

Evaluación de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) por su tolerancia a suelos de baja fertilidad

**Marco Antonio Granadino Espinal
Oscar Humberto León Gonzalez**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) por su tolerancia a suelos de baja fertilidad

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura

Presentado por

Marco Antonio Granadino Espinal
Oscar Humberto León Gonzalez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Evaluación de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) por su tolerancia a suelos de baja fertilidad

Marco Antonio Granadino Espinal
Oscar Humberto León Gonzalez

Resumen. El crecimiento y la productividad del cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris*) es limitada por condiciones de suelos de baja fertilidad. El objetivo de este estudio fue identificar genotipos que presenten características tolerantes a suelos de baja fertilidad. En la época de postrera del 2015 se condujo un ensayo en un lote de bajo contenido de materia orgánica (0.83%), N total (0.04%) y P (9 mg/kg), utilizando tratamientos con y sin fertilización y 118 genotipos de frijol. Adicionalmente, en el verano del 2016 se condujo un ensayo de casa de malla en cilindros de PVC conteniendo un sustrato suelo: arena (1:1), bajo en MO (0.85%), N total (0.04%) y P (11 mg/kg), utilizando tratamientos con y sin fertilización y 24 genotipos de frijol seleccionados del ensayo anterior. Los ensayos se realizaron utilizando un arreglo factorial en parcelas divididas de un diseño de bloques completos al azar, con los tratamientos de fertilización distribuidos en parcelas y genotipos en sub-parcelas. Se evaluaron los índices de partición de vainas y de cosecha, el rendimiento *per se*, y características de raíces en campo, y pesos de follaje y variables de raíces en casa de malla. En el ensayo en campo las líneas con fertilización presentaron los mayores rendimientos, siendo SEQ 342-89 la mejor línea; y SER 125 fue la mejor en la parcela sin fertilización. En el ensayo de casa de malla, las plantas en el tratamiento sin fertilización presentaron un mayor desarrollo radicular.

Palabras clave: Índice de partición de vainas, índice de cosecha, pesos secos de follaje y raíz.

Abstract. The growth and productivity of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) is limited by the low fertility conditions of the soil. The objective of this study is to identify genotypes that present tolerance characteristics towards low fertility soils. In the late harvest season of 2015 a study took place in a plot containing low contents of organic matter (0.83%), total N (0.04%) and P (9 mg/kg), using two treatments: with and without fertilization and 118 bean genotypes. Additionally, in the summer of 2016 a greenhouse study took place, using PVC cylinders containing a soil:sand (1:1) substrate, with low contents of OM (0.85%), total N (0.04%) and P (11 mg/kg), using two treatments: with and without fertilization and 24 bean genotypes selected from the before mentioned study. The studies were conducted using a factorial arrangement using split plots in a completely randomized blocks design, with the treatments in plots and genotypes in sub-plots. Pod partition and harvest rate, yield *per se*, root characteristics in the field, foliage weight, and root variables under greenhouse conditions. In the field study the genotypes under the fertilization treatment presented the biggest yields, being SEQ 342-89 the best one; and SER 125 was the best in the plot without fertilization. In the greenhouse study, the plants without fertilizer presented a bigger root development.

Key words: Dry foliage and root weight, harvest rate, pod partition rate.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	2
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	22
5. RECOMENDACIONES.....	23
6. LITERATURA CITADA.....	24
7. ANEXOS.....	25

ÍNDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultado de los análisis de suelo del lote La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.....	2
2. Líneas de frijol común incluidas en el ensayo BASE 2015 conducido en la época de postera. La Vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.....	3
3. Resultado del análisis del sustrato suelo: arena (1:1) utilizado en casa de Malla.....	5
4. Resultados del ANDEVA para las variables ángulo de la primera corona (APC), número de raíces adventicias (NRA) y diámetro de la raíz principal (DRP).....	8
5. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el número de raíces adventicias (NRA) en 118 genotipos de frijol común. La Vega 4 Zamorano, Honduras, 2015.....	9
6. Efecto de los tratamientos con y sin fertilización en el diámetro de la raíz principal (DRP). La Vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.....	10
7. Resultados del ANDEVA para la variable índice de partición de vainas (IPV).....	11
8. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el índice de partición de vainas (IPV) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015	12
9. Resultados del ANDEVA para las variables rendimiento, índice de cosecha (IC) y peso seco de cien semillas (PSCS) del ensayo con y sin fertilización y 118 líneas de frijol. Zamorano, Honduras.....	13
10. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el rendimiento (kg/ha) y la media geométrica (MG) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras 2015.....	14
11. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el Índice de Cosecha (IC) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.....	15
12. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el Peso Seco de Cien Semillas (PSCS en gramos) de 118 líneas de frijol. La vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.....	16
13. Resultados del ANDEVA para las variables longitud (LR), área superficial (ASR), diámetro promedio (DPR), Volumen (VR), peso de follaje (PSF) y Peso de raíz (PSR).....	18
14. Resultados del ANDEVA para las variables número de coronas (NC), número de raíces basales (NRB), ángulo de raíces basales (ARB) y número	

de raíces adventicias (NRA).....	18
15. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en las características la longitud, área, diámetro y volumen de raíces, peso de follaje y peso de raíz de 24 genotipos de frijol bajo condiciones de casa de malla, Zamorano, Honduras, 2016.....	19
16. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en las características de número de coronas, número de raíces basales, ángulo de Raíces y Número de Raíces Adventicias en 22 genotipos de frijol común bajo condiciones de baja fertilidad en casa de malla, Zamorano, Honduras, 2016.....	20
17. Coeficientes de correlación (r) significativas de las variables evaluadas en 24 líneas de frijol bajo el tratamiento sin fertilización en los ensayos de campo y de casa de malla. Zamorano, Honduras, 2016.....	21
18. Coeficientes de correlación (r) significativas de las variables evaluadas en 24 líneas de frijol bajo el tratamiento con fertilización en los ensayos de campo y de casa de malla. Zamorano, Honduras, 2016.....	21

Anexos

Página

1. Solución libre de nitrógeno de Broughton y Dilworth (NifTAL).....	25
2. Escala visual 1-9: 1 (0-18°), 3 (19-36°), 5 (37-54°), 7 (55-72°) y 9 (73-90°) para la evaluación del ángulo de las raíces basales.....	25

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la mayoría de la población en Centroamérica y El Caribe, representa una de las mayores fuentes proteicas. En el caso de Honduras, más del 70% de su producción es generada en fincas menores a dos ha; es decir, cultivado por agricultores de pequeña escala, en laderas, con pendientes extremas, suelos marginales, con acceso limitado a insumos y otras limitaciones causadas por factores bióticos y abióticos (Rosas et al. 2000).

La baja fertilidad del suelo es uno de los factores abióticos predominantes en la región; este perjudica el desarrollo óptimo de la planta, afectando su rendimiento. El nitrógeno es el nutriente con mayor influencia en el rendimiento y calidad del producto a obtenerse en la producción de cultivos. Al encontrarse bajo forma orgánica en el suelo este no es disponible como tal para la planta; para poder ser absorbido, debe pasar a forma inorgánica. Existe una estrecha asociación entre los contenidos de materia orgánica del suelo y el N total del suelo (Ohyama 2010).

El fósforo es uno de los 17 elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de la planta, involucrado en transferencia de energía, fotosíntesis, la transformación de azúcares y almidones, translocación de nutrientes dentro de la planta y la transferencia de características genéticas de una generación a la otra (IPNI 1999). Sus funciones no pueden ser realizadas por ningún otro elemento.

Al ser expuestos a suelos de bajo P el crecimiento de la raíz principal es inhibido, el crecimiento de los pelos radicales es estimulado, al igual que el crecimiento de raíces secundarias y una reducción del crecimiento con trayectoria gravitropica (Rao et al 2016). La planta tiene varias formas de responder a este estrés, tales como incrementar el volumen del suelo explorado por la raíz y el área superficial de la raíz para la absorción de los nutrientes.

El mejoramiento genético de frijol de grano rojo y negro para Centro América y El Caribe, implica la evaluación de germoplasma a través de viveros y ensayos regionales para identificar líneas superiores, eficientes, con una amplia adaptación a ambientes y sistemas diversos de producción (Rosas et al. 2000).

El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes genotipos de frijol común por su tolerancia a suelos de baja fertilidad. Para ello se realizó un ensayo evaluando 114 genotipos y cuatro testigos bajo condiciones de baja fertilidad en campo, y un ensayo en casa de malla evaluando los 22 mejores candidatos del ensayo anterior más dos testigos, bajo condiciones controladas de baja fertilidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se realizaron dos ensayos, uno en campo y otro en casa de malla; ambos estuvieron ubicados en las facilidades del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Valle del Yegüare, departamento de Francisco Morazán, Honduras a 803 msnm, con una temperatura media anual de 24°C, presentado temperaturas máximas y mínimas de 27 y 22°C y una precipitación media anual de 1,100mm.

Ensayo 1: Evaluación de la tolerancia a la baja fertilidad de líneas de frijol común bajo condiciones de campo. El ensayo se desarrolló durante los meses de septiembre a noviembre del 2015 (siembra de postrera) en el lote Vega 4 de Monte Redondo de la EAP/Zamorano, en un suelo con bajo contenido de materia orgánica (0.83%), N (0.04%), P (9 ppm) y magnesio (172 mg/kg); la materia orgánica fue obtenida por el método de Walkley y Black para estimar el contenido de carbono orgánico total y así mismo el contenido de materia orgánica (Jaramillo 2002), el nitrógeno total se obtuvo estimando el 5% de la materia orgánica, el fósforo se determinó por la solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría, el potasio, calcio, magnesio y sodio se realizó mediante la solución extractora Mehlich 3, determinada por espectrofotómetros de absorción atómicos. (Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano), (Cuadro 1). Se utilizaron dos tratamientos de fertilización, con y sin fertilización, y 118 genotipos de frijol común, 114 líneas y cuatro testigos (Amadeus 77, DOR 390, ICA Calima e ICA Quimbaya) correspondiente al ensayo BASE (siglas en inglés de Evaluación de la Adaptación del Frijol Común a Estrés Abióticos), realizado en la época de postrera 2015 (Cuadro 2). Para el tratamiento con fertilización, se aplicó 130 kg/ha de 18-46-0 a la siembra y 65 kg/ha de Urea (46% N) al aporque, 25 días después de siembra (DDS).

Cuadro 1. Resultado de los análisis de suelo del lote La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.

pH	M.O. (%)	N Total (%)	P	K	Ca	Mg	Na
6.11	0.83	0.04	9	308	1455	172	35
Interpretación	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Normal

Cuadro 2. Líneas de frijol común incluidas en el ensayo BASE 2015 conducido en la época de postrera. La Vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.

No.	Genotipo	No.	Genotipo	No.	Genotipo	No.	Genotipo
1	Aifi Wuriti 55	31	DEHORO	61	PR 0443-151	91	SEF 16
2	ALB 213	32	DOR 364	62	PR0806-81	92	SEF 17
3	ALB 74	33	DOR 390	63	PR1147-1	93	SEF 71
4	ALS 0532-6	34	DPC40	64	PR1147-3	94	SEQ 342-39
5	Amadeus 77	35	FBN 1203-43	65	PR1147-6	95	SEQ 342-89
6	B12724	36	FBN 120347	66	PR1147-8	96	SER 113
7	B14302	37	FBN 1205-31	67	PR1165-3	97	SER 118
8	B14303	38	FBN 1210-48	68	PR1217-1	98	SER 125
9	B14311	39	G21212	69	PR1217-16	99	SER 16
10	BAT 477	40	GN9-4	70	PR1418-15	100	SER 78
11	BAT 881	41	I9365-31	71	PR1483-105	101	SJC 730-79
12	Beniquez	42	ICA Pijao	72	PR9920-171	102	SB2-46
13	BFS 139	43	ICB 301-204	73	ICA Quimbaya	103	SB2-96
14	BFS 29	44	ICTAZAM ML	74	RCB 593	104	SB2-105
15	BFS 81	45	IJR	75	Rosetta	105	SXB 405
16	BFS 87	46	INB 835	76	RRH 336-28	106	SXB 412
17	BFS 94	47	INB 841	77	Sayaxché ML	107	SB2-170
18	BFS 95	48	INTA Precoz	78	SB 747	108	TARS-LFR1
19	BIOF 2-106	49	Jamapa	79	SB 754	109	TARS-MST1
20	BIOF 4-70	50	Matambú	80	SB 761	110	Tepary G40001
21	BK9-2	51	Matterhorn	81	SB 770	111	Tepary Tep-22
22	Bribri	52	MEN 2201-64 ML	82	SB 774	112	Tío Canela 75
23	BRT 103-182	53	MER 2212-28	83	SB 781	113	USRM 20
24	BRT 943-20	54	MHN 322-49	84	SB 787	114	VAX 6
25	ICA CALIMA	55	Morales	85	SB 793	115	Verano
26	Cardenal	56	MSU BNF Entry 86	86	SB 815	116	XRAV-40-4
27	Carioca	57	NCB 280	87	SB DT1	117	Zenith
28	Carrizalito	58	Paraisito	88	SEF 10	118	Zorro
29	Cedrón	59	Perola	89	SB2-4		
30	CENTA Pipil	60	PR 0401-259	90	SEF 15		

VARIABLES MEDIDAS. Muestreo a la floración (R6): Se cosecharon cinco plantas por parcela, cortándolas a una pulgada sobre el nivel del suelo. El follaje se colocó en bolsas de papel y se dejó en una casa de malla, previo al secado al horno a 70°C durante 48 horas para luego determinar el peso seco del follaje (PSF). Las raíces fueron lavadas con agua y detergente para su evaluación visual. Se evaluaron las variables: Ángulo de la primera corona (APC), número de raíces adventicias (NRA) y diámetro de la raíz principal a 3cm (DRP).

Muestreo al llenado de vainas (R8): Se cosecharon 10 plantas por repetición, cortándolas a una pulgada sobre el nivel del suelo, se separó el follaje de las vainas y se colocaron en bolsas de papel dentro de una casa de malla, previo al secado al horno a 70°C durante 48 horas y para luego determinar el peso seco del follaje (PSF), peso seco de vainas (PSV), y posteriormente calcular el Índice de Partición de Vainas (IPV) (Beebe et al. 2013), (ec.1).

$$IPV = \frac{PSV}{PSF+PSV} \quad [1]$$

Muestreo a la madurez de cosecha: Se cosecharon 10 plantas y se desgranaron, colocando las semillas y las vainas separadas en bolsas de papel dentro de una casa de malla, previo al secado al horno de las vainas a 70°C durante 48 horas para determinar el peso seco de la semilla (PSS), peso seco de las vainas (PSV), y luego estimar el Índice de Cosecha (IC) (Beebe et al., 2013), (ec. 2).

$$IC = \frac{PSS}{PSS+PSV} \quad [2]$$

Se obtuvo el Peso Seco de Cien Semillas (PSCS) y el rendimiento de grano en kg/ha ajustado 14% de humedad, considerando una densidad de 142,857 plantas/ha.

Diseño experimental y análisis estadístico. La unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 5m de largo con un distanciamiento entre surco de 0.70m y 0.1m entre planta para un total de 50 plantas. Se utilizó un arreglo factorial de parcelas divididas (tratamientos en parcelas y líneas en sub parcelas), de un diseño de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y separación de medias por el método de diferencia mínima significativa (DMS) a una probabilidad ≤ 0.05 . Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico Statistix 8.1® (USDA 2007).

Ensayo 2: Evaluación de la tolerancia a la baja fertilidad de líneas de frijol común en cilindros dentro de casa de malla. El ensayo se desarrolló en cilindros de policloruro de vinilo (PVC) con nueve cm de diámetro y 75 cm de profundidad, colocados en estructura de madera dentro de una casa de malla del Programa de Investigaciones en Frijol (PIF) de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

Se utilizaron 24 genotipos de frijol común, 22 líneas fueron seleccionados como los mejores candidatos del ensayo BASE, realizado en la época de postrera del año 2015. En este ensayo se usaron como testigos las líneas mejoradas Amadeus 77 y DOR 390 por su buena tolerancia a diferentes condiciones de estrés.

Amadeus 77 fue desarrollado como una línea con tolerancia al calor con el propósito de ser sembrado en las zonas costeras de América Central. Es una planta con hábito arbustivo indeterminado tipo I y de madurez temprana entre 68-70 DDS. Tiene una semilla de forma ovoide alargada, presentando un color rojo claro brillante y un peso promedio individual de 0.25g (Rosas et al. 2004).

DOR 390 es una variedad con resistencia al virus de mosaico dorado amarillo del frijol gracias a que posee el *loci* de características cuantitativas (QTL) de DOR 364; así mismo, posee el gen dominante *I* de resistencia al virus del mosaico común del frijol. Las plantas son de hábito arbustivo indeterminado tipo II y su madurez intermedia es alrededor de 74 DDS. La semilla es una de color negro con una forma ovoide y un peso individual promedio de 0.21 g (Rosas et al. 2004).

Se utilizaron dos tratamientos de fertilización, con y sin fertilización. Cada cilindro contenía una lámina de acetato de 8.5cm y 75cm de largo en donde se colocó el sustrato de suelo: arena (1:1) con bajo contenido de materia orgánica (0.85%), nitrógeno total (0.04%), el cual fue estimado como 5% de la materia orgánica; fósforo (11 mg/kg) y magnesio (137 mg/kg) (Cuadro 3). La materia orgánica fue obtenida por el método de Walkley y Black para estimar el contenido de carbono orgánico total y así mismo el contenido de materia orgánica (Jaramillo 2002), el nitrógeno total se obtuvo estimando el 5% de la materia orgánica, el fósforo se determinó por la solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría, el potasio, calcio, magnesio y sodio se realizó mediante la solución extractora Mehlich 3, determinada por espectrofotómetros de absorción atómicos. (Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano).

Cuadro 3. Resultado del análisis del sustrato suelo: arena (1:1) utilizado en casa de malla, Zamorano, Honduras.

pH	M.O. (%)	N Total (%)	mg/kg (Extractable)				
			P	K	Ca	Mg	Na
6.29	0.85	0.04	11	222	1257	137	35
Interpretación	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Normal

Para el tratamiento con fertilización, se aplicó las cantidades equivalentes a 130 kg/ha de 18-46-0 a la siembra y 65 kg/ha de Urea (46% N) durante la preparación del sustrato suelo:arena. Adicionalmente, las plantas con fertilización recibieron una dosis de solución nutritiva Broughton y Dilworth, una vez por semana.

Previo a la siembra, la semilla fue esterilizada usando etanol al 70% durante 30 segundos, cloro al 5% durante cinco minutos y cinco lavados con agua destilada. Luego fueron colocadas en papel Kraft para su pre-germinación. Tres días después fueron sembradas tres semillas por cilindro, para su posterior raleo a una sola planta a los 15 DDS.

El riego de los cilindros se realizó dependiendo de la etapa y necesidad hídrica de la planta. Durante las primeras dos semanas, se aplicaron 50ml de agua en cada cilindro. En las siguientes semanas del cultivo, se aplicaron 100ml de agua por cilindro fraccionándolo en una dosis en la mañana y otra en la tarde.

Variables medidas. Las plantas se cosecharon al momento de la floración, alrededor de 42 DDS. La parte aérea fue separada de la raíz mediante un corte con tijera de poda 1'' sobre el nivel del suelo. El follaje fue colocado en bolsas de papel y llevadas a casa de malla, previo al secado en horno a 70°C durante 48 horas para determinar el peso seco del follaje (PSF). Las raíces fueron extraídas del sustrato cortando las láminas de acetato, para evitar lesiones y pérdidas de raíces. El sustrato se colocó en bandejas plásticas con agua y jabón para así lavar las raíces y separarles por completo del sustrato. Posteriormente, se hizo el análisis visual de las raíces evaluando el número de coronas (NC), número de raíces basales (NRB), ángulo de raíces (AR) según una escala 1-9 y número de raíces adventicias (NRA).

Después de evaluadas las raíces, fueron colocadas en frascos con etanol al 30% para su conservación. Posteriormente, se obtuvo una imagen de cada raíz mediante el escáner EPSON V700 para luego ser analizadas con el programa WinRhizo[®]. En dicho programa se determinaron el volumen (VR), área superficial (ASR), diámetro promedio (DPR) y la longitud (LR) de raíces. Para finalizar, las raíces fueron secadas en un horno a 70°C por 48 horas para determinar el peso seco de raíz (PSR).

Diseño experimental y análisis estadístico. Se utilizó un arreglo factorial de parcelas divididas (tratamiento en parcelas y líneas en sub parcelas) de un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue una planta sembrada por cilindro PVC. Se realizaron análisis de varianza y separación de medias usando el método de la diferencia mínima significativa (DMS) a una probabilidad ≤ 0.05 , con el programa estadístico Statistix 8.1[®] (USDA 2007).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1: Evaluación de la tolerancia a la baja fertilidad de líneas de frijol común bajo condiciones de campo. La variable ángulo de la primera corona (APC) no mostro diferencia significativa bajo ninguno de los dos tratamientos ($P < 0.05$), mientras que las variables número de raíz adventicias (NRA) y diámetro de la raíz principal (DRP) mostraron tener diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) (Cuadro 4).

Floración (R6). En la entre tratamientos solo DRP presentó diferencia significativa. El tratamiento con fertilización tuvo valores superiores al tratamiento sin fertilización (Cuadro 4). Cuando la raíz tiene disponibilidad de nutrientes en los horizontes superiores del suelo este se enfoca en desarrollar raíces secundarias y un mayor diámetro con el propósito de incrementar su área de contacto con el suelo. Esto se debe a que cuando la raíz no tiene nutrientes disponibles en los horizontes superiores del suelo esta se profundiza más con el propósito de explotar nuevos horizontes del suelo (Rao et al. 2016).

Entre las líneas, para las variables NRA y DRP presentaron diferencias altamente significativas. La variedad SB2-46 presento los mayores valores tanto para la variable NRA como DRP de 21.7 y tanto 4.3 respectivamente (Cuadro 5 y 6)

Dentro de las interacciones entre tratamiento \times línea, se encontraron diferencias altamente significativas para la variable NRA y diferencias significativas para la variable DRP. Los mayores valores obtenidos bajo el tratamiento sin fertilización para la variable NRA los presentó el genotipo MEN 2201-64 con 24.1, y para la variable DRP los obtuvo el genotipo BIOF 2-106 con 5.6, mientras que los mayores valores bajo el tratamiento con fertilización, los presentó el genotipo SB 754 con 24.2 para la variable NRA y el genotipo SB 747 con 5.5 para la variable DRP (Cuadro 5 y 6).

Dentro de las interacciones entre tratamiento \times línea, se encontraron diferencias altamente significativas para la variable NRA y diferencias significativas para la variable DRP. Los mayores valores obtenidos bajo el tratamiento sin fertilización para la variable NRA los presentó el genotipo MEN 2201-64 con 24.1, y para la variable DRP los obtuvo el genotipo BIOF 2-106 con 5.6, mientras que los mayores valores bajo el tratamiento con fertilización, los presentó el genotipo SB 754 con 24.2 para la variable NRA y el genotipo SB 747 con 5.5 para la variable DRP (Cuadro 5 y 6).

Cuadro 4. Resultados del ANDEVA para las variables ángulo de la primera corona (APC), número de raíces adventicias (NRA) y diámetro de la raíz principal (DRP) de 118 líneas de frijol, Zamorano, Honduras, 2015.

Factor	APC	NRA	DRP
Fertilización			
Sin	16.7	5.2	2.70
Con	19.5	13.3	3.80
Valor P	0.35ns	0.14ns	0.01**
Línea (Promedio)	18.1	14.30	3.3
Valor P	0.4ns	0.00**	0.00**
Trat. × Línea (Promedio)	18.1	14.3	3.3
Valor P	0.24ns	0.01**	0.04*

*Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), ns: No significativo

Cuadro 5. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el número de raíces adventicias (NRA) en 118 genotipos de frijol común. La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización	
	SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON
SEQ 342-89	14.0	11.1	CALIMA	13.8	11.8	PR1147-1	15.4	8.0	INTA Precoz	20.0	22.8
Tío Canela 75	11.5	10.5	SJC 730-79	16.8	17.5	BIOF 4-70	15.3	11.1	SXB 412	14.6	13.9
						MSU BNF Entry					
PR1217-16	16.5	11.7	Aifi Wuriti 55	16.8	11.7	86	15.6	16.7	DEORHO	16.2	10.9
SB 815	18.9	20.8	SB 761	15.8	12.2	Morales	17.1	16.5	FBN 1205-31	17.3	14.2
BFS 29	12.0	10.3	SB 770	20.0	18.7	Amadeus 77	15.5	13.3	PR9920-171	13.7	9.9
SER 125	11.8	10.0	MEN 2201-64 ML	24.1	16.7	Jamapa	14.4	10.1	Matterhorn	12.7	14.3
SEF 16	15.8	8.3	SER 78	14.9	12.7	SB 793	19.2	13.7	ALB 74	11.5	10.8
Rosetta	15.2	21.8	FBN 1203-43	15.9	13.2	B14311	14.6	9.9	B14302	14.2	15.7
PR1217-1	20.4	18.6	Matambú	12.6	11.4	Paraisito	16.6	11.5	PR1165-3	18.7	10.5
Tepary G40001	7.4	5.5	SEQ 342-39	17.1	16.1	SB 754	19.9	24.2	FBN 1203-47	17.0	12.7
BFS 139	11.2	6.5	RRH 336-28	15.1	15.3	Bribri	13.7	13.8	ICB 301-204	15.6	11.9
INB 841	14.5	16.9	BFS 94	13.9	9.5	BRT 943-20	13.5	11.3	TARS-LFR1	18.2	16.4
SB2-105	14.1	17.3	BFS 81	12.0	9.0	GN9-4	14.9	14.8	PR1147-6	16.4	10.1
SB2-46	20.7	22.7	Sayaxché ML	12.7	10.9	BFS 87	14.2	8.5	SB 774	15.1	17.9
SB2-170	12.9	8.4	I9365-31	18.3	13.8	SB2-4	17.6	22.2	ICTAZAM ML	13.6	12.9
PR1483-105	16.2	15.7	RCB 593	14.5	10.2	PR1147-3	15.5	13.0	BK9-2	14.5	9.9
SEF 15	15.3	12.5	BRT 103-182	13.1	9.3	Cedrón	14.7	13.6	B14303	14.3	13.6
TARS-MST1	14.2	12.7	SER 113	12.9	12.0	SER 118	13.8	11.5	Carioca	13.4	18.0
MER 2212-28	18.2	10.4	BFS 95	12.7	11.9	MHN 322-49	13.7	14.5	INB 835	18.0	20.1
SB 787	11.4	13.5	XRAV-40-4	17.3	13.9	USRM 20	20.8	17.9	IJR	14.7	13.7
PR1418-15	16.8	12.4	Zenith	13.3	14.4	DOR 364	11.7	12.3	BIOF 2-106	18.3	14.8
SEF 71	9.4	9.6	NCB 280	13.0	16.1	Beniquez	17.5	14.4	BAT 881	14.2	8.8
Tepary Tep-22	7.8	10.2	SEF 10	14.4	10.8	FBN 1210-48	16.7	12.8	SB2-96	16.0	16.6
SEF 17	12.9	10.6	PR 0443-151	23.3	12.8	PR0806-81	14.9	12.3	DPC40	15.1	12.5
G21212	14.1	12.5	SER 16	12.0	12.7	Quimbaya	10.8	13.5	SXB 405	15.0	12.4
ALS 0532-6	14.6	16.6	CENTA Pipil	12.2	10.2	Carrizalito	14.3	14.1	SB 747	10.2	12.0
ALB 213	11.6	7.4	Verano	18.2	11.6	SB DT1	12.4	10.8	BAT 477	20.8	13.0
PR1147-8	18.3	12.3	VAX 6	16.0	12.3	PR 0401-259	21.0	19.8	B12724	12.9	11.4
SB 781	13.3	17.7	DOR 390	18.0	12.9	ICA Pijao	18.6	14.5			
Zorro	12.7	14.5	Cardenal	19.2	15.6	Perola	15.7	13.1			
Promedio										15.2	13.3
CV (%)										18.8	26.9
DMS 0.05										2.3**	2.9**

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos con y sin fertilización en el diámetro de la raíz principal (DRP). La Vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización	
	SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON
SEQ 342-89	3.3	4.6	Calima	1.9	3.8	PR1147-1	2.9	4.4	INTA Precoz	2.7	2.8
Tio Canela 75	2.0	3.2	SJC 730-79	2.7	3.9	BIOF 4-70	2.2	3.6	SXB 412	2.1	3.6
PR1217-16	2.7	4.3	Aifi Wuriti SS	2.2	3.3	MSU BNF Entry 86	3.0	3.6	DEORHO	2.9	3.9
SB 815	2.4	3.4	SB 761	3.5	4.1	Morales	2.4	2.8	FBN 1205-31	2.5	2.6
BFS 29	2.6	3.5	SB 770	3.0	4.5	Amadeus 77	2.6	3.4	PR9920-171	2.1	2.0
SER 125	2.6	3.6	MEN 2201-64 ML	2.4	4.0	Jamapa	3.1	4.1	Matterhorn	3.0	4.9
SEF 16	2.4	3.1	SER 78	2.2	2.7	SB 793	2.7	3.5	ALB 74	2.0	2.6
Rosetta	2.2	4.1	FBN 1203-43	2.6	3.6	B14311	2.9	4.8	B14302	2.9	3.8
PR1217-1	3.0	4.0	Matambú	2.8	4.3	Paraisito	2.5	3.8	PR1165-3	2.7	3.5
Tepary G40001	2.1	3.5	SEQ 342-39	3.0	4.7	SB 754	2.2	3.0	FBN 1203-47	2.7	4.0
BFS 139	2.9	4.2	RRH 336-28	2.6	3.8	Bribri	2.2	3.6	ICB 301-204	2.0	4.2
INB 841	2.4	2.9	BFS 94	2.1	3.5	BRT 943-20	2.5	3.0	TARS-LFR1	2.0	4.1
SB2-105	3.7	4.8	BFS 81	2.4	3.9	GN9-4	3.1	4.9	PR1147-6	2.8	4.2
SB2-46	3.7	4.9	Sayaxché ML	3.5	3.8	BFS 87	2.1	3.2	SB 774	2.7	3.6
SB2-170	2.5	4.2	I9365-31	2.6	4.7	SB2-4	3.7	5.2	ICTAZAM ML	2.8	3.2
PR1483-105	3.1	4.4	RCB 593	2.4	3.6	PR1147-3	3.2	4.4	BK9-2	2.6	4.7
SEF 15	2.2	3.4	BRT 103-182	2.6	4.4	Cedrón	2.4	3.9	B14303	3.4	4.0
TARS-MST1	2.3	3.5	SER 113	2.4	3.8	SER 118	2.6	3.3	Carioca	2.3	2.9
MER 2212-28	2.7	3.7	BFS 95	1.8	3.6	MHN 322-49	5.7	3.1	INB 835	1.9	2.5
SB 787	3.0	3.7	XRAV-40-4	2.1	3.8	USRM 20	1.9	2.3	IJR	1.6	2.3
PR1418-15	3.5	3.9	Zenith	2.8	4.4	DOR 364	2.6	3.3	BIOF 2-106	5.6	3.3
SEF 71	2.9	3.4	NCB 280	3.0	3.6	Beniquez	3.9	4.2	BAT 881	2.8	5.1
Tepary Tep-22	2.0	2.9	SEF 10	2.6	3.0	FBN 1210-48	2.6	4.0	SB2-96	4.0	4.5
SEF 17	2.4	3.5	PR 0443-151	2.3	3.4	PR0806-81	2.6	3.6	DPC40	2.9	3.7
G21212	2.7	3.7	SER 16	2.7	3.2	Quimbaya	1.8	2.6	SXB 405	3.1	3.8
ALS 0532-6	2.4	2.8	CENTA Pipil	2.8	3.9	Carrizalito	2.3	4.2	SB 747	3.8	5.5
ALB 213	2.6	3.4	Verano	2.7	4.6	SB DTI	2.8	3.1	BAT 477	2.5	3.6
PR1147-8	3.3	3.9	VAX 6	2.3	4.2	PR 0401-259	2.6	3.9	B12724	3.0	4.8
SB 781	3.2	3.6	DOR 390	2.7	4.1	ICA Pijao	2.7	5.2			
Zorro	4.0	3.8	Cardenal	2.9	3.7	Perola	2.8	4.2			
Promedio										2.7	3.8
CV (%)										33.8	16.1
DMS 0.05										0.75*	0.49**

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa.

Llenado de vainas (R8). La variable índice de partición de vaina (IPV) mostró diferencias altamente significativas debido a los efectos de las líneas de frijol y la interacción fertilización x línea (Cuadro 7). El genotipo INB 841 presentó el mayor índice (0.54), esto nos indica que esta variedad tiene un peso de vaina alto comparada con el peso total de la biomasa. Mientras que el genotipo B14302 presentó los menores valores con un IPV de 0.18.

En la interacción tratamiento × línea, la variable IPV mostró tener diferencias significativas. La variedad INB 841 presentó el mayor índice bajo ambos tratamientos de fertilización. Esto nos indica que sin importar el tratamiento bajo cual se sometió el genotipo formo una vaina de mayor peso y proporción a la biomasa. Mientras que el genotipo B12724 presentó los menores valores con fertilización con un IPV de 0.11, el genotipo SXB 412 presentó los menores valores sin fertilización con un IPV de 0.20 (Cuadro 8).

Cuadro 7. Resultados del ANDEVA para la variable índice de partición de vainas (IPV) de 118 líneas de frijol, Zamorano, Honduras, 2015.

Factor	IPV
Fertilización	
Sin	0.36
Con	0.33
Valor P	0.08ns
Línea (Promedio)	0.35
Valor P	0.00**
Fert. × Línea (Promedio)	0.35
Valor P	0.02*

*=Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **=Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), n.s.= No significativo

Cuadro 8. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el índice de partición de vainas (IPV) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización	
	SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON
SEQ 342-89	0.33	0.28	Calima	0.41	0.26	PR1147-1	0.38	0.33	INTA Precoz	0.39	0.42
Tío Canela 75	0.41	0.41	SJC 730-79	0.43	0.45	BIOF 4-70	0.39	0.43	SXB 412	0.20	0.18
PR1217-16	0.35	0.38	Aifi Wuriti 55	0.38	0.39	MSU BNF Entry 86	0.33	0.26	DEHORO	0.36	0.37
SB 815	0.47	0.43	SB 761	0.42	0.33	Morales	0.38	0.32	FBN 1205-31	0.35	0.33
BFS 29	0.51	0.44	SB 770	0.34	0.24	Amadeus 77	0.42	0.47	PR9920-171	0.39	0.37
SER 125	0.48	0.40	MEN 2201-64 ML	0.47	0.45	Jamapa	0.25	0.20	Matterhorn	0.36	0.24
SEF 16	0.46	0.46	SER 78	0.41	0.31	SB 793	0.34	0.29	ALB 74	0.43	0.39
Rosetta	0.37	0.34	FBN 1203-43	0.44	0.42	B14311	0.27	0.20	B14302	0.23	0.13
PR1217-1	0.34	0.37	Matambú	0.35	0.35	Paraisito	0.35	0.24	PR1165-3	0.29	0.27
Tepary G40001	0.41	0.33	SEQ 342-39	0.35	0.28	SB 754	0.37	0.52	FBN 1203-47	0.38	0.38
BFS 139	0.32	0.33	RRH 336-28	0.36	0.34	Bribri	0.34	0.27	ICB 301-204	0.38	0.28
INB 841	0.51	0.57	BFS 94	0.41	0.36	BRT 943-20	0.38	0.36	TARS-LFR1	0.28	0.20
SB2-105	0.34	0.34	BFS 81	0.44	0.40	GN9-4	0.31	0.30	PR1147-6	0.30	0.28
SB2-46	0.28	0.28	Sayaxché ML	0.35	0.39	BFS 87	0.43	0.38	SB 774	0.35	0.21
SB2-170	0.29	0.37	I9365-31	0.24	0.21	SB2-4	0.31	0.15	ICTAZAM ML	0.37	0.35
PR1483-105	0.31	0.46	RCB 593	0.42	0.36	PR1147-3	0.32	0.25	BK9-2	0.36	0.16
SEF 15	0.44	0.42	BRT 103-182	0.39	0.37	Cedrón	0.33	0.32	B14303	0.26	0.24
TARS-MST1	0.40	0.41	SER 113	0.40	0.42	SER 118	0.39	0.35	Carioca	0.29	0.17
MER 2212-28	0.41	0.38	BFS 95	0.38	0.33	MHN 322-49	0.36	0.45	INB 835	0.38	0.28
SB 787	0.46	0.49	XRAV-40-4	0.34	0.33	USRM 20	0.46	0.37	IJR	0.43	0.25
PR1418-15	0.33	0.30	Zenith	0.25	0.19	DOR 364	0.37	0.42	BIOF 2-106	0.40	0.32
SEF 71	0.39	0.33	NCB 280	0.42	0.34	Beniquez	0.32	0.29	BAT 881	0.25	0.18
Tepary Tep-22	0.47	0.43	SEF 10	0.45	0.42	FBN 1210-48	0.36	0.38	SB2-96	0.31	0.23
SEF 17	0.42	0.46	PR 0443-151	0.28	0.20	PR0806-81	0.30	0.21	DPC40	0.33	0.26
G21212	0.24	0.18	SER 16	0.41	0.42	Quimbaya	0.37	0.51	SXB 405	0.28	0.13
ALS 0532-6	0.37	0.37	CENTA Pipil	0.36	0.37	Carrizalito	0.36	0.36	SB 747	0.21	0.2
ALB 213	0.36	0.40	Verano	0.34	0.29	SB DT1	0.40	0.36	BAT 477	0.25	0.17
PR1147-8	0.38	0.32	VAX 6	0.34	0.32	PR 0401-259	0.35	0.34	B12724	0.29	0.11
SB 781	0.41	0.36	DOR 390	0.36	0.35	ICA Pijao	0.26	0.27			
Zorro	0.28	0.16	Cardenal	0.38	0.44	Perola	0.27	0.24			
Promedio										0.36	0.33
CV (%)										13.1	24.8
DMS 0.05										0.04*	0.07**

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= Coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa.

Madurez de cosecha. A la madurez se presentaron diferencias significativas en el rendimiento y el PSCS debidos a los efectos de fertilización, líneas de frijol y la interacción fertilización x línea; pero solamente se observaron diferencias en el IC debido a los efectos de las líneas de frijol (Cuadro 9). El tratamiento con fertilizante mostró tener valores superiores en ambas variables, PCSC y rendimiento. Esto se debe a que la planta tuvo una mayor disponibilidad de nutrientes y no fue sometido a ningún tipo de estrés.

Entre las líneas, todas las variables mostraron una diferencia altamente significativa. El genotipo SEF 16 presentó los mayores valores para la variable IC con un índice de 0.75, junto con el genotipo SER 125 con un índice 0.75 que además presentó los mayores rendimientos con una medio geométrica entre los dos tratamientos de 1759 kg/ha. Los genotipos Calima y Quimbaya presentaron los mayores valores para la variable PSCS con 40.6g y 31.7gramos, respectivamente, los que nos indica que estos genotipos produjeron una semilla de mayor tamaño.

Para las interacciones entre tratamiento × línea las variables PSCS y rendimiento presentaron diferencias significativas. Los genotipos SEQ 342-89 y Tío Canela 75 presentaron los mayores rendimientos bajo el tratamiento con fertilizante con 2935 kg/ha y 2600 kg/ha, respectivamente. Los genotipos SB 787 y SER 125 presentaron los mayores rendimientos bajo el tratamiento sin fertilización con 1527 kg/ha y 1345 kg/ha, respectivamente, lo que nos indica que estos genotipos fueron los menos afectados al ser sometidos a un estrés por baja fertilidad. Los menores valore rendimientos obtenidos los tuvieron los genotipos B12724 con 537 kg/ha con fertilización y BAT 881 con 389 kg/ha sin fertilización (Cuadro 10). Los genotipos Calima, Quimbaya y SB 754 presentaron los mayores valores con 43.8g, 38.3g y 29.4g, respectivamente, con fertilización, y 37.5g, 25.1g y 29.8g, respectivamente, sin fertilización para la variable PSCS (Cuadro 12).

Cuadro 9. Resultados del ANDEVA para las variables rendimiento, índice de cosecha (IC) y peso seco de cien semillas (PSCS) del ensayo con y sin fertilización y 118 líneas de frijol. Zamorano, Honduras.

Factor	Rendimiento (kg/ha)	IC	PSCS (g)
Fertilización			
SIN	827	0.69	18.6
CON	1467	0.72	20.2
Valor P	0.01**	0.19ns	0.03*
Línea (Promedio)	1147	0.71	19.4
Valor P	0.00**	0.00**	0.00**
Fert. × Línea (Promedio)	1147	0.71	19.4
Valor P	0.02*	0.55ns	0.02*

*Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), ns No significativo

Cuadro 10. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el rendimiento (kg/ha) y la media geométrica (MG) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras 2015.

Genotipo	Fertilización			Genotipo	Fertilización			Genotipo	Fertilización			Genotipo	Fertilización		
	SIN	CON	MG		SIN	CON	MG		SIN	CON	MG		SIN	CON	MG
SEQ 342-89	1010	2935	1722	Calima	917	1716	1255	PR1147-1	542	1390	868	INTA Precoz	740	1141	919
Tío Canela 75	746	2600	1393	SJC 730-79	862	1713	1215	BIOF 4-70	654	1375	948	SXB 412	487	1132	742
PR1217-16	1073	2561	1657	Aifi Wuriti 55	753	1712	1135	MSU BNF Entry 86	903	1360	1108	DEHORO	1090	1128	1109
SB 815	1004	2369	1542	SB 761	978	1707	1292	Morales	743	1354	1003	FBN 1205-31	657	1123	859
BFS 29	1201	2326	1671	SB 770	1029	1691	1319	Amadeus 77	793	1347	1033	PR9920-171	622	1115	833
SER 125	1345	2301	1759	MEN 2201-64 ML	817	1664	1166	Jamapa	1255	1346	1300	Matterhorn	918	1111	1010
SEF 16	1288	2254	1704	SER 78	1010	1655	1293	SB 793	721	1333	980	ALB 74	685	1105	870
Rosetta	686	2238	1239	FBN 1203-43	609	1649	1002	B14311	681	1333	952	B14302	801	1063	923
PR1217-1	961	2227	1463	Matambú	681	1646	1059	Paraisito	732	1315	981	PR1165-3	611	1047	800
Tepary G40001	1166	2162	1588	SEQ 342-39	890	1604	1195	SB 754	936	1310	1107	FBN 1203-47	585	1033	777
BFS 139	872	2155	1371	RRH 336-28	749	1561	1082	Bribri	903	1293	1081	ICB 301-204	639	1033	813
INB 841	750	2116	1260	BFS 94	877	1554	1167	BRT 943-20	910	1287	1082	TARS-LFR1	772	1001	879
SB2-105	997	2098	1446	BFS 81	1172	1539	1343	GN9-4	804	1282	1016	PR1147-6	442	975	657
SB2-46	753	2063	1246	Sayaxché ML	1290	1537	1408	BFS 87	1239	1272	1255	SB 774	871	975	921
SB2-170	752	2033	1237	I9365-31	528	1522	897	SB2-4	813	1263	1013	ICTAZAM ML	625	938	766
PR1483-105	1139	1967	1497	RCB 593	945	1520	1199	PR1147-3	557	1250	835	BK9-2	850	906	877
SEF 15	859	1951	1295	BRT 103-182	751	1513	1066	Cedrón	667	1249	913	B14303	678	902	782
TARS-MST1	796	1948	1245	SER 113	926	1500	1179	SER 118	783	1248	988	Carioca	699	886	787
MER 2212-28	661	1940	1132	BFS 95	1071	1497	1266	MHN 322-49	685	1244	923	INB 835	829	880	854
SB 787	1527	1923	1714	XRAV-40-4	1106	1484	1281	USRM 20	714	1241	941	IJR	661	877	761
PR1418-15	884	1917	1302	Zenith	465	1482	830	DOR 364	593	1239	857	BIOF 2-106	874	851	862
SEF 71	1090	1913	1444	NCB 280	1248	1480	1359	Beniquez	561	1221	827	BAT 881	389	843	573
Tepary Tep-22	726	1865	1164	SEF 10	679	1474	1001	FBN 1210-48	761	1216	962	SB2-96	625	801	708
SEF 17	1171	1862	1477	PR 0443-151	944	1471	1178	PR0806-81	729	1203	937	DPC40	687	786	735
G21212	1254	1819	1511	SER 16	960	1467	1187	Quimbaya	646	1196	879	SXB 405	431	754	570
ALS 0532-6	805	1789	1200	CENTA Pipil	689	1447	998	Carrizalito	868	1184	1013	SB 747	741	751	746
ALB 213	782	1768	1176	Verano	836	1445	1099	SB DT1	671	1178	889	BAT 477	506	621	561
PR1147-8	749	1749	1144	VAX 6	801	1443	1075	PR 0401-259	683	1153	887	B12724	809	537	659
SB 781	1055	1740	1355	DOR 390	751	1426	1035	ICA Pijao	787	1152	952				
Zorro	957	1720	1283	Cardenal	739	1415	1023	Perola	815	1147	967				
Promedio													827	1467	
CV (%)													33.3	35.4	
DMS 0.05													225**	424**	

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa; MG= Media geométrica.

Cuadro 11. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el Índice de Cosecha (IC) de 118 líneas de frijol. La Vega 4, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización	
	SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON
SEQ 342-89	0.72	0.77	CALIMA	0.70	0.70	PR1147-1	0.64	0.54	INTA Precoz	0.69	0.70
Tío Canela 75	0.68	0.70	SJC 730-79	0.69	0.55	BIOF 4-70	0.68	0.70	SXB 412	0.58	0.64
PR1217-16	0.69	0.73	Aifi Wuriti 55	0.65	0.67	MSU BNF Entry 86	0.72	0.71	DEHORO	0.72	0.73
SB 815	0.70	0.74	SB 761	0.72	0.74	Morales	0.67	0.67	FBN 1205-31	0.63	0.60
BFS 29	0.71	0.70	SB 770	0.71	0.73	Amadeus 77	0.67	0.71	PR9920-171	0.66	0.67
SER 125	0.74	0.75	MEN 2201-64 ML	0.67	0.74	Jamapa	0.72	0.71	Matterhorn	0.71	0.65
SEF 16	0.75	0.76	SER 78	0.68	0.67	SB 793	0.67	0.68	ALB 74	0.68	0.72
Rosetta	0.68	0.71	FBN 1203-43	0.67	0.72	B14311	0.64	0.67	B14302	0.65	0.58
PR1217-1	0.67	0.70	Matambú	0.68	0.72	Paraisito	0.66	0.71	PR1165-3	0.67	0.72
Tepary G40001	0.73	0.68	SEQ 342-39	0.70	0.71	SB 754	0.68	0.66	FBN 1203-47	0.64	0.67
BFS 139	0.70	0.76	RRH 336-28	0.69	0.72	Bribri	0.73	0.70	ICB 301-204	0.66	0.65
INB 841	0.69	0.74	BFS 94	0.68	0.73	BRT 943-20	0.72	0.73	TARS-LFR1	0.65	0.65
SB2-105	0.68	0.73	BFS 81	0.70	0.72	GN9-4	0.67	0.62	PR1147-6	0.62	0.67
SB2-46	0.61	0.74	Sayaxché ML	0.74	0.73	BFS 87	0.72	0.68	SB 774	0.67	0.71
SB2-170	0.63	0.68	I9365-31	0.61	0.69	SB2-4	0.64	0.63	ICTAZAM ML	0.67	0.69
PR1483-105	0.70	0.71	RCB 593	0.69	0.72	PR1147-3	0.64	0.68	BK9-2	0.69	0.61
SEF 15	0.70	0.73	BRT 103-182	0.58	0.69	Cedrón	0.67	0.59	B14303	0.62	0.57
TARS-MST1	0.69	0.75	SER 113	0.69	0.73	SER 118	0.71	0.73	Carioca	0.67	0.69
MER 2212-28	0.70	0.73	BFS 95	0.70	0.71	MHN 322-49	0.70	0.72	INB 835	0.71	0.57
SB 787	0.75	0.59	XRAV-40-4	0.73	0.74	USRM 20	0.68	0.72	IJR	0.66	0.67
PR1418-15	0.65	0.66	Zenith	0.62	0.65	DOR 364	0.67	0.72	BIOF 2-106	0.69	0.65
SEF 71	0.71	0.74	NCB 280	0.71	0.70	Beniquez	0.62	0.68	BAT 881	0.57	0.58
Tepary Tep-22	0.70	0.78	SEF 10	0.67	0.67	FBN 1210-48	0.67	0.71	SB2-96	0.61	0.57
SEF 17	0.70	0.74	PR 0443-151	0.64	0.64	PR0806-81	0.64	0.62	DPC40	0.66	0.66
G21212	0.69	0.72	SER 16	0.72	0.74	Quimbaya	0.64	0.61	SXB 405	0.58	0.59
ALS 0532-6	0.67	0.68	CENTA Pipil	0.69	0.73	Carrizalito	0.70	0.68	SB 747	0.59	0.58
ALB 213	0.70	0.74	Verano	0.66	0.61	SB DT1	0.70	0.71	BAT 477	0.63	0.59
PR1147-8	0.64	0.67	VAX 6	0.67	0.68	PR 0401-259	0.66	0.67	B12724	0.67	0.58
SB 781	0.69	0.70	DOR 390	0.70	0.73	ICA Pijao	0.69	0.67			
Zorro	0.71	0.62	Cardenal	0.67	0.70	Perola	0.69	0.72			
Promedio										0.69	0.72
CV (%)										5.7	10.7
DMS 0.05										0.03**	0.06**

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa.

Cuadro 12. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en el peso seco de cien semillas (PSCS en gramos) de 118 líneas de frijol. La vega 4, Monte Redondo, Zamorano, Honduras, 2015.

Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización		Genotipo	Fertilización	
	SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON		SIN	CON
SEQ 342-89	16.6	18.1	CALIMA	37.5	43.8	PR1147-1	14.6	18.9	INTA Precoz	18.3	17.4
Tio Canela 75	16.5	22.0	SJC 730-79	20.5	14.8	BIOF 4-70	15.2	16.7	SXB 412	17.7	19.4
PR1217-16	18.6	18.9	Aifi Wuriti SS	16.3	20.4	MSU BNF Entry 86	19.6	17.5	DEHORO	19.7	19.2
SB 815	22.0	24.2	SB 761	22.1	28.4	Morales	15.2	15.9	FBN 1205-31	16.0	19.7
BFS 29	21.6	24.0	SB 770	21.6	16.5	Amadeus 77	19.5	20.2	PR9920-171	22.1	28.8
SER 125	23.2	24.5	MEN 2201-64 ML	18.6	19.3	Jamapa	17.0	15.5	Matterhorn	21.7	24.2
SEF 16	18.5	19.3	SER 78	18.0	18.1	SB 793	14.7	13.8	ALB 74	18.7	21.4
Rosetta	22.4	25.8	FBN 1203-43	17.8	18.8	B14311	11.2	15.0	B14302	11.2	11.2
PR1217-1	17.9	20.6	Matambú	16.7	17.7	Paraisito	19.1	19.5	PR1165-3	16.4	16.3
Tepary G40001	8.50	9.8	SEQ 342-39	16.3	17.7	SB 754	29.8	29.4	FBN 1203-47	17.8	18.1
BFS 139	23.2	26.5	RRH 336-28	24.4	20.1	Bribri	19.2	17.3	ICB 301-204	18.4	18.7
INB 841	14.9	18.0	BFS 94	18.4	19.9	BRT 943-20	16.3	18.9	TARS-LFR1	18.6	19.8
SB2-105	19.7	20.5	BFS 81	22.7	20.1	GN9-4	21.5	21.9	PR1147-6	14.5	18.1
SB2-46	17.3	21.5	Sayaxché ML	15.1	14.2	BFS 87	23.9	25.0	SB 774	21.4	19.7
SB2-170	18.7	21.8	I9365-31	13.4	15.1	SB2-4	19.4	20.7	ICTAZAM ML	16.0	16.7
PR1483-105	18.4	17.5	RCB 593	23.7	25.4	PR1147-3	15.0	16.6	BK9-2	13.9	14.0
SEF 15	20.0	22.3	BRT 103-182	19.9	20.0	Cedrón	17.6	19.6	B14303	10.5	10.8
TARS-MST1	15.3	18.0	SER 113	21.3	21.3	SER 118	18.6	21.8	Carioca	18.2	18.3
MER 2212-28	21.1	18.3	BFS 95	18.2	21.6	MHN 322-49	17.3	17.8	INB 835	17.3	17.5
SB 787	22.5	22.4	XRAV-40-4	17.1	16.3	USRM 20	19.7	28.2	IJR	21.7	26.5
PR1418-15	19.2	15.3	Zenith	14.4	17.7	DOR 364	17.2	17.6	BIOF 2-106	17.3	17.2
SEF 71	24.1	24.3	NCB 280	18.2	19.4	Beniquez	15.1	15.5	BAT 881	11.6	13.6
Tepary Tep-22	7.70	14.9	SEF 10	17.8	17.6	FBN 1210-48	15.8	17.6	SB2-96	21.6	23.6
SEF 17	20.0	24.0	PR 0443-151	17.1	12.7	PR0806-81	15.1	13.5	DPC40	15.9	17.1
G21212	19.8	23.2	SER 16	17.8	18.3	Quimbaya	25.1	38.3	SXB 405	18.4	23.8
ALS 0532-6	19.5	18.8	Centa Pipil	16.9	18.0	Carrizalito	18.4	18.6	SB 747	13.8	12.6
ALB 213	20.7	22.3	Verano	16.1	16.8	SB DT1	15.5	17.6	BAT 477	16.5	14.0
PR1147-8	16.4	16.4	VAX 6	17.6	19.3	PR 0401-259	16.2	18.5	B12724	13.1	12.3
SB 781	18.3	15.9	DOR 390	16.5	16.9	ICA Pijao	16.8	19.0			
Zorro	15.7	16.1	Cardenal	18.5	18.8	Pérola	20.9	22.6			
Promedio										18.6	20.2
CV (%)										15.45	14.39
DMS 0.05										2.29**	2.27**

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa.

Ensayo 2: Evaluación de líneas de frijol común tolerante a suelos de baja fertilidad en cilindros bajo casa de malla.

Se encontraron diferencias significativas en las variables de área, diámetro y volumen de raíz para el factor fertilización, mientras que las variables longitud de raíz, peso de raíz, número de coronas (NC), número de raíces adventicias (NRA) y raíces basales (NRB), y el ángulo de raíces (AR) no mostraron diferencia significativa para este factor. Para el factor línea de frijol (LF) solo se encontraron diferencias significativas en las variables longitud de raíces, pesos de follaje, y NRA, las demás variables no mostraron diferencia significativa. En la interacción tratamientos x Línea (T x LF), solamente NRA mostró diferencias significativas. Los valores promedios de tratamientos, genotipos.

Se mostró diferencia significativa entre los tratamientos para todas las variables excepto en peso de follaje (PF) y longitud (LO). Las variables área superficial (AS), volumen (VO) y peso de raíz (PR) se vieron superiores en al ser sometidas al tratamiento sin fertilización, mientras que la variable diámetro promedio (DP) fue superior en el tratamiento con fertilización. Los valores obtenidos al ser sometidos al tratamiento sin fertilización se dan por una respuesta de la planta a la deficiencia de nutrientes en el suelo. Al tener menos nutrientes disponibles, la planta inhibe el crecimiento del tallo e incrementa el crecimiento radicular con el propósito de explorar más a fondo el horizonte del suelo con el fin de encontrar los nutrientes requeridos (Im Rao et al., 2016).

Las líneas mostraron ser significativamente diferentes en las variables de longitud (LO), peso seco de follaje (PSF), peso seco de raíz (PSR), número de coronas (NC) y número de raíces adventicias (NRA). Los valores que se destacaron más entre la mayoría de las variables fueron los de los genotipos Jamapa, con 86.4m de longitud, 911.31 mg de peso de raíz, y BFS 87 con 82.2m de longitud, 3.3 g de peso de follaje y 988.8 mg de peso de raíz (Cuadro 15 y 16). El genotipo Tepary G40001 presentó el mayor PSF con 4.1g sin fertilización y 3.8g con fertilización, y menor PSF con 558mg sin fertilización y 601mg con fertilización entre todos los genotipos, mientras que el genotipo SEQ 342-89 presentó el menor PSF con 2.8g sin fertilización y 2.9g con fertilización y presentó el segundo mayor PSR 1073mg sin fertilización y 862mg con fertilización. Esto demuestra que aunque el Tepary G40001 sea sometido a un estrés de baja fertilidad siempre enfocará su desarrollo mayormente en la parte aérea de la planta, al contrario del genotipo SEQ 342-89 que enfoca su desarrollo mayormente en la raíz (Cuadro15).

En las interacciones por tratamiento × línea no se presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables, exceptuando NRA. Esto sugiere un mismo comportamiento entre los genotipos sometidos a cualquiera de los dos tratamientos. Cabe mencionar que los genotipos seleccionados para este ensayo fueron previamente seleccionados por su mayor tolerancia a suelos de baja fertilidad en el ensayo anterior. El genotipo SB 770 presentó los mayores valores con un NRA de 35 para el tratamiento con fertilización, y el genotipo ALS 0532-6 presentó los mayores valores con un NRA de 20.5 para el tratamiento sin fertilización.

Cuadro 13. Resultados del ANDEVA para las variables longitud (LR), área superficial (ASR), diámetro promedio (DPR), Volumen (VR), peso de follaje (PSF) y Peso de raíz (PSR), para el cultivo de frijol, Zamorano, Honduras.

Factor	LR (m)	ASR (cm²)	DPR (mm)	VR (cm³)	PSF (g)	PSR (mg)
Fertilización						
SIN	70.2	1185	0.5	9.4	3.06	778
CON	67.5	899	2.2	17.0	3.14	837
Valor P	0.07ns	0.00**	0.00**	0.03*	0.12ns	0.30ns
Línea (Promedio)						
Línea (Promedio)	68.8	1042	1.4	13.2	3.1	808
Valor P	0.00**	0.06ns	0.32ns	0.46ns	0.00**	0.00**
Fert. × línea (Promedio)						
Fert. × línea (Promedio)	68.8	1042	1.4	13.2	3.1	808
Valor P	0.08ns	0.36ns	0.79ns	0.77ns	0.81ns	0.53ns

*Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), ns: No significativo

Cuadro 14. Resultados del ANDEVA para las variables número de coronas (NC), número de raíces basales (NRB), ángulo de raíces basales (ARB) y número de raíces adventicias (NRA), para el cultivo de frijol, Zamorano, Honduras.

Factor	NC	NRB	ARB	NRA
Fertilización				
SIN	1.24	3.9	4.9	12.8
CON	1.09	4.1	3.8	15.8
Valor P	0.27ns	0.74ns	0.00**	0.02*
Línea (Promedio)				
Línea (Promedio)	1.17	3.9	4.33	14.3
Valor P	0.00**	0.06ns	0.15ns	0.00**
Fert. × línea (Promedio)				
Fert. × línea (Promedio)	1.17	3.9	4.33	14.3
Valor P	0.08ns	0.32ns	0.35ns	0.00**

*Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), **Diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$), ns: No significativo.

Cuadro 15. Efecto de los tratamientos sin y con fertilización en las características la longitud, área, diámetro y volumen de raíces, peso de follaje y peso de raíz de 24 genotipos de frijol bajo condiciones de casa de malla, Zamorano, Honduras, 2016.

Línea	Longitud (cm)		Área (cm ²)		Diámetro (mm)		Volumen (cm ³)		P. Follaje (g)		P. Raíz (mg)	
	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON	SIN	CON
SEQ 342-89	8673 ^{ab}	7566 ^{abcd}	1259 ^{abc}	1004	0.6 ^{cde}	2.3	9.3	16.8	2.8 ^c	2.9 ^{cde}	1073	862 ^{bcdefgh}
PR 1217-16	6791 ^{cdef}	6566 ^{defgh}	1070 ^{bc}	985	0.5 ^{efg}	2.6	12.2	15.4	2.9 ^c	3.3 ^{abc}	809	807 ^{cdefghi}
SJC 730-79	6512 ^{cdef}	5833 ^{fgh}	972 ^{bc}	818	0.5 ^{fgh}	2.2	8.8	10.6	2.9 ^c	3.3 ^{abcd}	800	881 ^{bcdef}
BFS 29	6500 ^{cdef}	7456 ^{abcde}	1347 ^{abc}	813	0.6 ^{bcd}	2.2	8.0	20.0	2.9 ^c	3.0 ^{cde}	669	808 ^{cdefghi}
SER 125	7173 ^{bcde}	7664 ^{abcd}	1114 ^{bc}	886	0.6 ^{cdef}	2.0	9.1	14.1	3.1 ^{bc}	3.3 ^{abc}	755	826 ^{cdefghi}
SEF 16	6676 ^{cdef}	6273 ^{defgh}	958 ^c	832	0.4 ^l	2.1	8.5	13.0	3.1 ^{bc}	2.7 ^e	671	723 ^{ghij}
Tepary G40001	6673 ^{cdef}	6000 ^{efgh}	1348 ^{abc}	899	0.4 ^{kl}	2.0	9.2	16.9	4.1 ^a	3.8 ^a	558	601 ^j
PR 1483-105	7109 ^{bcdef}	6673 ^{cdefgh}	1295 ^{abc}	830	0.4 ^{ijk}	2.0	8.1	18.0	3.0 ^c	3.0 ^{cde}	789	899 ^{abcdef}
ALS 0532-6	6986 ^{cdef}	6317 ^{defgh}	942 ^c	980	0.7 ^b	2.7	10.0	11.7	3.2 ^{bc}	3.6 ^{ab}	825	871 ^{bcdefg}
SEF 71	7616 ^{abcd}	6564 ^{defgh}	1223 ^{abc}	962	0.8 ^a	2.5	9.0	19.0	3.0 ^{bc}	2.8 ^{de}	983	900 ^{abcdef}
SEF 17	6980 ^{cdef}	6492 ^{defgh}	974 ^{bc}	855	0.5 ^{def}	1.9	8.7	12.7	3.0 ^c	3.1 ^{bcde}	819	757 ^{fghij}
G 21212	7935 ^{abc}	6964 ^{abcdefg}	1203 ^{abc}	928	0.4 ^{ijkl}	1.9	8.9	17.9	2.9 ^c	3.2 ^{bcde}	734	913 ^{abcdef}
SB 781	6231 ^{def}	5566 ^{gh}	984 ^{bc}	829	0.4 ^{ijkl}	2.1	10.0	24.5	3.0 ^c	3.0 ^{cde}	655	687 ^{ij}
SB 770	5519 ^f	8352 ^a	1782 ^a	818	0.5 ^{ghi}	2.4	10.7	25.9	2.9 ^c	3.1 ^{bcde}	616	998 ^{ab}
Sayaxche ML	7514 ^{bcd}	6225 ^{defgh}	1007 ^{bc}	847	0.6 ^{bc}	2.0	7.7	13.4	2.9 ^c	3.1 ^{cde}	874	962 ^{abc}
NCB 280	7718 ^{abcd}	6516 ^{defgh}	1210 ^{abc}	939	0.5 ^{hij}	2.0	9.8	19.0	2.9 ^c	3.1 ^{cde}	682	760 ^{fghi}
Jamapa	9219 ^a	8059 ^{abc}	1379 ^{abc}	1145	0.4 ^{ijkl}	2.4	11.7	20.6	3.1 ^{bc}	3.1 ^{bcde}	882	940 ^{abcd}
BFS 81	8026 ^{abc}	7061 ^{abcdef}	1009 ^{bc}	956	0.5 ^{fg}	2.4	9.2	12.7	3.1 ^{bc}	3.2 ^{bcde}	695	858 ^{bcdefgh}
BFS 87	8110 ^{abc}	8321 ^{ab}	1562 ^{ab}	1138	0.6 ^{def}	2.9	12.1	21.0	3.1 ^{bc}	3.4 ^{abc}	930	1047 ^a
XRAV 40-4	6235 ^{def}	7172 ^{abcdef}	1027 ^{bc}	765	0.6 ^{def}	2.0	8.0	12.4	3.1 ^{bc}	3.2 ^{bcde}	685	919 ^{abcde}
Lenca Precoz	6120 ^{def}	6879 ^{bcdefg}	1027 ^{bc}	779	0.5 ^{fg}	2.0	8.2	12.8	3.0 ^{bc}	3.4 ^{abc}	765	792 ^{defghi}
DEORHO	6720 ^{cdef}	6018 ^{efgh}	1184 ^{abc}	880	0.5 ^{efg}	2.3	9.1	29.8	3.6 ^{ab}	3.4 ^{abc}	805	790 ^{defghu}
Amadeus 77 (T1)	5829 ^{ef}	5337 ^h	852 ^c	835	0.6 ^{bcd}	2.0	9.5	12.1	3.0 ^{bc}	2.8 ^{de}	813	712 ^{hij}
DOR 390 (T2)	5641 ^{ef}	6006 ^{efgh}	1718 ^a	847	0.6 ^{bc}	2.2	10.3	13.0	3.1 ^{bc}	3.0 ^{cde}	778	776 ^{efghi}
Promedio	7021	6745	1185	899	0.5	2.2	9.4	17.0	3.06	3.14	778	837
CV (%)	16.6	15.4	35.9	19.2	8.6	26.4	38.6	61.4	13.5	11.8	27.8	13.4
DMS 0.05	821 [*]	732 ^{**}	301 [*]	122 ^{ns}	0.03 ^{**}	0.41 ^{ns}	2.6 ^{ns}	7.3 ^{ns}	0.29 [*]	0.26 [*]	153 ^{ns}	79 ^{**}

* Significativo $P \leq 0.05$; ** Altamente significativo $P \leq 0.01$; ns No significativo; CV= coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Cuadro 16. Efecto de la fertilización en las características de número de coronas, número de raíces basales, ángulo de Raíces y Número de Raíces Adventicias en 22 genotipos de frijol común bajo condiciones de baja fertilidad en casa de malla, Zamorano, Honduras, 2016.

Línea	Número Coronas		Número Raíces Basales		Ángulo Raíces		Número Raíces Adventicias	
	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
SEQ 342-89	1.00 ^b	1.0	3.00 ^{de}	4.0	6.0	4.0	8.25 ^{cde}	10.3 ^{fgh}
PR 1217-16	1.00 ^b	1.0	3.50 ^{bede}	3.8	5.5	2.0	19.00 ^{ab}	13.3 ^{defgh}
SJC 730-79	1.25 ^b	1.5	3.50 ^{bede}	4.8	6.0	3.0	20.00 ^a	11.8 ^{fgh}
BFS 29	1.00 ^b	1.3	3.75 ^{bede}	4.0	6.0	5.5	12.00 ^{bede}	13.3 ^{defgh}
SER 125	1.00 ^b	1.0	4.00 ^{bede}	4.3	5.5	2.0	13.75 ^{abede}	12.5 ^{efgh}
SEF 16	1.25 ^b	1.0	4.25 ^{bed}	4.5	3.5	2.0	11.25 ^{cde}	10.3 ^{fgh}
Tepary G40001	1.25 ^b	1.3	4.25 ^{bed}	5.0	5.5	2.5	7.00 ^e	6.8 ^h
PR 1483-105	1.00 ^b	1.0	4.00 ^{bede}	3.8	8.0	2.5	14.75 ^{abcd}	15.0 ^{cdefgh}
SJC 730-79	1.00 ^b	1.0	3.75 ^{bede}	4.0	5.0	4.5	20.50 ^a	21.3 ^{bed}
SEF 71	1.50 ^{ab}	1.0	5.00 ^{abc}	3.5	5.0	4.0	7.50 ^{de}	17.5 ^{cdefg}
SEF 17	1.00 ^b	1.0	3.50 ^{bede}	3.8	5.0	4.5	13.00 ^{abede}	12.0 ^{fgh}
G 21212	1.00 ^b	1.0	3.25 ^{cde}	4.0	5.5	4.5	7.50 ^{de}	15.8 ^{cdefg}
SB 781	1.00 ^b	1.0	3.00 ^{de}	4.0	3.0	2.0	10.50 ^{cde}	12.8 ^{efgh}
SB 770	1.50 ^{ab}	1.0	4.75 ^{abcd}	5.0	5.0	4.0	15.5 ^{abc}	35.0 ^a
Sayaxche ML	1.50 ^{ab}	1.0	4.25 ^{abcd}	3.5	6.0	3.0	10.50 ^{cde}	27.5 ^{ab}
NCB 280	2.00 ^a	1.3	6.25 ^a	4.3	5.0	7.0	14.25 ^{abede}	18.5 ^{cdef}
Jamapa	2.00 ^a	1.0	4.75 ^{abcd}	3.8	5.0	3.5	14.25 ^{abede}	20.5 ^{bede}
BFS 81	1.00 ^b	1.0	3.50 ^{bede}	4.0	7.0	5.5	7.75 ^{de}	14.3 ^{cdefgh}
BFS 87	1.00 ^b	1.0	2.25 ^e	3.8	4.0	4.0	11.25 ^{cde}	9.5 ^{gh}
XRAV 40-4	2.00 ^a	1.3	5.25 ^{ab}	4.0	3.5	4.0	8.75 ^{cde}	22.0 ^{bc}
Lenca Precoz	1.00 ^b	1.0	3.25 ^{cde}	4.3	3.0	4.5	20.50 ^a	17.0 ^{cdefg}
DEORHO	1.25 ^b	1.8	4.00 ^{bede}	4.5	3.5	4.5	13.50 ^{abede}	15.3 ^{cdefg}
Amadeus 77 (T1)	1.00 ^b	1.0	3.25 ^{cde}	3.8	3.5	5.0	12.25 ^{bede}	12.5 ^{efgh}
DOR 390 (T2)	1.25 ^b	1.0	4.00 ^{bede}	4.0	2.5	2.0	14.5 ^{abede}	14.0 ^{cdefgh}
Promedio	1.2	1.1	3.9	4.1	4.9	3.8	13.0	16.0
CV (%)	34	36	32	28	53	60	42	37
DMS 0.05	0.30 ^{**}	0.28 ^{ns}	0.88 ^{**}	0.8 ^{ns}	1.85 ^{ns}	1.59 ^{ns}	3.78 ^{**}	4.14 ^{**}

**= Altamente significativo $P \leq 0.01$; CV= coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa. n.s.= No significativo; T1= Testigo 1; T2= Testigo 2; Medias seguidas de letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Correlaciones entre variables de los ensayos de campo y casa de malla. Para el tratamiento sin fertilización se encontró correlación directa significativa ($P \leq 0.05$) para las variables de Área Superficial-Longitud de raíz y altamente significativa ($P \leq 0.01$) para IC-Rendimiento, diámetro-área superficial de raíz, número de coronas-número de raíces basales, volumen- área superficial, volumen -diámetro de raíz. Para el tratamiento con fertilización se encontró correlación directa significativa ($P \leq 0.05$) para las variables de PSCS-IC, Volumen de Raíz-área superficial y altamente significativa ($P \leq 0.01$) para el número de coronas- número de raíces basales.

Cuadro 17. Coeficientes de correlación (r) significativos de las variables evaluadas en 24 líneas de frijol bajo el tratamiento sin fertilización en los ensayos de campo y de casa de malla. Zamorano, Honduras, 2016.

Variable	Rendimiento	Longitud de raíz	Área superficial	Número de raíces basales	Diámetro de raíz
Índice de Cosecha	0.826**				
Área superficial		0.468*			
Diámetro de raíz			0.789**		
Número de coronas				0.706**	
Volumen de raíz	0.069**		0.842**		0.822**

Grados de libertad = 23; ** Altamente significativo $P \leq 0.01$ ($r=0.505$); * Significativo $P \leq 0.05$ ($r=0.396$).

Cuadro 18. Coeficientes de correlación (r) significativas de las variables evaluadas en 24 líneas de frijol bajo el tratamiento con fertilización en los ensayos de campo y de casa de malla. Zamorano, Honduras, 2016.

Variable	Índice de cosecha	Número de raíces basales	Área superficial
Peso seco de cien semillas	0.449*		
Número de coronas		0.700**	
Volumen de raíz			0.497*

Grados de libertad = 23; ** Altamente significativo $P \leq 0.01$ ($r=0.505$); * Significativo $P \leq 0.05$ ($r=0.396$).

4. CONCLUSIONES

- En el ensayo en campo los genotipos tratados con fertilización presentaron un mayor rendimiento mostrando diferencias altamente significativas, debido que a mayores cantidades de nutrientes disponibles para su crecimiento y desarrollo. El genotipo SEQ 342-89 presentó los mejores rendimientos bajo este tratamiento con fertilización en el ensayo de campo.
- Los 22 mejores candidatos del ensayo BASE fueron seleccionadas usándose como criterio los índices de eficiencia fisiológica (IC, IPV, PSCS y rendimiento), para ser parte del ensayo de baja fertilidad bajo condiciones en casa de malla. En este ensayo, las plantas sometidas a condiciones de baja fertilidad presentaron un mayor desarrollo radicular.
- El genotipo SEQ 342-89 presentó el mayor peso de raíz bajo condiciones de baja fertilidad en el campo; y un mayor peso de raíces y menor peso de follaje en el ensayo en casa de malla: Lo anterior sugiere que bajo condiciones de baja fertilidad este genotipo invierte más en el crecimiento de las raíces en relación al follaje que otros genotipos, para poder adaptarse mejor a esta condición limitante en nutrientes.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar un ensayo en campo con los genotipos analizados en el ensayo en casa de malla, con el propósito de reevaluar cómo se expresan en campo bajo condiciones de baja fertilidad.
- En el ensayo de casa de malla utilizar cilindros de mayor diámetro para facilitar el desarrollo y no afectar el ángulo de crecimiento de las raíces.
- Se recomienda usar líneas comerciales mejoradas de frijol común tolerantes a diversos estreses al cultivar en suelos de baja fertilidad, aunque su tolerancia no se enfoque solo en baja fertilidad igual presentará rendimientos mayores a otras líneas no tolerantes.

6. LITERATURA CITADA

Beebe, S. E., Im Rao, Blair, M. W., & Acosta-Gallegos, J. A. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology*, 4. doi:10.3389/fphys.2013.00035

(IPNI) International Plant Nutrition Institute. 1999. Functions of Phosphorus in Plants. *Better Crops*, 83, 6–7. Retrieved from [https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/\\$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/\\$file/99-1p06.pdf](https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/$webindex/ECBABED567ABDCDD852568EF0063C9F4/$file/99-1p06.pdf)

Jaramillo J. D. F. 2002. *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín, Colombia.

Ohyama, T. 2010. Nitrogen as a major essential element of plants. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Takuji_Ohyama/publication/234135771_Nitrogen_as_a_major_essential_element_of_plants/links/0c96051ac0b614543a000000.pdf

Rao, Im. Miles, J. W., Beebe, S. E., & Horst, W. J. 2016. Root adaptations to soils with low fertility and aluminium toxicity. *Ann botany*. doi:10.1093/aob/mcw073

Rosas, J. C., Beaver, J. S., Beebe, S., & Viana, A. 2004. Nomenclatura de variedades de frijol común liberadas en Centro América y el Caribe. Retrieved from http://www.mag.go.cr/rev_mesos/v15n02_221.pdf

Rosas, J. C., Castro, A., & Flores, E. 2000. Mejoramiento genético del frijol rojo y negro mesoamericano para Centroamérica y El Caribe. *Agronomía Mesoamericana*, 11(2), 37–46. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5039931.pdf>

United States Department of Agriculture [USDA] 2007. *Statistix 8 User Guide for the Plant Material Programs*.

7. ANEXOS

Anexo 1. Solución libre de nitrógeno de Broughton y Dilworth (NifTAL)

Solución Stock 1: a 1.0 L de agua destilada agregar 294 g de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (cloruro de calcio dihidratado)

Solución Stock 2: a 1.0 l de agua destilada agregar 136 g de KH_2PO_4 (Fosfato de potasio dibásico)

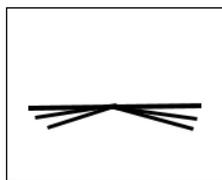
Solución Stock 3: a 1.0 L de agua destilada, agregar 6.7 g de citrato de hierro, 123 g de sulfato de magnesio heptahidratado ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 87 g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y 0.3 g de sulfato de manganeso hidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Mezclar bien todos estos ingredientes.

Solución Stock 4: a 1.0 l de agua destilada agregar 0.25 g de ácido bórico (H_3BO_3), 0.3 g de sulfato de zinc heptahidratado ($\text{ZnMoO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Mezclar bien todos estos ingredientes.

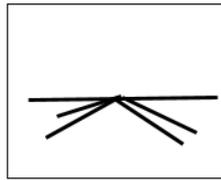
Para preparar 10 litros de solución nutritiva, tomar 5 ml de cada solución stock y agregar 1 L de agua destilada estéril. Ajustar el pH a un rango de 6.6-6.8, usando $\text{NaOH} \cdot 1\text{N}$.

Las cuatro soluciones stock, deben ser almacenadas en recipientes oscuros de 1 litro de capacidad para su uso continuo. Si se desea obtener tratamientos con nitrógeno, se añade KNO_3 al 0.05% a la solución, obteniendo una concentración de 70 ppm de N.

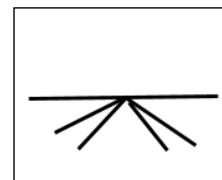
Anexo 2. Escala visual 1-9: 1 (0-18°), 3 (19-36°), 5 (37-54°), 7 (55-72°) y 9 (73-90°) para la evaluación del ángulo de las raíces basales.



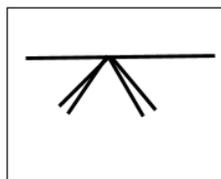
1



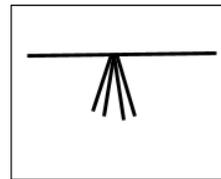
3



5



7



9