

Evaluación fenotípica de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a altas temperaturas

Katya Michelle Rivera Rodríguez

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Evaluación fenotípica de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) a altas temperaturas

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

Presentado por

Katya Michelle Rivera Rodríguez

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Evaluación fenotípica de líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de altas temperaturas

Katya Michelle Rivera Rodríguez

Resumen. El rendimiento promedio de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Honduras es bajo (<800 kg/ha) debido a factores de clima, fertilidad, plagas, enfermedades y escasos recursos económicos. La temperatura óptima para el cultivo del frijol es de 18 a 24 °C; sin embargo, algunas zonas productoras de frijol presentan temperaturas superiores al promedio. Adicionalmente, se pronostican incrementos de temperatura que afectarán al cultivo de frijol en Centro América y el Caribe para las próximas décadas. Una alternativa efectiva es el desarrollo de variedades con mayor tolerancia a altas temperaturas. El objetivo de este ensayo fue evaluar la tolerancia y productividad de líneas de frijol bajo condiciones de altas temperaturas. Se evaluaron 24 genotipos de frijol en las épocas de Primera (mayo) y Postrera (octubre) del 2016 en Nacaome, Honduras. La temperatura promedio máxima fue >36°C y mínima >22°C, estas consideradas no adecuadas para variedades tradicionales, sin embargo, facilitan los estudios de adaptación a este estrés abiótico. En la época de Primera las altas temperaturas afectaron el rendimiento, pero algunas líneas presentaron tolerancia. En la Postrera las temperaturas fueron inferiores y el comportamiento de varias líneas fue superior, sugiriendo una buena adaptación a las condiciones de temperatura de esta época. Cedrón, Beniquez y FBN 1211-66 mostraron rendimientos mayores a la media en ambas épocas de siembra.

Palabras clave: Adaptación, calor, genotipos, rendimiento, tolerancia.

Abstract The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) average yield is considered low in Honduras (<800 kg/ha), mostly due to climate, low soil fertility, pests, diseases, and scarce economic resources. The optimum temperature for bean production range is 18°C to 24°C; nevertheless, some production areas show average temperatures above this range. Additionally, increases in global temperatures are expected to affect bean production in Central America and the Caribbean in the next few decades. An effective alternative is the development of cultivars with greater heat tolerance. The objective was to evaluate the tolerance and productivity of common bean lines under high temperatures. Twenty-four genotypes were evaluated in Primera and Postrera seasons in 2016 at Nacaome, Honduras. The maximum temperatures of >36°C and minimum of >22°C, considered unsuitable for traditional cultivars but facilitate adaptation studies for this abiotic stress. In Primera season, high temperatures affected yield, however, a few lines were considered tolerant. In Postrera, temperatures were lower and the performance of several lines was superior, suggesting good adaptation to the temperatures of this season. Cedrón, Beniquez and FBN 1211-66 resulted in the highest yields in both seasons.

Key words: Adaptation, genotypes, heat, tolerance, yield.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15
7. ANEXOS.....	17

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Líneas de frijol común (<i>Phaseolus vulgaris</i> L) evaluadas en los ensayos de altas temperaturas conducidos en Nacaome. Valle, Honduras, 2016-17.....	4
2. Rendimiento (kg/ha), días a floración (DF), valor agronómico (VA, escala 1-9), peso seco de semillas (PSC, g/100), índice de partición de vainas (IPV) e índice de cosecha de líneas de frijol durante la época de Primera. Nacaome, Valle, 2016.....	8
3. Rendimiento (kg/ha), días a floración (DF), días a cosecha (DC), peso seco de semillas (PSC, g/100), índice de partición de vainas (IPV) e índice de cosecha (IC) en líneas de frijol evaluadas durante la época de Postrera. Nacaome, Valle, 2016.....	9
4. Separación de medias para las variables rendimiento, índice de partición de vainas, índice de cosecha y peso seco de semillas de 24 líneas de frijol durante la época de Primera. Nacaome, Valle, 2016.....	10
5. Separación de medias para las variables rendimiento, índice de partición de vainas (IPV), índice de cosecha (IC) y peso seco de semillas (g/100) de 24 líneas de frijol durante la época de Postrera. Nacaome, Valle, 2016..	11
Figuras	Página
1. Distribución de las unidades experimentales en el lote de la Escuela Luis Landa de Nacaome. Valle, Honduras, 2016.	3
2. Variaciones de la temperatura máxima (promedio: 39.3°C) y mínima (promedio: 23.3°C) durante la época de Primera. Nacaome, Honduras, 2016	6
3. Variaciones de la temperatura máxima (promedio: 37.9°) y mínima (promedio: 20.4°) durante la época de Postrera. Nacaome, Honduras, 2016.	7
4. Relación de los rendimientos de 24 líneas de frijol en las épocas de siembra de Primera y Postrera. Nacaome, Valle, 2016.....	12

Anexos	Página
1. Escenarios de aumento de temperatura máxima promedio mundial del Centro Nacional de los Estados Unidos para la Investigación atmosférica y la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad Británica.	17
2. Detalle de los productos, dosis y fechas de aplicación para el control de malezas, plagas y enfermedades en los ensayos en Nacaome. Honduras, 2016. ...	18

1. INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la principal fuente de proteína vegetal para la mayoría de la población rural y urbana de escasos recursos en Centro América y El Caribe. Es mayormente cultivado por pequeños agricultores ubicados en áreas de ladera y suelos marginales poco aptos para la agricultura, que carecen de suficientes recursos para la adquisición de semilla de calidad e insumos y bajo condiciones climáticas adversas. Los rendimientos promedios de frijol en Honduras varían de 635 a 756 kg·ha⁻¹, y son usualmente para subsistencia (Lardizabal et al. 2013). Estos sistemas de producción manejados con escasos recursos son afectados por las variaciones en temperatura y precipitación causadas por el cambio climático en las zonas de producción, causando reducciones en los rendimientos del cultivo (Rosas 2000; OXFAM 2009).

El rango de temperatura óptima para el cultivo del frijol es de 18 a 24 °C (Lardizabal et al. 2013). Estas temperaturas son usualmente prevalentes en zonas tropicales ubicadas de 400 a 1200 msnm. Sin embargo, las zonas tradicionalmente productoras de frijol en Honduras se encuentran en los departamentos de Choluteca, Comayagua, Copán, Cortés, El Paraíso, Francisco Morazán, Lempira, Olancho, Santa Bárbara y Yoro (SAG 2015). En Choluteca, la temperatura promedio anual es de 26 °C, con máximas y mínimas promedio de 33 °C y 20 °C, respectivamente. Las zonas bajas tropicales son las más afectadas por el incremento de las temperaturas; y uno de los principales obstáculos que estarán afrontando los pequeños agricultores a corto y mediano plazo. En general, el frijol presenta disminución en el tamaño y producción de semillas, descenso en la producción y viabilidad del polen, aumento de vigor de las partes vegetativas, caída de flores y vainas, y reducción del rendimiento de semillas en condiciones de altas temperaturas (Prasad et al. 2002; Rosas 2000).

En Centroamérica la producción de frijol se realiza en dos o tres épocas del año según el patrón de lluvias y temperatura de la región. Los dos ciclos tradicionales de producción son: “Primera”, la cual usualmente se inicia en el mes de mayo y “Postrera”, la cual da continuidad a la producción, luego de las siembras de maíz, en los meses de octubre y noviembre, dependiendo de las lluvias. La mayoría de la producción de frijol es concentrada en la temporada de postrera. Lardizabal et al. (2013), sostienen que los rendimientos promedios del frijol en Honduras pueden llegar a ser >2500 kg·ha⁻¹ con el uso de prácticas adecuadas de producción.

Sin embargo, el poco acceso a tecnología adecuada, escasos recursos económicos y efectos del cambio climático en las temperaturas de las regiones productoras han contribuido a la disminución de los rendimientos de este cultivo. Estas circunstancias impactan severamente en la calidad de vida de las familias involucradas con la actividad productiva de este cultivo (Altieri 2008). A pesar de que el aumento de la temperatura global está relacionado a un incremento de las concentraciones de CO₂ atmosférico, varios estudios sostienen que los efectos del aumento de las concentraciones de CO₂ no son percibidos por los cultivos, debido a los efectos de las altas temperaturas (Jiffon 2005; Thomas et al. 2009).

En países como República Dominicana y Haití los agricultores siembran en los meses de noviembre y diciembre en las montañas, una tendencia que va en aumento. Sin embargo, una alternativa a la movilización de áreas productivas es la selección de variedades resistentes a altas temperaturas. Beebe et al. (2013) sugieren que en los países de Centro América para el 2030, se estarían reduciendo del 12 al 68% de las áreas productoras de frijol si no se desarrollan variedades de frijol con mayor tolerancia a las altas temperaturas. Jiffon (2005), atribuye la reducción en rendimiento del frijol a altas temperaturas a una reducción de 42 a 72% de la asimilación a largo plazo de CO₂ por parte de la planta a temperatura de 35/21°C (día/noche), en comparación a 26/15 °C, a pesar de presentar un incremento en la producción de biomasa foliar.

Dada la necesidad de desarrollar variedades resistentes a altas temperaturas, con características deseables para el consumo en el mercado centro americano, el objetivo de este estudio fue evaluar la tolerancia y productividad de líneas de frijol bajo condiciones de altas temperaturas en zonas bajas de Centro América. Este estudio forma parte del Proyecto Frijoles Resilientes al Cambio Climático ejecutado en Honduras con el financiamiento de Feed the Future/USAID Washington y coordinado por Penn State University, e incluye líneas promisorias de frijol seleccionadas en ensayos previos conducidos bajo condiciones de altas temperaturas en la Escuela Agrícola Luis Landa de Nacaome, Valle, Honduras.

Cuadro 1. Líneas de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) evaluadas en los ensayos de altas temperaturas conducidos en Nacaome. Valle, Honduras, 2016-17.

No.	Línea	Procedencia
1	FBN 1211-66	ERSAT-15B
2	SJC 730-79	ERSAT-15B
3	MEN 934-68	ERSAT-15B
4	Beniquez	ERSAT-15B
5	MER 2212-28	ERSAT-15B
6	MHR 311-17	ERSAT-15B
7	INB 841	BASE 2015
8	PR 9920-141	BASE 2015
9	Indeterminate Jamaica Red	ERSAT-15B
10	SER 78	BASE 2015
11	Cedrón	BASE 2015
12	SB-DT1	ERSAT-15B
13	Cardenal	BASE 2015
14	ICTAZAM ML	BASE 2015
15	DEORHO	BASE 2015
16	Morales	BASE 2015
17	SB 781	BASE 2015
18	SB 793	BASE 2015
19	FBN 1210-48	BASE 2015
20	BIOF 2-106	ERSAT-15B
21	USMR 20	Testigo raza Durango
22	Amadeus 77	Testigo mesoamericano rojo
23	DOR 390	Testigo mesoamericano negro
24	Tep 22	Testigo frijol tepari (<i>P. acutifolius</i>)

Los genotipos de frijol fueron fertilizados con $130 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de fosfato di amónico (18-46-0) a la siembra y $65 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de urea a los 25 días después de la siembra (DDS). Las plantas recibieron riegos según los requerimientos del cultivo, y ajustados a la evapotranspiración local, siempre y cuando no se presentaran eventos de lluvia en el área experimental.

Variables evaluadas.

Se realizaron muestreos en las etapas de desarrollo de llenado de vainas y madurez de cosecha. En la etapa de llenado de vainas se muestrearon cinco plantas por parcela, las que fueron secadas en el horno a 70°C por 72 horas para determinar los pesos secos de follaje (PSF) y de vainas (PSV) con una balanza Seedburo® Grain Grading Scale. Se calculó el índice de partición de vainas (IPV) a partir de la relación $\text{IPV} = \text{PSV} / (\text{PSV} + \text{PSF})$ (Polania et al. 2010). El IPV determina la movilización de asimilados desde las reservas de la planta hacia la formación de vainas.

En la etapa de madurez de cosecha se muestrearon 10 plantas por parcela, se separaron y secaron las vainas y semillas para determinar el PSV y el peso seco de semillas (PSS) y se calculó el índice de cosecha (IC) a partir de la relación $\text{IC} = \text{PSS} / (\text{PSS} + \text{PSV})$ (Polania et al. 2010). El IC indica la movilización de carbohidratos y nutrimentos desde la pared de la vaina hacia la formación de grano. Adicionalmente, se estimaron los rendimientos de semilla por parcela y por hectárea (14% de humedad), y el peso seco de 100 semillas (estimado del tamaño de semilla).

Análisis estadístico.

Se realizaron análisis de varianza para identificar diferencias para las variables medidas. En los casos con diferencias significativas ($P < 0.05$), se procedió a separar las medias con el método de Diferencia Mínima Significativa de Fisher, utilizando el programa Statistix 9.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas promedio durante la época de Primera fueron de 31.3 °C, con una máxima promedio de 39.3 °C y una mínima promedio de 23.3°C (Figura 2). Durante la época de Postrera, la temperatura promedio fue de 29.2 °C, con una máxima promedio de 37.9 °C y una mínima promedio de 20.4 °C (Figura 3).

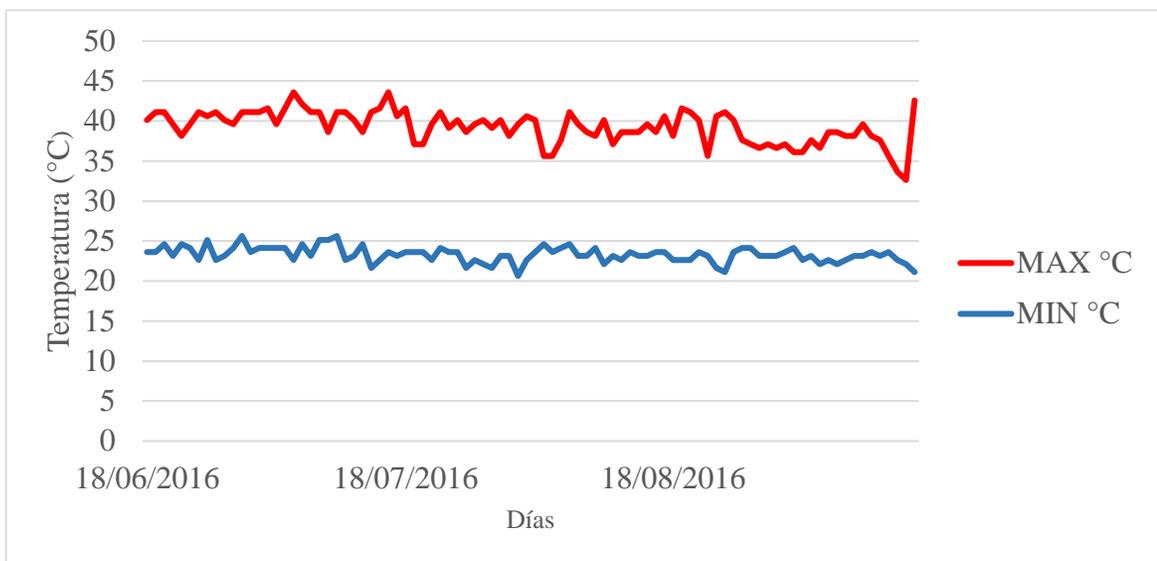


Figura 2. Variaciones de la temperatura máxima (promedio: 39.3°C) y mínima (promedio: 23.3°C) durante la época de Primera. Nacaome, Honduras, 2016.

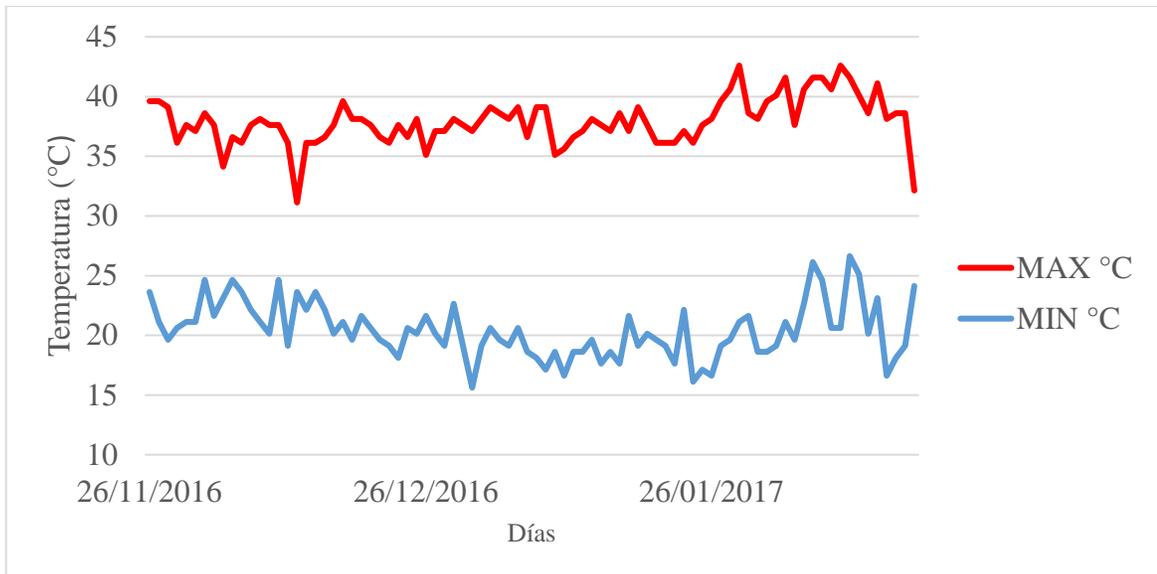


Figura 3. Variaciones de la temperatura máxima (promedio: 37.9°C) y mínima (promedio: 20.4°C) durante la época de Postrera. Nacaome, Honduras, 2016.

Durante la época de Postrera se presentaron temperaturas más bajas que en la época de Primera (Figura 2 y 3). Debido a los efectos de las altas temperaturas, el rendimiento promedio de la época de Primera ($479 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Cuadro 2) fue menor que en la Postrera ($1803 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (Cuadro 3). La época de Postrera resultó en 73% mayor rendimiento que en la Primera. Debido al efecto marcado de las épocas se procedió incluirlo en los análisis. Asimismo, el rendimiento promedio de Primera estuvo por debajo del estimado para Honduras, por las altas temperaturas presentes en Nacaome durante esta época. En esta localidad no se siembra este cultivo por las altas temperaturas, pero experimentalmente esta localidad resulta ser apropiada para estudios de tolerancia del frijol común a este estrés abiótico.

Cuadro 2. Rendimiento (kg/ha), días a floración (DF), valor agronómico (VA, escala 1-9), peso seco de semillas (PSC, g/100), índice de partición de vainas (IPV) e índice de cosecha (IC) de líneas de frijol durante la época de Primera. Nacaome, Valle, 2016.

Línea	kg/ha	DF	VA	PSCS	IPV	IC
TEP 22	1202	31.0	3.0	12.8	0.44	0.60
Cedrón	833	40.5	4.5	23.7	0.16	0.68
ICTAZAM ML	814	40.3	4.3	27.4	0.25	0.77
PR 9920-171	797	35.3	5.8	31.9	0.33	0.74
Beniquez	734	41.0	4.8	23.9	0.16	0.75
Amadeus 77	709	40.3	3.8	24.9	0.15	0.75
FBN 1211-66	658	39.8	5.8	22.1	0.23	0.72
MER 2212-28	607	40.5	5.0	25.4	0.15	0.74
SJC 730-79	581	41.3	5.3	21.1	0.26	0.65
FBN 1210-48	558	40.8	5.0	25.1	0.15	0.76
MEN 934-68	555	42.0	4.8	22.2	0.20	0.70
Cardenal	504	40.3	5.0	24.5	0.14	0.72
IJR	461	34.3	4.5	30.3	0.43	0.66
SB-DT1	439	41.0	5.8	21.0	0.15	0.63
DEORHO	431	40.0	4.5	26.6	0.10	0.72
DOR 390	404	41.3	4.8	20.4	0.11	0.82
SB 781	356	41.0	5.0	20.4	0.11	0.62
MHR 311-17	243	39.8	4.0	15.1	0.16	0.69
INB 841	199	32.5	6.3	24.1	0.21	0.67
Morales	184	42.0	6.5	24.5	0.02	0.66
BIOF 2-106	168	38.0	4.3	18.4	0.14	0.69
USMR 20	43	34.8	6.8	30.0	0.05	0.70
SER 78	0	39.5	6.5			
SB 793	0	40.8	6.3			
Promedio	478	39.1	5.1	23.4	0.18	0.70
CV (%)	37.8	3.2	26.3	11.5	52.1	9.2
Valor P	0.00**	0.00**	0.01*	0.00**	0.00**	0.06

Ns, *, ** No significativo al P<0.05 y P<0.01 respectivamente.

Cuadro 3. Rendimiento (kg/ha), días a floración (DF), días a cosecha (DC), peso seco de semillas (PSC, g/100), índice de partición de vainas (IPV) e índice de cosecha (IC) en líneas de frijol durante la época de postrera. Nacaome, Valle, 2016.

Línea	kg/ha	DF	DC	PSC	IPV	IC
FBN 1211-66	3084	33.8	75.8	21.8	0.46	0.76
BIOF 2-106	2805	34.3	75.8	21.4	0.28	0.70
Morales	2768	38.0	75.0	19.5	0.25	0.61
MHR 311-17	2390	34.3	76.5	20.7	0.36	0.74
Beniquez	2384	36.0	75.8	17.7	0.23	0.71
SER 78	2226	33.3	75.8	21.2	0.35	0.70
SB 793	2060	36.8	75.8	19.4	0.22	0.68
DEORHO	2045	35.5	75.8	21.5	0.34	0.76
Cedrón	2026	35.8	75.0	20.0	0.33	0.67
Cardenal	1821	34.8	76.5	22.0	0.29	0.71
MER 2212-28	1702	34.3	75.8	21.5	0.38	0.67
Amadeus 77	1616	35.5	77.3	22.6	0.39	0.69
SB-DT1	1613	35.3	76.5	19.2	0.29	0.74
FBN 1210-48	1607	35.0	76.5	20.6	0.26	0.72
MEN 934-68	1554	35.3	75.8	18.1	0.23	0.63
IJR	1532	34.0	77.3	28.2	0.49	0.68
USMR 20	1354	33.3	77.3	32.9	0.35	0.71
PR 9920-171	1350	34.3	78.0	30.7	0.52	0.70
SJC 730-79	1339	33.5	76.5	23.5	0.35	0.69
SB 781	1309	36.5	78.0	18.8	0.31	0.67
DOR 390	1262	35.8	75.0	18.7	0.15	0.69
TEP 22	1219	40.0	78.0	13.5	0.60	0.81
INB 841	1152	32.5	78.0	19.6	0.57	0.71
ICTAZAM ML	1066	35.0	78.0	21.6	0.44	0.73
Promedio	1803	35.1	76.5	21.4	0.35	0.70
CV (%)	23.1	11.6	1.5	10.9	17.7	7.10
Valor P	0.07ns	0.89ns	0.00**	0.00**	0.00**	0.01*

Ns, *, ** No significativo al $P < 0.05$ y $P < 0.01$ respectivamente.

Las líneas de frijol presentaron una diferencia significativa para las variables rendimiento, IPV, IC y PSCS en la época de Primera (Cuadro 4). La mayoría de las líneas presentaron rendimientos similares con un promedio de 544 kg·ha⁻¹, excepto las líneas USMR 20, SER 78 y SB 7893. Las líneas SER 78 y SB 7893 no tuvieron rendimiento alguno, posiblemente por el efecto de las altas temperaturas prevalentes en primera (Cuadro 4). La línea USMR 20, resultó en un IC e IPV similar a la mayoría de líneas, sin embargo, los rendimientos finales fueron menores que el resto de las líneas. En el caso de la USMR, dado que las variables de IC e IPV fueron similares a las demás líneas, es posible establecer la hipótesis de que el efecto de la temporada sobre la línea fue más prominente en términos de la producción de flores, polen y tolerancia al aborto floral. Una vez los frutos fueron cuajados, el comportamiento de la línea fue similar al resto, más aun, dado el número menor de vainas, el peso seco de semillas resultó significativamente superior a la mayoría de las líneas. Esto pudo estar relacionado a la menor producción de vainas y semillas, y al aumento del peso individual de semillas, dada la baja competencia por carbohidratos entre semillas, excluyendo a TEP 22 y MHR 311-1, los cuales resultaron en el menor PSCS.

Cuadro 4. Separación de medias para las variables rendimiento, índice de partición de vainas, índice de cosecha y peso seco de semillas de 24 líneas de frijol durante la época de Primera. Nacaome, Valle, 2016.

Genotipo	Rendimiento kg·ha ⁻¹		Índice de Partición de Vainas		Índice de Cosecha		PS Semillas (g/100)	
TEP 22	1202	A	0.44	A	0.60	A	12.8	F
Cedron	833	A	0.16	CDEF	0.68	A	23.7	BCD
ICTAZAM ML	814	A	0.25	ABCDE	0.77	A	27.4	ABC
PR 9920-171	797	A	0.33	ABC	0.74	A	31.9	A
Beniquez	734	A	0.16	CDEF	0.75	A	23.9	BCD
Amadeus 77	709	A	0.15	CDEF	0.75	A	24.9	ABC
FBN 1211-66	658	ABC	0.23	ABCDE	0.72	A	22.1	CDE
MER 2212-28	607	A	0.15	CDEF	0.74	A	25.4	ABC
SJC 730-79	581	ABC	0.26	ABCD	0.65	A	21.1	CDE
FBN 1210-48	558	A	0.15	CDEF	0.76	A	25.1	ABC
MEN 934-68	555	AB	0.20	BCDEF	0.70	A	22.2	CDE
Cardenal	504	ABC	0.14	CDEF	0.72	A	24.5	BC
IJR	461	ABC	0.43	AB	0.66	A	30.3	AB
SB-DT1	439	ABC	0.15	CDEF	0.63	A	21.0	CDE
DEORHO	431	ABC	0.10	CDEF	0.72	A	26.6	ABC
DOR 390	404	ABC	0.11	CDEF	0.82	A	20.4	CDE
SB 781	356	ABC	0.11	CDEF	0.62	A	20.4	CDE
MHR 311-17	243	ABC	0.16	CDEF	0.69	A	15.1	EF
INB 841	199	ABC	0.21	ABCDE	0.67	A	24.1	BCD
Morales	184	ABC	0.02	EF	0.66	A	24.5	BC
BIOF 2-106	168	ABC	0.14	CDEF	0.69	A	18.4	BCD
USMR 20	43	BC	0.05	DEF	0.70	A	30.0	AB
SER 78	0							
SB 793	0							
Promedio	478		0.18		0.70		23.4	
CV (%)	37.8		52.1		9.2		11.5	

Para la época de Postrera, no se encontró diferencia significativa entre las líneas para la variable rendimiento con un promedio de 1803 kg·ha⁻¹. Para el IPV, las líneas presentaron alta similitud, donde TEP 22 e INB 841 presentaron tendencias a mayor IPV, sin embargo, fueron estadísticamente similares a FBN 1211-66, IJR, e ICTAZAMML (Cuadro 5). A pesar de la diferenciación en el IPV, los rendimientos finales no se vieron afectados por las líneas. Para el IC, no se encontró diferencia entre las líneas con un promedio de 70% de movilización de asimilados desde la vaina a la semilla. Para el PSCS, similar a la temporada de Primera, TEP 22 resultó en uno de los PSCS más bajos en comparación con el resto de las líneas, basado en observaciones de campo, esto posiblemente está relacionado al alto número de semillas pequeñas producidas por la línea. El alto número de semillas, sumado al bajo peso de semilla individual, pudo causar la similitud de TEP 22 con el resto de las líneas, a pesar de su peso menor por semilla (Cuadro 5).

Cuadro 5. Separación de medias para las variables rendimiento, índice de partición de vainas (IPV), índice de cosecha (IC) y peso seco de semillas (g/100) de 24 líneas de frijol durante la época de Postrera. Nacaome, Valle, 2016.

Genotipo	Rendimiento kg·ha ⁻¹		Índice de Partición de Vainas		Índice de Cosecha		PS Semillas (g/100)	
FBN 1211-66	3084	A	0.46	ABCD	0.76	AB	21.8	ABC
BIOF 2-106	2805	A	0.28	EFG	0.70	AB	21.4	ABC
Morales	2768	A	0.25	FG	0.61	AB	19.5	ABCD
MHR 311-17	2390	A	0.36	BCDEF	0.74	AB	20.7	ABC
Beniquez	2384	A	0.23	FG	0.71	AB	17.7	CD
SER 78	2226	A	0.35	CDEF	0.70	AB	21.2	ABC
SB 793	2060	A	0.22	FG	0.68	AB	19.4	ABCD
DEORHO	2045	A	0.34	CDEF	0.76	AB	21.5	ABC
Cedrón	2026	A	0.33	CDEF	0.67	B	20.0	ABC
Cardenal	1821	A	0.29	EFG	0.71	AB	22.0	ABC
MER 2212-28	1702	A	0.38	BCDEF	0.67	AB	21.5	ABC
Amadeus 77	1616	A	0.39	BCDEF	0.69	AB	22.6	ABC
SB-DT1	1613	A	0.29	EFG	0.74	AB	19.2	ABCD
FBN 1210-48	1607	A	0.26	FG	0.72	AB	20.6	ABC
MEN 934-68	1554	A	0.23	FG	0.63	B	18.1	CD
IJR	1532	A	0.49	ABC	0.68	AB	28.2	AB
USMR 20	1354	A	0.35	CDEF	0.71	AB	32.9	ABC
PR 9920-171	1350	A	0.52	AB	0.70	AB	30.7	A
SJC 730-79	1339	A	0.35	CDEF	0.69	AB	23.5	ABC
SB 781	1309	A	0.31	DEFG	0.67	B	18.8	ABCD
DOR 390	1262	A	0.15	G	0.69	AB	18.7	BCD
TEP 22	1219	A	0.60	A	0.81	A	13.5	D
INB 841	1152	A	0.57	A	0.71	AB	19.6	ABCD
ICTAZAM ML	1066	A	0.44	ABCDE	0.73	AB	21.6	ABC
Promedio	1803		0.35		0.70		21.4	
CV (%)	23.1		17.8		7.1		12.5	

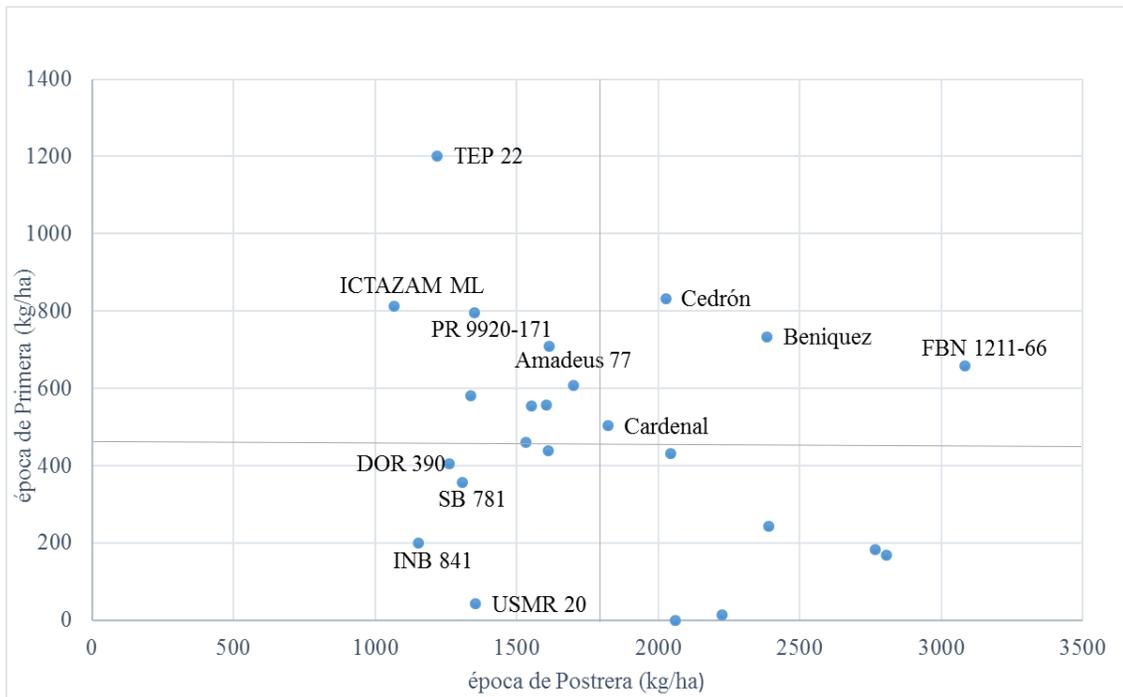


Figura 4. Relación de los rendimientos de 24 líneas de frijol en las épocas de siembra de Primera y Postrera. Nacaome, Valle, 2016.

4. CONCLUSIONES

- Los rendimientos de las líneas de frijol fueron afectados por las temperaturas altas registradas durante la época de Primera. Sin embargo, se observaron diferencias significativas y líneas con mayor tolerancia a este estrés abiótico incluyendo a la línea de frijol tepari TEP 22 que presentó el rendimiento más alto.
- Durante la época de Postrera las temperaturas fueron más moderadas, aunque estas fueron superiores al promedio de zonas bajas-intermedias donde se cultiva frijol en Honduras, observándose líneas con mayor adaptación y rendimiento a estas condiciones de temperaturas
- Los genotipos de frijol común Cedrón, Beniquez y FBN 1211-66 mostraron los mayores rendimientos en ambas épocas de siembra.

5. RECOMENDACIONES

- Continuar con la evaluación de nuevas líneas y accesiones de germoplasma de frijol bajo las condiciones de estrés de altas temperaturas que se presentan en la época de Primera en la localidad del estudio.
- Validar las líneas más sobresalientes del estudio en zonas productoras bajas (Sur de Honduras y áreas productoras de El Salvador y Nicaragua cercanas al Golfo de Fonseca) donde predominan temperaturas superiores al rango usualmente recomendado (18-24°C) para el cultivo del frijol.
- Validar la siembra en la época de Postrera tardía (Nov-Dic), en las que se presentan temperaturas inferiores en el Sur de Honduras y zonas similares que permiten una buena producción siempre y cuando se utilicen líneas tolerantes al calor.

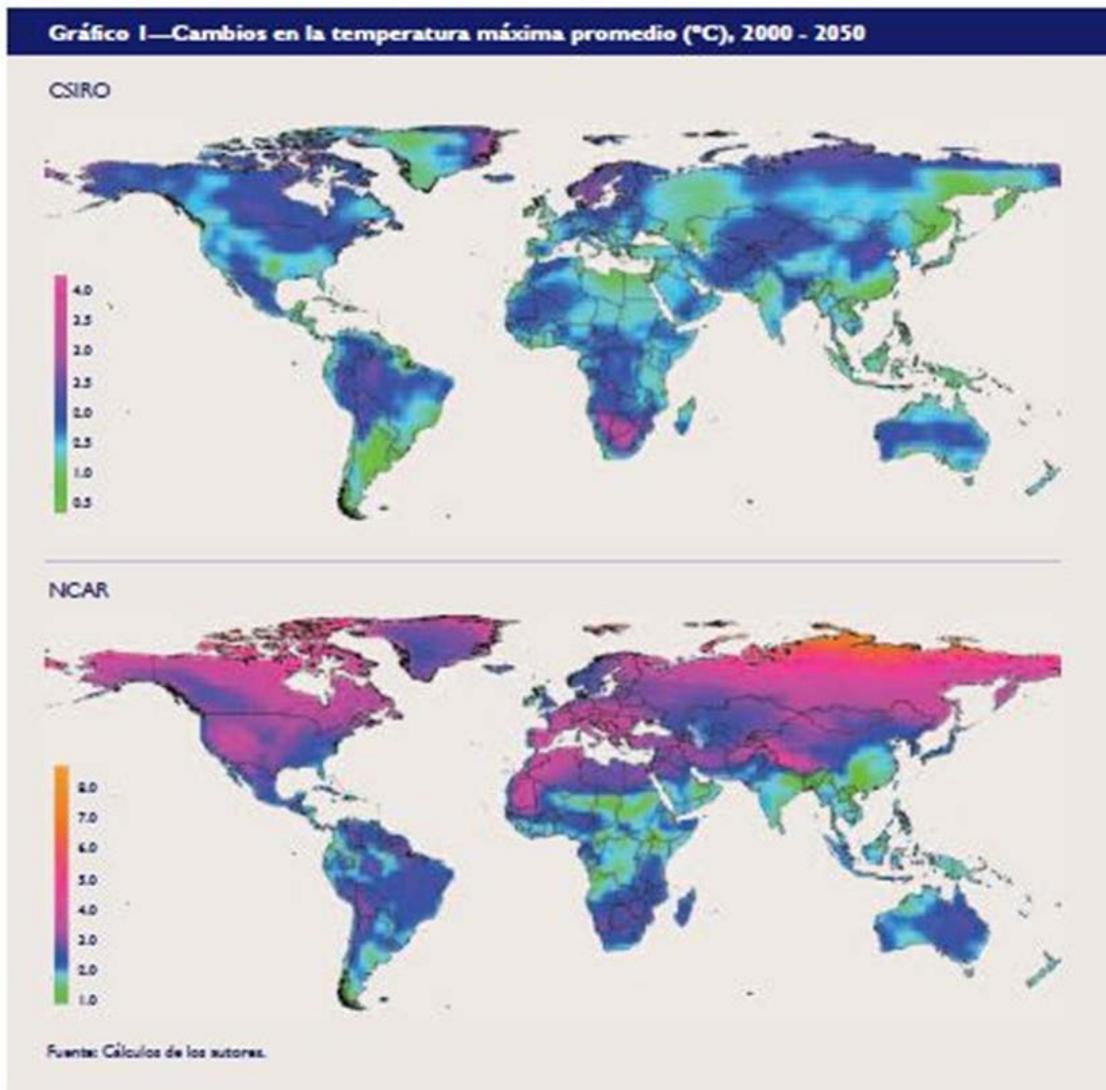
6. LITERATURA CITADA

- Altieri M. 2008. Los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas. [Internet]. Estados Unidos: University of California; [consultado 2017 sept 25]. <http://revistas.um.es/agroecologia/article/view/95471>.
- Beebe S, Rao I, Blair M, Acosta-Gallegos J. 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. [Internet]. 1–20. Estados Unidos: Frontiers in Physiology; [consultado 2017 sept 25] <http://doi.org/10.3389/fphys.2013.00035>.
- Consejo Agropecuario Centroamericano. 2013. Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica. [Internet]. Mexico: CEPAL; [consultado 2017 sept 25]. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/27171-impactos-potenciales-cambio-climatico-granos-basicos-centroamerica>
- Jifon JL. 2005. High temperature-induced sink limitation alters growth and photosynthetic acclimation to elevated CO₂ in bean (*phaseolus vulgaris* L.). JASHS 130(4):515-520.
- Lardizabal F, Arias S, y Segura R. 2013. Manual de producción de frijol. [Internet]. Estados Unidos: USAID. [Consultado: Oct 03, 2017]. <http://www.sag.gob.hn/dmsdocument/2956>.
- Montejo L y Pantigoso H. 2013. Optimización del protocolo para el marcador molecular de los alelos eIF4E del gen bc-3 de resistencia al virus del mosaico común necrótico en frijol. Tesis Ing. Agr. Valle del Yeguaré, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 20 p.
- Oxford Committee for Famine Relief. 2009. 135 Informe de Oxfam Internacional Cooperar con los agricultores vulnerables para la adaptación al cambio climático y la seguridad alimentaria. [Internet]. Reino Unido; Oxfam International; [consultado 2017 sept 25]. <file:///D:/PERFIL/Downloads/bp135-people-centred-resilience-161009-es.pdf>
- Polania J, Rivera M, Grajales M, Cajiao C, Beebe S y Rao I. 2010. Photosynthate remobilization to grain in common bean contributes to improved resistance to terminal drought stress. Póster en la semana del compartir el conocimiento, CIAT, Mayo, 2010

- Prasad P, Boote K, Allen L, y Thomas J. 2002. Effects of elevated temperature and carbon dioxide on seed-set and yield of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Global change biology*. 8(8): 710-721.
- Rosas JC, Castro A, Beaver J, Perez C, Morales A, y Lepiz R. 2000. Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común. *Agronomía Mesoamericana*. 11(1):1-10.
- Secretaría de Agricultura y Ganadería. 2015. Análisis de Coyuntura del Cultivo de Frijol en Honduras. [Internet]. Honduras; [consultado 2017 oct 03] desde: <file:///C:/Users/Emmanuel/Downloads/An%C3%A1lisis%20Coyuntura%20Cultivo%20de%20Frijol%20en%20Honduras.pdf>
- The International Food Policy Research Institute. 2009. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. [Internet]. Estados Unidos; [consultado 2017 sept 25]. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf
- Thomas J, Prasad P, Boote K, y Allen L. 2009. Seed composition, seedling emergence and early seedling vigour of red kidney bean seed produced at elevated temperature and carbon dioxide. *Journal of Agronomy and Crop Science* 195(2):148-156.

7. ANEXOS

Anexo 1. Escenarios de aumento de temperatura máxima promedio mundial del Centro Nacional de los Estados Unidos para la Investigación atmosférica y la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad Británica.



(IFPRI 2009)

Anexo 2. Detalle de los productos, dosis y fechas de aplicación para el control de malezas, plagas y enfermedades en los ensayos en Nacaome. Honduras, 2016.

Producto	Dosis/Litro	Fecha	Producto	Dosis/Litro	Fecha
Endosulfan	2 ml	19/02/2016	Endosulfan	2 cc	21/07/2016
Amistar	3.1 g	19/02/2016	Pronto	2 cc	21/07/2016
ENGEO	1 cc	04/03/2016	Roundup	6 g	21/07/2016
Amistar	4 cc	04/03/2016	Amistar	0.5 g	03/08/2016
Basagran	4.5 cc	10/03/2016	Karate	2.5 cc	03/08/2016
Basagran	7.5 cc	10/03/2016	Amistar	0.5 g	19/08/2016
Fusilade	3 cc	10/03/2016	Endosulfan	3.8 cc	19/08/2016
Fusilade	5 cc	10/03/2016	Roundup Max	6 g	19/08/2016
20-20-20	7.5 g	11/03/2016	ENGEO	2.5 cc	13/01/2017
Confidor		11/03/2016	Amistar	0.5 cc	13/01/2017
Estreptomicina	2 cc	11/03/2016	Gramoxone	7.5 cc	30/06/2017
Roundup Max	6 g	07/06/2016	Fusilade	3.5 cc	30/06/2017
Paraquat	5 ml	08/06/2016	Basagran	6 cc	30/06/2017
Amistar	0.5 g	01/07/2016	Monarca	3.8 cc	30/06/2017
Monarca	1.5 g	01/07/2016	Amistar	0.5 g	30/06/2017
Monarca	3 cc	08/07/2016	Monarca	2.5 g	14/07/2017
Ekmicina	9 cc	08/07/2016	Amistar	5 g	14/07/2017
Basagran	5 cc	15/07/2016	Basagran	6 cc	14/07/2017
Fusilade	3.5 cc	15/07/2016	Fusilade	3.5 cc	14/07/2017