



Artículo: COMEII-16056

## II CONGRESO NACIONAL DE RIEGO Y DRENAJE COMEII 2016

Chapingo, Edo. de México, del 08 al 10 de septiembre

### RIEGO COMPLEMENTARIO Y SU EFECTO SOBRE EL RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE AYOCOTE Y FRIJOL TREPADOR BAJO RÉGIMEN DE LLUVIA EN CLIMA TEMPLADO

José Alberto Salvador Escalante-Estrada<sup>1\*</sup>; María Teresa Rodríguez-González<sup>1</sup>;  
Mauricio de Jesús Escalante-Estrada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Postgrado en Botánica. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de Méx, México.56230. jasee@colpos.mx. (\*Autor para correspondencia).

<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac No. 8532, Col. Progreso, Jiutepec, Morelos, México. C.P. 62550. mescalan@tlaloc.imta.mx.

#### Resumen

El objetivo del presente estudio que se estableció durante la estación de lluvia, en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' O, 2250 m de altitud), de clima templado, en suelo arcilloso y pH de 7.8, fue determinar el efecto del riego complementario en la etapa reproductiva sobre la biomasa, rendimiento y los componentes morfológicos del rendimiento de Ayocote (tipo IV) y dos cultivares de frijol "Flor de mayo" (tipo IV) y "Negro" 150 (tipo III) con maíz como tutor. Los tratamientos consistieron en la siembra de los cultivares señalados, el 21 de junio del 2013, a densidad de 4.2 plantas m<sup>-2</sup> (80 x 30 cm) bajo dos niveles hídricos: solo con régimen de lluvia y régimen de lluvia con riego complementario en la etapa reproductiva. El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. Bajo condiciones de régimen de lluvia, el riego en la etapa reproductiva incrementó la biomasa, el número de vainas, granos y el rendimiento en grano en Ayocote, Flor de Mayo y Negro 150. Dichos incrementos son más altos en Ayocote, seguido de Flor de mayo y Negro 150. El Ayocote superó en producción de biomasa, número de vainas y granos, tamaño del grano y rendimiento en grano al frijol Flor de Mayo y Negro 150. El número de granos por vaina fue similar entre cultivares.

**Palabras clave:** *Phaseolus coccineus* L., *Phaseolus vulgaris* L., biomasa, índice de eficiencia relativa, hábitos de crecimiento.



## Introducción

La siembra de frijol de guía trepador es común para agricultores de pequeñas extensiones. Por lo general, dicho cultivo se siembra en combinación con otra especie de tallo rígido que le proporciona soporte, como el caso del maíz, en México. El rendimiento del frijol disminuye cuando se utiliza como espaldera viva el maíz, por la competencia generada por luz, agua y nutrimentos (Delgado *et al.*, 2012). Dicha reducción dependerá del cultivar de frijol utilizado (Escalante *et al.*, 2015a). El género *Phaseolus* incluye varias especies dentro de las cuales tenemos *Phaseolus vulgaris* L. conocido como frijol común y *P. coccineus* L. como Ayocote que por lo general se siembra por agricultores de pequeñas extensiones en regiones altas de clima templado. Bajo dicho agrosistema, el cultivo cuenta para su desarrollo, con la lluvia como único suministro de agua, lo que limita una mayor expresión del crecimiento y rendimiento del ayocote y frijol. Así, si el agricultor contara con la posibilidad de riego complementario, podría esperarse un mayor rendimiento bajo condiciones de régimen de lluvia. Algunos estudios han reportado un incremento en el rendimiento de frijol de hábito de crecimiento indeterminado Tipo III, con riego antes y en floración (Acosta *et al.*, 2009) y riego en floración y al inicio de llenado de vaina en frijol arbustivo de hábito determinado tipo I (Escalante *et al.*, 2015b). Los reportes sobre riego complementario en Ayocote y frijol trepador son limitados. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del riego complementario sobre la biomasa, rendimiento y los componentes morfológicos del rendimiento de Ayocote y dos cultivares de frijol Flor de mayo y Negro 150 con maíz como tutor bajo régimen de lluvia en clima templado.

## Materiales y métodos

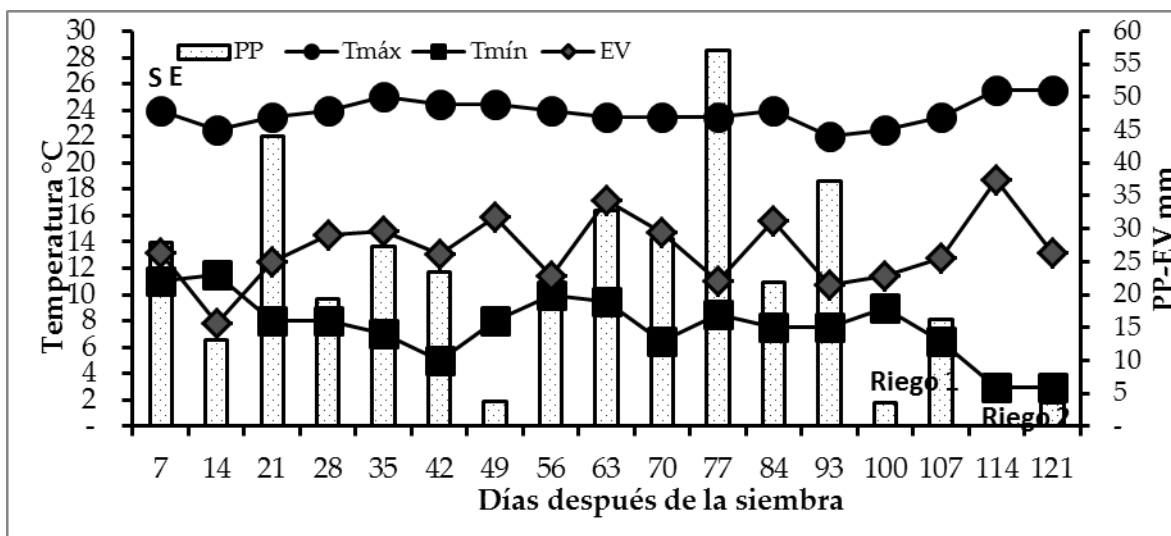
El estudio se estableció en Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 29' N, 98° 53' O, a 2250 m de altitud), con clima templado, lluvias en verano, temperatura media anual de 14.6 °C y 558.5 mm de precipitación (García, 2005), en un suelo arcilloso y con pH de 7.8. Los tratamientos consistieron en la siembra el 21 de junio del 2013 de los cultivares de frijol de grano (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito indeterminado trepador tipo IV Flor de Mayo X16441 (FM), Negro 150 (N150) tipo III (Rosales *et al.*, 2004), de grano de color claro y negro, respectivamente, y tipo IV Ayocote (*P. coccineus* L.) procedencia Juchitepec, de grano de color morado, a densidad de 4.2 plantas m<sup>-2</sup> (80 x 30 cm) bajo dos niveles hídricos (NH): solo con régimen de lluvia (T) y régimen de lluvia con riego complementario (R). El diseño experimental fue bloques al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela mayor fue el nivel hídrico y la menor, los cultivares de *Phaseolus*. Se utilizó como espaldera viva, el cultivar de maíz Azul. Se registraron los días después de la siembra (dds) a ocurrencia de fases fenológicas, la temperatura máxima (T<sub>máx</sub>), mínima (T<sub>mín</sub>), la precipitación pluvial (PP, mm) y la evaporación durante el desarrollo del cultivo. A la cosecha del frijol se cuantificó la biomasa total (materia seca g m<sup>-2</sup>, BT), el rendimiento en grano (gm<sup>-2</sup>, RG) a humedad de campo (8%), el índice de cosecha (IC= (RG/BT)\*100), el número de granos (NG), tamaño del grano (g, TG), número de vainas (NV), el número de

granos por vaina (GV) siguiendo el criterio presentado en Escalante y Kohashi (2015c). Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y a los tratamientos con diferencias significativas se les aplicó una prueba de comparación de medias (Tukey  $\alpha = 0.05$ ). Se calculó el índice de eficiencia relativa (IER) que toma en consideración el rendimiento bajo ambos niveles hídricos mediante la ecuación:  $IER = [(RGR/RGT) (RGPR/RGPT)]$  donde, RGR= rendimiento de grano en riego del i-ésimo cultivar; RGT= rendimiento de grano en régimen de lluvia o temporal del i-ésimo cultivar; RGPR= rendimiento promedio de grano de los cultivares en riego, y RGPT= rendimiento promedio de grano de los cultivares en temporal (Graham, 1984).

## Análisis y discusión de resultados

### Elementos del clima y fenología

La media de la  $T_{máx}$  y  $T_{mín}$  durante el desarrollo del cultivo fue de  $24\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la PP fue de 380 mm. La emergencia de los cultivares ocurrió a los 8 dds, Se observaron diferencias entre cultivares en los días a floración. Así, para Ayocote esta fue a los 42 dds, para N150 y FM a los 52 dds. La madurez fisiológica fue a los 128 dds en T y 8-10 días después con R para los cultivares en estudio. La baja temperatura ( $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y la baja PP (2 a 14 mm) que ocurrieron a partir de la tercera decena de octubre pudieron limitar la duración del ciclo de crecimiento y en consecuencia una mayor expresión del rendimiento en grano. Los riegos de cinco cm de lámina se aplicaron a los 96 y 100 dds cuando la PP fue más escasa y la evaporación (EV) alta (Figura 1).



**Figura 1.** Dinámica de los elementos del clima durante el desarrollo del cultivo de Ayocote y frijol Flor de mayo y Negro 150. Montecillo, Estado de México. México. Verano 2013.

### Biomasa e índice de cosecha

El ANDEVA para la biomasa (BT) mostró diferencias significativas debido a nivel hídrico (NH), cultivares (CV) y la interacción NH\*CV. Mientras que el índice de cosecha (IC) solamente presentó debido a CV (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Probabilidad de F para biomasa (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento en grano (RG) y sus componentes en frijol bajo régimen de lluvia y riego complementario. Montecillo, Estado de México. México. Verano 2013.

Tratamiento	BT (g m <sup>2</sup> )	IC (%)	RG (g m <sup>-2</sup> )	NG m <sup>-2</sup>	TG (m g)	NV m <sup>-2</sup>	GV
NH	**	NS	**	**	NS	**	NS
Cultivar	**	**	**	**	**	**	NS
NH*Cultivar	**	NS	**	**	NS	**	NS

\*\* F>0.01; NS= diferencias no significativas; NH = nivel hídrico.

En el Cuadro 2 que presenta el efecto de los factores principales, se observa que con riego complementario (R) la BT se incrementa en 66%. En contraste, el IC fue similar entre R y régimen de lluvia (T). El IC promedio fue de 50. Respuestas semejantes al riego complementario han sido reportados en frijol de hábito determinado por Escalante *et al.* (2015b) y para BT en frijol de hábito determinado tipo III por Acosta *et al.* (2009), con una respuesta diferente en el IC entre cultivares. Esto indica diferencias genotípicas en la respuesta al déficit de humedad en la distribución de materia seca hacia el grano en el caso de los tipos III. En este estudio, el IC similar entre cultivares tipo IV sugiere un incremento proporcional en BT y RG con R. Por otra parte, la BT de Ayocote superó a la de FM y N150 (Cuadro 2) y presentó mayor respuesta al riego (Figura 2). Esto indica un metabolismo más eficiente del Ayocote en el uso de éste recurso, posiblemente relacionado con mayor tamaño del dosel vegetal, lo que le permitió mayor interceptación de radiación solar que se transformó en materia seca (Escalante *et al.*, 2015a). En contraste, el IC de Ayocote fue más bajo que en FM y N (Cuadro 2).

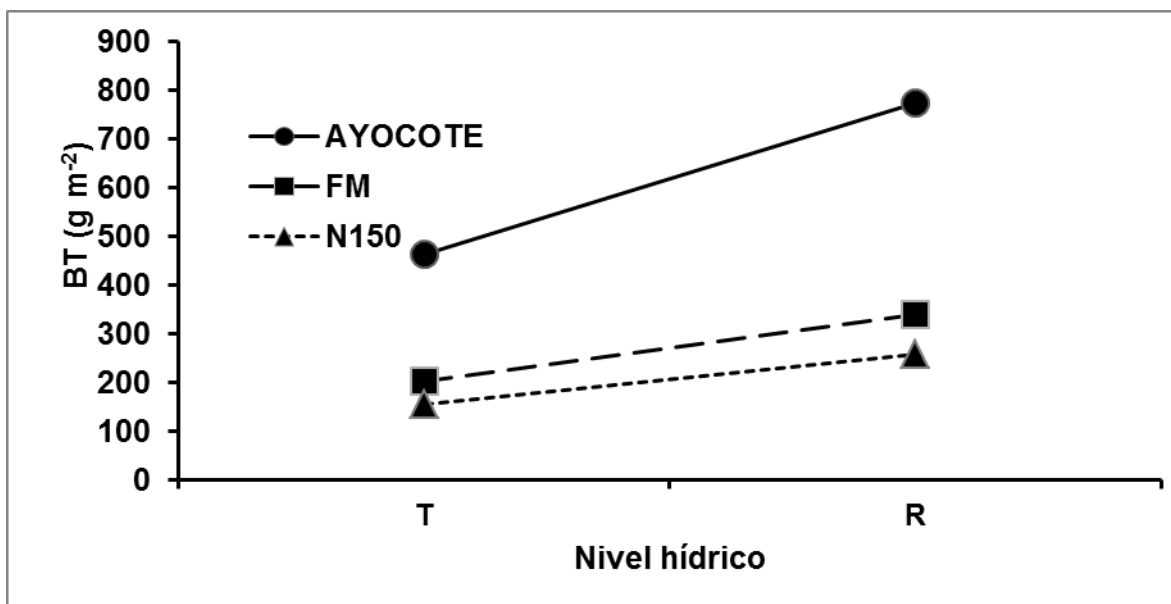
### Rendimiento, sus componentes y el índice de eficiencia relativa

El RG, NG y NV presentaron cambios significativos por efecto del NH, Cultivar y la interacción NH\*Cultivar. El TG solamente debido a Cultivares y GV fue similar entre tratamientos (Cuadro 1). En promedio, con R, el RG incrementó 67 %, a consecuencia de aumentos en el NG y NV, componentes con más alta relación con el RG ( $r=0.94$  y  $r=0.95$ , respectivamente, Cuadro 3). En cuanto a los cultivares, el Ayocote superó en RG, NG, NV y TG a FM y N150, y mostró mayor repuesta al riego, presentó mayor incremento en el RG (Figura 3), NG (Figura 4) y NV (Figura 5) que FM y N150. Así, el IER (un indicador de dicha respuesta) fue de 2.4, 0.67 y 0.41 para Ayocote, FM y N150, respectivamente.

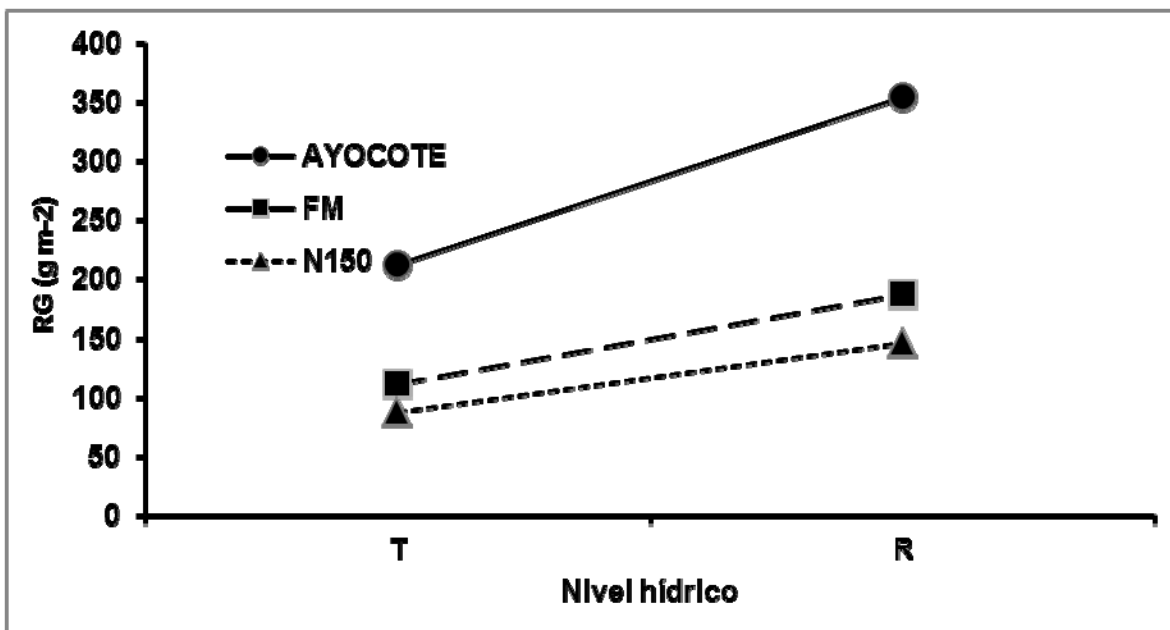
**Cuadro 2.** Biomasa ( $g\ m^{-2}$ , BT), índice de cosecha (% , IC), rendimiento en grano ( $g\ m^{-2}$ , RG) y sus componentes,) en Ayocote (*P.coccineus* L.) y (*P. vulgaris* L) FM y N150 cultivado bajo régimen de lluvia con riego complementario en clima templado. Factores principales. Montecillo Estado de México. México. Verano 2013.

Tratamiento		BT ( $g\ m^{-2}$ )	IC (%)	RG ( $g\ m^{-2}$ )	NG $m^{-2}$	TG (m g)	NV $m^{-2}$	GV
NH	R	458 a	50	229 a	528 a	418	194 a	2.7
	T	275 b	50	137 b	327 b	399	117 b	2.8
	Tukey 0.05	70	NS	40	210	NS	20	NS
Cultivar	Ayocote	619 a	45 b	283 a	537a	523 a	199 a	2.7
	FM	272 b	55 a	149 b	385 b	388 b	142 b	2.7
	N150	208 c	57 a	117 c	358 b	315 c	125 c	2.8
	Tukey 0.05	60	5	36	150	70	15	NS
Media general		366	52	183	427	409	155	2.7
CV %		14	13	17	15	12	7	16

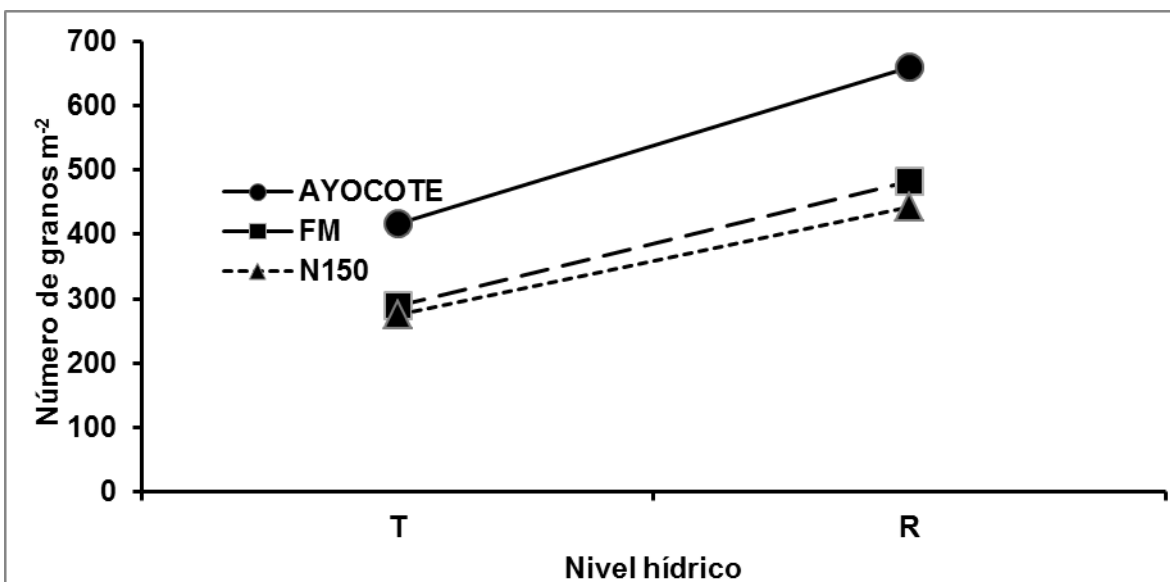
En columnas valores con letra similar son estadísticamente iguales (Tukey 0.05). CV%= coeficiente de variación. NH= nivel hídrico; T= régimen de lluvia; R= T + riego complementario; CV= coeficiente de variación.



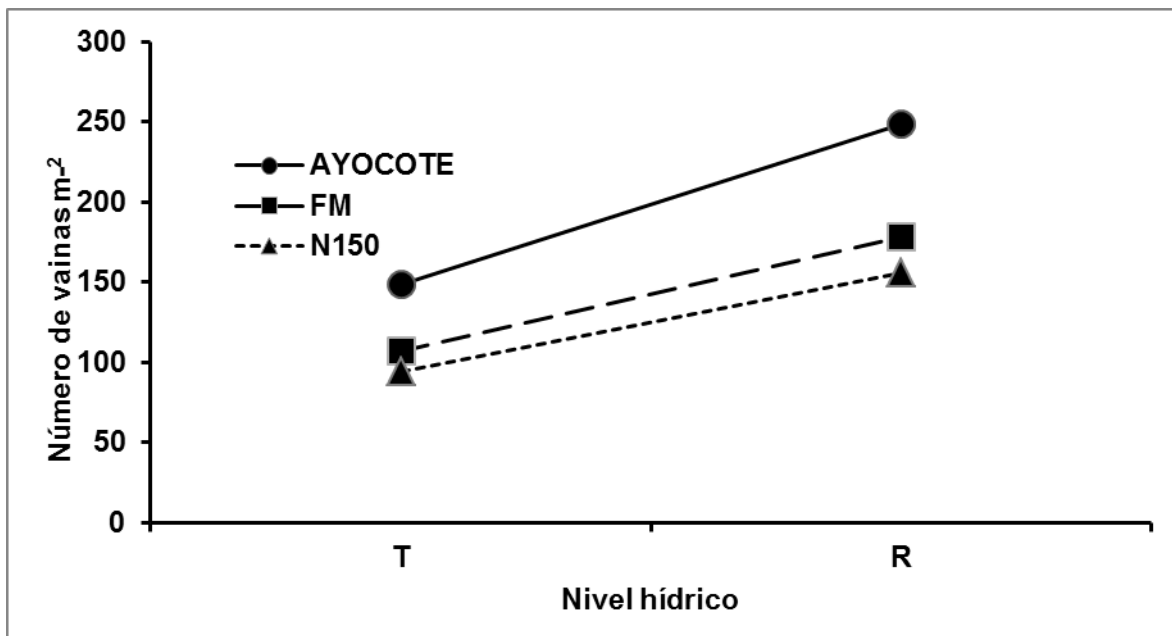
**Figura 2.** Biomasa total (BT) de Ayocote, Flor de mayo (FM) y Negro 150 (N150) en función del nivel hídrico. Montecillo Edo. de México. México. Verano 2013. T= sólo régimen de lluvia; R= T + riego complementario.



**Figura 3.** Rendimiento en grano (RG) de Ayocote, Flor de mayo (FM) y Negro 150 (N150) en función del nivel hídrico. Montecillo Edo. de México. México. Verano 2013. T= sólo régimen de lluvia; R= T + riego complementario.



**Figura 4.** Número de granos de Ayocote, Flor de mayo (FM) y Negro 150 (N150) en función del nivel hídrico. Montecillo Edo. de México. México. Verano 2013. T= sólo régimen de lluvia; R= T + riego complementario.



**Figura 5.** Número de vainas de Ayocote, Flor de mayo (FM) y Negro 150 (N150) en función del nivel hídrico. Montecillo Edo. de México. México. Verano 2013. T= sólo régimen de lluvia; R= T + riego complementario.

**Cuadro 3.** Coeficiente de correlación de Pearson (r) entre el rendimiento (RG) y sus componentes y la biomasa (BT) de cultivares de *Phaseolus*. Montecillo, Edo. de México. México. Verano 20013.

RG vs.	NG	TG	NV	GV	BT
r	0.94	0.85	0.95	-0.76	0.99
Prob.F	**	**	**	*	**

\*, \*\* P>0.05 y 0.01, respectivamente.

## Conclusiones

Bajo condiciones de régimen de lluvia la aplicación de riego en la etapa reproductiva incrementa la biomasa, el número de vainas, granos y el rendimiento en grano en Ayocote de procedencia Juchitepec, Flor de Mayo y Negro 150. Dichos incrementos son más altos en Ayocote, seguido de Flor de mayo y Negro 150 que presenta el más bajo incremento. El Ayocote superó en producción de biomasa, número de vainas y granos, tamaño del grano, rendimiento en grano e índice de eficiencia relativa a los cultivares de frijol común Flor de Mayo y Negro 150. El número de granos por vaina fue similar entre cultivares.

## Referencias bibliográficas

Acosta-Díaz E., J. A. Acosta-Gallegos, M.D. Amador-Ramírez y J.S. Padilla-Ramírez (2009). Efecto del riego suplementario en la producción de biomasa y grano de frijol de temporal en Zacatecas, México. *Agric. Téc. Méx.* 35 (2):157-167.



Delgado-Martínez, R.; Escalante- Estrada J. Alberto S. y Rodríguez-González M. T. (2012). Effect of maize shading on bean biomass, harvest index, yield and components. Ann. Rep. of Bean Imp. Coop. 55: 285-286.

Escalante-Estrada J.A.S, M.T. Rodríguez-González y Y.I. Escalante-Estrada. (2015a). Acumulación y distribución de materia seca en cultivares de maíz asociados con frijol en clima templado. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial No. 11: 139-143.

Escalante Estrada J.A., M.T. Rodríguez González y Y.I. Escalante Estrada. (2015b). Rendimiento, vainas con grano y eficiencia agronómica en frijol bajo régimen de lluvia, nitrógeno y riego suplementario. Ciencia y Tecnol. Agrop. México Vol. 3 (1): 14- 21.

Escalante Estrada J.A. y J. Kohashi Shibata. (2015c). El Rendimiento y Crecimiento del Frijol. Manual para toma de datos. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 84 páginas.

García, E. (2005). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.

Graham, R. D. (1984). Breeding for nutritional characteristics in cereals. Advances in Plant Nutrition. 1:57-102.

Rosales-Serna, R.; Acosta-Gallegos, J. A.; Muruaga-Martínez, J. S.; Hernández-Casillas, J. M.; Esquivel-Esquivel, G. y Pérez-Herrera, P. (2004). Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental Valle de México. 148 p. (Libro Técnico Núm. 6).