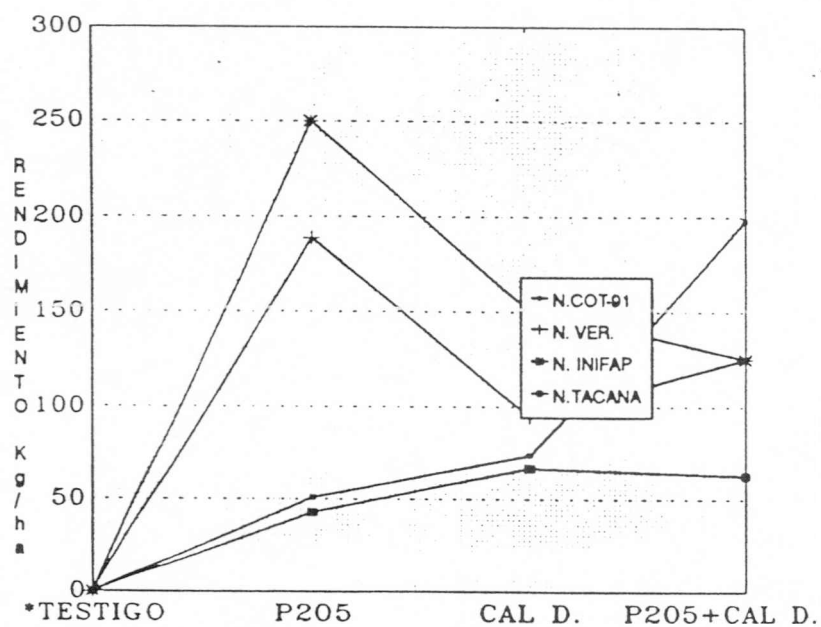
VARIETADES
 FIGURA 1. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 EN SUELO ACIDO DE ISLA VER 0-1,1094-94 PROFRDOL.



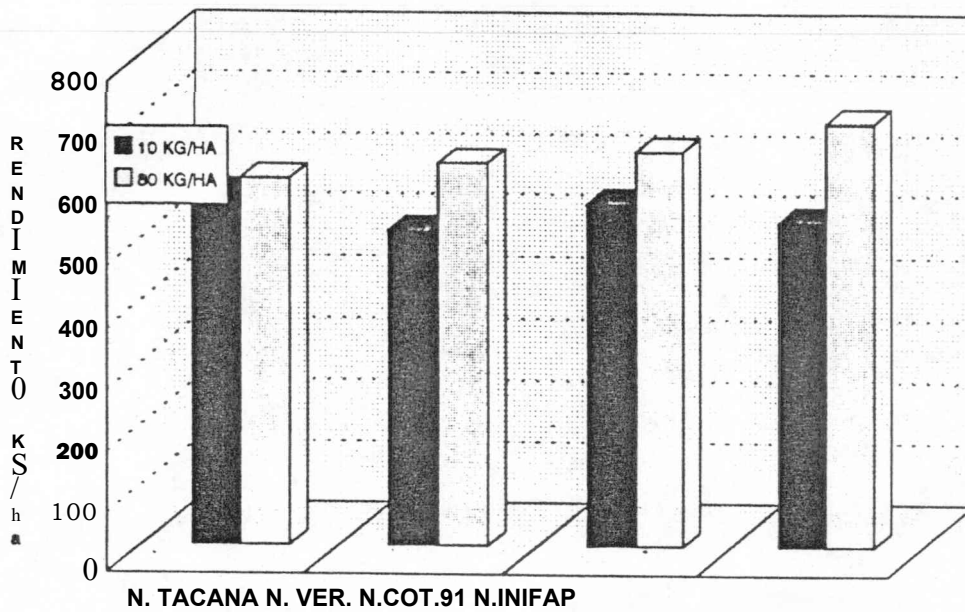
TRATAMIENTOS
 FIGURA 2. RESPUESTA EN INCREMENTO DE RENDIMIENTO RESPECTO AL TESTIGO (10 KG/HA óa P205) DE CUATRO VARIETADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE P205 Y CAL EN SUELO ACIDO DE ISLA. VER. O-1 04-94. PROFRIJOL.



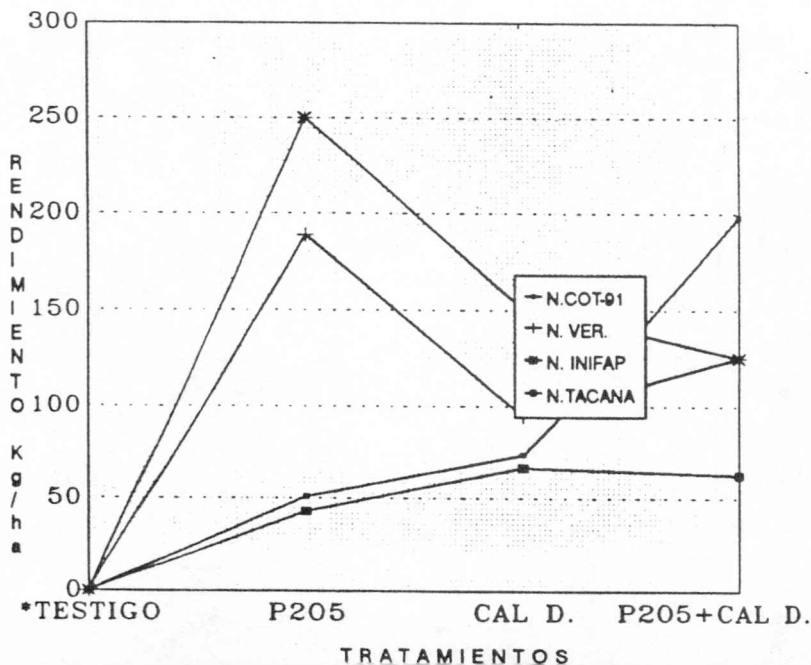
VARIIDADES
 FIGURA 1. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P2O5 EN SUELO ACIDO DE ISLA VER O-I 1994-S4 PROFRUOL.



TRATAMIENTOS
 FIGURA 2. RESPUESTA EN INCREMENTO DE RENDIMIENTO RESPECTO AL TESTIGO (10 KG/HA óm P205) DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE P205 Y CAL EN SUELO ACIDO DE ISLA.VER.O-I 94-94.PROFRIJOL.



VARIIDADES
 FIGURA 1. RESPUESTA EN RENDIMIENTO DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE DOS NIVELES DE P205 EN SUELO ACIDO DE ISLA VER O-I 1»4-M, PROFRUOL.



TRATAMIENTOS
 FIGURA 2. RESPUESTA EN INCREMENTO DE RENDIMIENTO RESPECTO AL TESTIGO (10 KG/HA O P205) DE CUATRO VARIIDADES DE FRIJOL A LA APLICACION DE P205 Y CAL EN SUELO ACIDO DE ISLA. VER. O-I 84-84. PROFRUOL.