

PRODUCCIÓN DE FRIJOL EJOTERO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA

Ernesto Díaz-López^{1*}; José Alberto Salvador Escalante-Estrada¹;
María Teresa Rodríguez-González¹; Araceli Gaytán-Acuña².

¹Especialidad de Botánica, IRENAT. Colegio de Postgraduados.
km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México.

C. P. 56230. MÉXICO. Correo-e: lernesto@colpos.mx (*Autor responsable)

Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, IREGEP.

Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

Con el objetivo de conocer el efecto del tipo de espaldera sobre la producción de frijol ejotero, se sembraron en Montecillo, Estado de México, la variedad Hav-14 de frijol ejotero y el cv. Victoria de girasol a densidades de 6.2 plantas·m² para los unicultivos y 12.4 plantas·m² para la combinación frijol girasol, donde el girasol sirvió de tutor para el frijol ejotero y para los unicultivos se utilizaron cintas de madera como soporte, con una fertilización de 100-100-00 de NPK. Los tratamientos fueron: frijol ejotero en unicultivo (FU), frijol ejotero girasol sin corte (FGS), frijol ejotero girasol con corte (FGC) y girasol en unicultivo (GU). Las variables evaluadas fueron: rendimiento, índice de cosecha, longitud de ejote, área foliar e índice de área foliar. Los resultados indican, que la producción de frijol ejotero en unicultivo superó a los agrosistemas combinados frijol ejotero girasol sin corte y con corte en rendimiento, área foliar e índice de área foliar.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: agrosistema, evapotranspiración, unidades calor, productividad.

SNAP BEAN PRODUCTION, IN FUNCTION OF TRELLIS TYPE

ABSTRACT

In order to know the effect of trellis type on the production of snap bean, were sowing in Montecillo Mexico, the variety of Hav-14, of snap bean and the cv. Victoria of sunflower, plants at densities of 6.2 plants·m², for unicultivos and 12.4 plants·m² for the combination sunflower-snap bean. where sunflowers served how trellise for snap bean and to snap bean in unicultivos the trellises was of wood with a fertilizer of 100-100-00 NPK. The treatments was: snap beans in unicultivo (FU), snap bean with sunflower without cut (FGS), snap bean with sunflower cutting (FGC) and sunflower unicultivo (GU). Variables evaluated were: yield, Harvest index, length of snap bean, index leaf area, Leaf area. The results indicate that production of snap bean in unicultivo, super to agrosistem snap bean combined with sunflower without cut and cut to index leaf area, leaf area.

ADDITIONAL KEY WORDS: agrosistem, evapotranspiration, heat units, productivity.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es un cultivo de gran importancia para los pueblos latinoamericanos y México no es la excepción, ya que se puede consumir básicamente como semilla seca y en fruto fresco como ejote, donde aporta a la dieta humana vitaminas, aminoácidos, minerales y carbohidratos. Para la producción de ejote, el sistema de producción común es el unicultivo y se pueden emplear cultivares de tipo arbustivo o bien de hábito de crecimiento indeterminado, estos últimos tienen la aptitud de "trepar", para lo cual requieren de un soporte o espaldera donde se utilizan materiales de especies leñosas o semileñosas que requieren de mayor tiempo para su crecimiento que las es-

pecies anuales como el girasol (*Heliantus annus* L.), lo que ha llevado a la sobreutilización de dichas especies sin cuidar la regeneración de las mismas y el deterioro del ambiente.

Por esta razón, es necesario buscar alternativas de espaldera como la que aquí se hace referencia, sembrando frijol y utilizando al vástago de girasol como soporte. El girasol es un cultivo conocido a nivel mundial por la producción de aceite de sus semillas, pero en la actualidad está cobrando importancia como ornamental, debido a la belleza de su capítulo; sin embargo, al utilizar especies vegetales como espaldera viva, se genera una competencia entre el cultivo de interés y el que sirve de soporte, como lo han demostrado los estudios de asociación maíz-frijol

(Caviglia, 2009). En relación a los antecedentes sobre el estudio de frijol ejotero en espaldera no viva en la región de Montecillo-Chapingo, se tienen pocos registros. A este respecto, Escalante y Kohashi, reportados por Castañeda *et al.* (2006) y Gomes *et al.* (2000), al trabajar con frijol ejotero tipo japonés de hábito de crecimiento indeterminado trepador (tipo IV), a densidades de 1, 3, 5, 7 y 9 plantas·m⁻², en espaldera de carrizo (*Arundo donax* L.), no observaron diferencias significativas en el rendimiento, donde el máximo fue de 5.6 kg·m⁻². Así mismo, el frijol ejotero “Japonés” sembrado a una densidad de 4 plantas·m⁻², con 100-100-00 de NPK y una distancia entre hileras de 0.80 y 1.6 m, mostró un rendimiento de 1.0 y 1.25 kg·m⁻², cuando se sembraron en espaldera de carrizo tipo seto o “I” y de 0.87 y 1.35 kg·m⁻² en espaldera tipo “V” invertida, respectivamente y diferentes fechas de siembra, incrementando también la calidad de ejote (Salinas *et al.*, 2008). En la región de clima cálido y con un cultivar de frijol ejotero “criollo”, sembrado en espaldera tipo “I” a la densidad de cinco plantas·m⁻² y una separación entre surcos de 0.90 m, se obtuvo un rendimiento de ejote de 304 g·m⁻². En cuanto a los estudios de frijol ejotero, utilizando otras especies cultivadas anuales como soporte, son limitados. Así el objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad del uso del girasol (*Helianthus annuus* L.) como espaldera viva en la producción de frijol ejotero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en Montecillo, México (19° 29' N, 98° 54' O y una altitud de 2,250 m), con clima Bs₁ (el menos seco de los áridos), con temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación de 560.5mm (García, 1986). El suelo es de textura franca con un pH de 7.0, antes de la siembra al suelo se le adicionó 100-100-00 de NPK, utilizando como fuente de nitrógeno urea (46 % N) y superfosfato de calcio simple como fuente de fósforo (20 % P₂O₅). El frijol ejotero cv. Hav-14 de hábito de crecimiento indeterminado trepador (tipo IV) de predescendencia (G17723 x HAB229), con un grado de mejoramiento F7 y la variedad de girasol “Victoria” del banco de germoplasma de ecofisiología de cultivos de Colegio de Postgraduados, fueron sembrados el 26 de mayo del 2003, bajo los siguientes tratamientos: a) frijol ejotero en unicultivo (FU) utilizando cintas de madera de 2 m de altura como espaldera, separadas entre sí a 3 m, las cuales fueron unidas con alambre recocido y rafia para que el frijol pudiese trepar, orientadas de norte a sur, b) espaldera de girasol sin corte de la parte superior del vástago (FGS), c) espaldera de girasol con corte de la parte superior del vástago (FGC) y d) girasol en unicultivo (GU). La densidad de población fue de 6.2 plantas·m⁻² (20 x 20 cm), para los unicultivos y 12.4 plantas·m⁻² intercaladas para el agrosistema frijol-girasol, la distancia entre hileras fue 0.80 m. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental consistió de tres surcos de tres metros de longitud a una separación de 0.80 m, siendo la parcela útil el surco central con 15 plantas para frijol ejotero en

unicultivo y 30 plantas en las parcelas frijol-girasol (agrosistema). Se evaluaron etapas fenológicas, emergencia (V₁), cuando el 50 % de la población había emergido de la superficie del suelo, Antésis (R₅), cuando el 50 % de los racimos presentaba la corola visible, formación de vainas (R₇), cuando los frutos tenían una longitud superior a los 3 cm (Escalante y Kohashi, 1993). Para girasol se evaluó emergencia (Ve), cuando el 50 % de las plantas brotaron del suelo, (R₄), que corresponde a la etapa de corte de inflorescencias y se caracteriza porque las flores liguladas, son visibles desde la parte superior, por entre las brácteas del involucro y madurez fisiológica, evaluando el peso seco del grano cuando éste es constante, es decir alcanzó su máximo peso seco Schneiter y Miller, citados por De Caram *et al.* (2007); variables de crecimiento del cultivo como altura de planta (Alplan), medida en centímetros desde la base del tallo hasta la yema apical a los 80 dds; longitud de vaina (Lvai) en centímetros obteniendo el promedio de cuatro cortes de 75, 79, 83 y 87 dds, tomando como vainas aquellas que presentaban una longitud mayor a 3 cm; número de racimos por metro cuadrado (Nrac) a los 71 dds; área foliar (AF), la cual se determinó con ayuda de un integrador de área foliar modelo LICOR, Inc. Lincoln, NE) a los 28, 45 80 y 105 días después de la siembra (dds); número de hojas (Nhoj) por metro cuadrado; índice de área foliar (IAF), calculado mediante la siguiente ecuación:

$$IAF = \left(\frac{(AF)(DP)}{10000} \right)$$

donde: IAF= índice de área foliar, AF=área foliar, DP=densidad de población; rendimiento de ejote (RE) en g·m⁻² por corte y total (suma de los cortes del peso fresco de ejotes, de todos los cortes); otras variables medidas fueron: la eficiencia en el uso del agua (EUA), que es el cociente, entre la biomasa o rendimiento por unidad de área (m²), entre la evapotranspiración del cultivo (ETc), la cual se calculó a los 11, 71, 75 y 120 dds, mediante la ecuación ETc=(Ev)(Ke)(Kc), donde: Ev, es la suma decimal de la evaporación del tanque tipo “A”, datos recopilados de la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, Ke, es el coeficiente del evaporímetro (0.6) y Kc, es el coeficiente del cultivo (0.8) (Doorenbos y Pruitt, 1986). Así mismo la radiación interceptada (%), evaluada a 45, 80 y 105 dds, la cual se determinó por el método de Adams y Arkin, reportado por Morales *et al.* (2007), el cual consiste en medir con una regla de madera, los centímetros sombreados por el dosel vegetal y transformados a porcentaje, en relación a la distancia entre hileras de plantas. Los grados día de desarrollo (GDD) o unidades calor (UC), se determinaron por el método residual con la siguiente relación:

$$UC = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b$$

donde UC= unidades calor, $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$, son la temperatura máxima y mínima diaria, respectivamente, en °C y T_b como la temperatura base del cultivo, considerada como 10 °C para frijol (Morales *et al.*, 2006). A las variables medidas se les aplicó análisis de varianza y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones climáticas

La media decenal de la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$), así como la suma decenal de la precipitación (pp), durante el ciclo del cultivo en frijol ejotero, se presenta en la Figura 1. Se observa que la temperatura máxima fluctuó entre 30 y 35 °C, mientras que la mínima entre 5 y 10 °C y la precipitación máxima se presentó en la primera y tercera decena del mes de junio, la cual fluctuó entre 90 y 100 mm. La precipitación total durante el ciclo de cultivo (140 días) fue 577.6 mm, de los cuales 91.8 mm (15 %) ocurrieron de siembra a emergencia, de emergencia a inicio de floración (IF) 103.6 mm, que equivalen al 17 %, de inicio de floración a formación de vainas 58.8 mm (9 %) y el resto 56.3 %, ocurrieron después de esta etapa, hasta la madurez fisiológica.

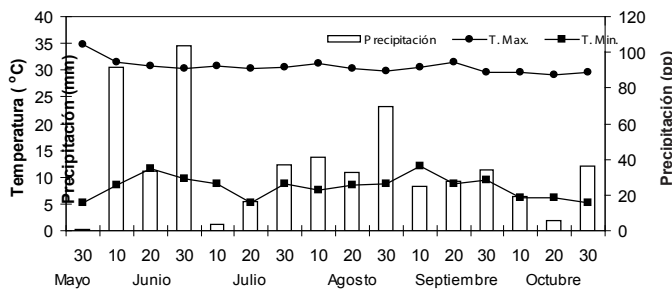


FIGURA 1. Promedio decenal de la temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), mínima ($T_{\text{mín}}$) y suma decenal de la precipitación en mm, para frijol ejotero cv. Hav-14, en Montecillo, Estado de México. Verano 2003.

Fenología

La fenología de ambos cultivos, tanto en siembra combinada como en unicultivo no fue afectada por los tratamientos. Así, para frijol ejotero la germinación se presentó a los seis días después de la siembra (dds), la emergencia (V_1) a los 11 dds, coincidiendo con la mayor precipitación durante el ciclo de cultivo, así mismo las etapas subsecuentes V_4 , coinciden de igual forma con la mayor precipitación durante el ciclo de cultivo. El inicio de la floración (R_5), fue a los 71 dds, la formación de vainas (R_7) a 75 dds, en cuya etapa se realizó el corte de ejote, considerando a éstos cuando tenían una longitud mayor a 5 cm. Para girasol, la emergencia (Ve) de plántulas se presentó a los 11 dds igual que en frijol, la etapa (R_4) aconteció a los 45 dds y la madurez fisiológica a los 120 dds.

Longitud de vaina (Lvai), altura de planta (Alplan) y número de racimos (Nrac)·m²

La altura de frijol ejotero (Alplan) a los 80 dds, no mostró diferencias significativas por efecto de los tratamientos, la altura media fue 154 cm (Cuadro 1), por otra parte el número de racimos·m², así como la longitud de vaina (Lvai), tuvieron un comportamiento similar a la altura de planta, ya que no presentaron diferencias significativas, esto se debe a que estas variables están determinadas genéticamente y sólo la altura se puede modificar por prácticas agronómicas (Engleman, 1991).

CUADRO 1. Componentes en frijol ejotero cv. Hav-14 en Montecillo, México. Verano 2003.

Sistema de producción	Lvai ¹ (cm)	Alplan (cm)	Nrac (m ²)
	dds		
	promedio 75, 79, 83y 87	80	71
FU	12.41 a ²	153.00 a	122.44 a
FGS	12.33 a	151.66 a	118.17 a
FGC	11.41 a	157.85 a	132.82 a
	ns	ns	ns
CV %	22	12	30

FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, Lvai, longitud de vaina, Alplan, altura de planta, Nrac, número de racimos. ¹, longitud promedio de cuatro cortes de una submuestras de cinco vainas. ² cifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Rendimiento de ejote (RE)

Respecto al rendimiento de ejote por corte, el máximo se presentó en el corte 1, para FGS, FGC y en el corte 2 para FU, (Cuadro 2). La posible causa de que el tratamiento FU, presentara el rendimiento total más alto, (1,031 g·m⁻²), se puede atribuir a la competencia interespecífica de insumos como: agua, luz y nutrientes del girasol sobre el frijol y por el sombreado del dosel vegetal del girasol (Caviglia, 2009). Respecto a los tratamientos FGS y FGC, presentaron un rendimiento que estadísticamente es igual, pero FGS produjo un rendimiento total de 325.91 y FGC 243.78 g·m⁻², respectivamente, esta diferencia se puede atribuir al efecto del corte del girasol, ya que al incrementarse la radiación sobre el frijol con corte, éste realizó una mayor fotosíntesis, alcanzando así su punto de fotosaturación después que el tratamiento donde no se realizó el corte (Cechin y De Fátima, 2004). Así en trabajos bajo esta tendencia, Kandel y Schneiter (2000), Zhang y Li (2003), Barrales (1997), Herrera *et al.* (2001) y Morales *et al.* (2009), reportan que en los sistemas de cultivos combinados o asociados, el rendimiento de las especies involucradas tiende a disminuir con respecto a los unicultivos.

En cuanto a rendimiento, Castañeda *et al.* (2006), evaluaron frijol ejotero en dos tipos de espaldera y llegaron a resultados que difieren de los reportados en el presente estudio, ellos evaluaron dos tipos de espaldera, espaldera tipo "V" invertida y tipo vertical, que presentaban diferen-

CUADRO 2. Rendimiento de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Hav-14 por corte y total en siembra combinada con girasol en Montecillo, México. Verano del 2003.

Sistema de producción	CI	CII	CIII	CIV	PROMEDIO (g·m ⁻²)	TOTAL (g·m ⁻²)
	dds	75	79	83	87	
	g·m ⁻²					
FU	257.78	389.73	276.35	107.27	257.78 a ²	1031.13 a
FGS	187.75	75.09	45.05	18.02	81.47 b	325.91 b
FGC	140.62	56.24	33.24	13.68	60.94 b	243.78 b
DMSH					52*	40*
CV %					24	18

FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, CV, coeficiente de variación, CI, CII, CIII, CIV, cortes 1,2,3,4 respectivamente. dds, días después de la siembra. ²cifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

cias en cuanto a la exposición del cultivo a la radiación incidente, ambos sistemas resultaron ser igualmente satisfactorios para rendimiento de ejote con 427 g·m⁻² para espaldera tipo "V" invertida y 478 g·m⁻² para espaldera tipo vertical.

Número de hojas (Nhoj)

En el Cuadro 3, que presenta la dinámica del número de hojas, solamente se encuentran diferencias significativas por efecto de los tratamientos a los 105 y 120 dds. Así el número máximo de hojas en FGC fue de: 137.8 hojas·m⁻², seguido de FU con 127.4 hojas·m⁻², mientras que el más bajo correspondió a FGS con 83.2 hojas·m⁻², esto repercutió de manera negativa para el tratamiento FGC, ya que aunque este tratamiento tuvo el mayor número de hojas, se esperaba que al haber una mayor actividad fotosintética, el rendimiento de ejote fuera mayor, pero no fue así, ya que en vez de estimularse el desarrollo de yemas florales se estimuló el crecimiento de yemas vegetativas, otra posible razón por la cual el tratamiento FGC tuvo un mayor número de hojas que el FGS, es el incremento en la radiación solar recibida

en el tratamiento FGC, debido al corte de la parte superior del vástago de girasol, el cual estimuló más el desarrollo de yemas vegetativas del frijol que en el tratamiento sin corte FGS (Taiz y Zeiger, 1998).

Área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF)

El área foliar por planta (AF), mostró una tendencia a incrementarse durante el desarrollo del cultivo, hasta alcanzar la máxima a los 105 dds excepto en FGC. En FU se encontró el AF más alta con 42.2 dm²·planta⁻¹, seguido de FGS con 40.4 dm²·planta⁻¹ y la más baja correspondió a FGC con 39.8 dm²·planta⁻¹ (Cuadro 4). El máximo valor para esta variable ocurrió a los 105 dds para FU y FGS con 42.24 y 40.41 dm² que resultaron ser estadísticamente iguales, mientras que para FGC ocurrió a los 80 dds con 40.29 dm²; tendencias similares se observaron en el índice de área foliar (Cuadro 5), esto puede deberse en gran medida, a que el máximo despliegue de área foliar, se haya presentado a esta fecha (105 dds), coincidiendo así con la mayor captación de la radiación solar, estos valores concuerdan con los reportados por Escalante y Kohashi

CUADRO 3. Dinámica del número de hojas trifolioladas·m⁻², a 28, 45, 80, 105 y 120 dds, en frijol ejotero cv. Hav-14, en Montecillo, México. Verano del 2003.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	dds				
	28	45	80	105	120
	hojas·m ⁻²				
FU	13.42 a ²	51.08 a	69.75 a	127.44 ab	43.10 a
FGS	14.44 a	47.63 a	68.20 a	83.17 b	22.3 b
FGC	15.50 a	46.03 a	65.10 a	137.82 a	20.6 b
DMSH	ns	ns	ns	50.3*	13.3*
CV %	18	23	20	26	30

FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, CV, coeficiente de variación, ²cifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

CUADRO 4. Dinámica del área foliar en decímetros cuadrados, (dm²) a 28, 45, 80 y 105 dds, en frijol ejotero cv. Hav-14 en Montecillo, México. Verano del 2003.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	dds			
	28	45	80	105
	dm ²			
FU	0.5608 a ²	20.814 a	37.289 a	42.24 a
FGS	0.5048 b	17.513 b	32.451 b	40.41 a
FGC	0.4164 c	15.947 b	40.299 a	39.82 a
DMSH	0.0268**	2.85*	4.79*	Ns
CV %	2	7.2	6	44

FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, CV, coeficiente de variación, IAF, índice de área foliar, ²cifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

(1995), quienes indican valores para índice de área foliar de 0.75, 1.0 a 38 y 45 dds en frijol cv. Cacahuete-72, bajo condiciones similares.

CUADRO 5. Índice de área foliar en frijol ejotero cv. Hav-14 en Montecillo, México. Verano 2003.

SISTEMA DE PRODUCCIÓN	dds			
	28	45	80	105
	IAF			
FU	0.034 a ^z	1.28 a	2.30 a	2.61 a
FGS	0.030 a	0.98 b	2.01 b	2.50 a
FGC	0.025 a	1.14 a	2.49 a	2.46 a
DMSH	0.0025	0.155*	0.29	ns
CV %	3.5	6.3	6.03	44

FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, CV, coeficiente de variación, IAF, índice de área foliar, ^zcifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

Evapotranspiración acumulada del cultivo (Etca)

La evapotranspiración acumulada (Etca) de frijol ejotero de siembra a madurez fisiológica fue de 238 mm, de los cuales 25 mm (10.5 %) se presentaron de siembra a emergencia (11dds), de emergencia a floración 142 mm (59.6 %), presentándose en este intervalo la mayor evapotranspiración del cultivo, lo cual coincidió con las máximas temperaturas registradas durante el ciclo del cultivo (Figura 1). De igual forma de floración a formación de vainas se evapotranspiraron 8.5 mm (3 %) y 62.4 mm (26.2 %) de formación de vainas a madurez fisiológica (Figura 2). En sistemas similares, Escalante *et al.*(2001), reportan una Etca de 214 mm en frijol variedad Michoacán 12-A-3, de tipo arbustivo y hábito indeterminado en la región de Iguala, Guerrero, cuyo valor es diferente al de este estudio debido, entre otras posibles causas a los cultivares empleados y a las condiciones climatológicas que imperan en las zonas de estudio. En otro estudio, Olalde *et al.* (2000) al trabajar con frijol en la zona de Iguala, reportan una ETca de 353 mm, aunque emplearon un arreglo topológico diferente, donde el ancho de hileras fue de 0.80 m y una separación

entre plantas de 20 cm, lo que propició que el cultivo tuviera una menor cobertura del suelo y así aumentase la ETca.

Eficiencia en el uso del agua (EUA)

La eficiencia en el uso del agua (EUA) en frijol ejotero, se presenta en el Cuadro 6, en el cual se indica que el frijol en unicultivo presentó la EUA más alta y estadísticamente significativa con 1.792 g·m⁻²·mm⁻¹, seguido por los tratamientos FGS y FGC con 0.368 y 0.327 g·m⁻²·mm⁻¹, que resultaron ser iguales. Estos valores bajos pueden explicarse por la competencia interespecífica del girasol sobre el frijol ejotero como se mencionó anteriormente, mientras que la mayor EUA en el tratamiento FU, es debido a la mayor biomasa seca incrementada por el rendimiento del ejote en este tratamiento.

CUADRO 6. Eficiencia en el uso del agua (EUA) de biomasa total, para rendimiento de ejote en frijol ejotero cv. Hav-14 en Montecillo, México. Verano del 2003.

Sistema de producción	Eficiencia en el uso del agua EUA g·m ⁻² ·mm ⁻¹
FU	1.792 a ^z
FGS	0.368 b ^z
FGC	0.327 b
DMSH	0.032*

^zBiomasa total, incluyendo materia seca de ejotes cortados a 80 dds. FU, frijol ejotero en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, FGC, frijol ejotero con girasol con corte, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, ^zcifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

Unidades calor (UC)

La producción obtenida de frijol ejotero cv. Hav-14 se logró con la acumulación de 1,319 UC para las condiciones climáticas existentes, éstas se distribuyeron de acuerdo a la fenología del cultivo de la siguiente forma: de siembra a emergencia 137 UC, emergencia a floración 712.2, de floración a formación de vainas 38.4 y de esta etapa a madurez fisiológica, se logró una acumulación de 431.3 UC (Figura 3). Los resultados anteriores concuerdan con los de Escalante *et al.* (2001), quienes al trabajar con frijol cuyo destino es el grano, en dos épocas de siembra, reportan un intervalo de 1,296 a 1,679 UC.

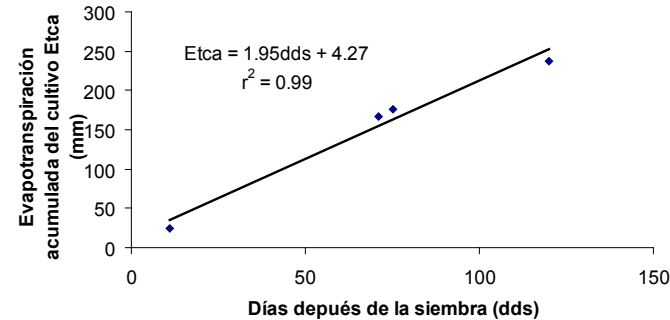


FIGURA 2. Evapotranspiración acumulada (Etca), en frijol ejotero cv. Hav-14 en siembra combinada con girasol ornamental en Montecillo, México. Verano del 2003.

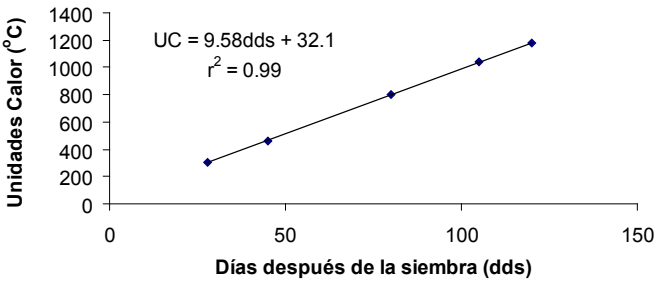


FIGURA 3. Unidades calor (UC), en frijol ejotero cv. Hav-14 en siembra combinada con girasol ornamental en Montecillo, México. Verano del 2003.

Radiación interceptada (RI)

En la Figura 4, que presenta la radiación interceptada (RI) por el dosel vegetal a los 45, 80 y 105 dds, se observa que el frijol ejotero con espaldera de girasol (FGS) y (FGC), lograron interceptar mayor radiación que el unicultivo (FU). Para los dos primeros la máxima radiación se logró a los 105 dds (100 %) y en FU sólo se alcanzó el 90 %. La mayor radiación del ejotero que utilizó al girasol como tutor, puede deberse al mayor tamaño del dosel por ambos cultivos es decir, que al haber mayor cobertura, se capta mayor radiación. Lo anterior sugiere que al utilizar al girasol como espaldera, la competencia por luz y otros insumos en ambas especies reduce el crecimiento de éstas así como el rendimiento agronómico, no obstante la reducción del rendimiento de ejote en la siembra combinada, este agrosistema de producción puede ser una alternativa para la producción de frijol ejotero de hábito indeterminado o trepador, debido a la reducción del costo ecológico al utilizar especies de crecimiento lento, y así tener una mayor productividad del agrosistema combinado, por la reducción en los costos de producción, además se puede adicionar el ingreso económico del girasol, ya sea por la venta de la semilla o de la inflorescencia, resultando así un mayor ingreso económico.

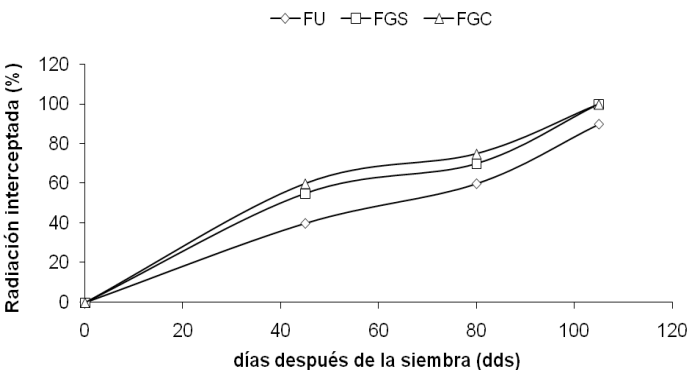


FIGURA 4. Radiación interceptada en frijol ejotero cv. Hav-14 en unicultivo y en espaldera viva de girasol en Montecillo, México. Verano 2003. FU, frijol en unicultivo, FGS, frijol girasol sin corte, FGC, frijol girasol con corte.

Rendimiento de semilla de girasol

El rendimiento de semilla de girasol, se puede observar en el Cuadro 7 y sólo se presenta para los tratamientos de girasol en unicultivo (GU) y frijol ejotero girasol sin corte (FGS), ya que el tratamiento FGC, no presentó rendimiento por efecto del corte de la parte superior del vástago de girasol. Así el rendimiento de semilla, presentó diferencias significativas, en las cuales el girasol en unicultivo GU, superó al girasol sin corte FGS, con 346.07 y 226.27 g·m⁻², respectivamente. En un experimento similar de asociación frijol-girasol, Morales *et al.* (2007), reportan un rendimiento de semilla de girasol en asociación de 269.8 g·m⁻², mientras que en unicultivo el rendimiento alcanzado fue de 350 g·m⁻² y mencionan la disminución del rendimiento de grano

en las asociaciones de las especies que se asocian, debido a los requerimientos nutrimentales diferentes de cada especie, lo que se puede convertir en una desventaja de los cultivos asociados, esto fue ratificado por González y De la Vega (2005), quienes llegaron a resultados similares, bajo esta tendencia. Salera y Baldini (1998), mencionan que el rendimiento de girasol en ambiente templado es de 360 g·m⁻², mientras que en ambiente cálido es de 390 g·m⁻² acercándose al valor reportado en el presente estudio y además mencionan que la cantidad de aceite oleico se incrementaba en ambiente cálido.

CUADRO 7. Rendimiento de semilla para los sistemas de producción girasol en unicultivo y girasol sin corte de la parte superior del vástago, en Montecillo México. Verano 2003.

Sistema de producción	Rendimiento g·m ⁻²
GU	346.07 a ^z
FGS	226.27 b
DMSH	17.8**
CV (%)	20

GU, girasol en unicultivo, FGS, frijol ejotero con girasol sin corte, DSH, diferencia significativa honesta, CV, coeficiente de variación, DMSH, diferencia mínima significativa honesta, ^zcifras con la misma letra dentro de cada columna, son iguales de acuerdo con la prueba de medias de Tukey a una P≤0.05.

CONCLUSIONES

En el agrosistema frijol-girasol, este último puede ser utilizado como tutor para la producción de frijol ejotero, aunque el rendimiento de éste disminuye en un 25 % respecto al manejo como relación unicultivo.

LITERATURA CITADA

BARRALES, J. S. 1997. La asociación maíz-frijol, como alternativa para agricultura con problemas de heladas. Agricultura mesoamericana 8(2): 121-126.

CASTAÑEDA, S. C., CÓRDOVA, T. L., GONZÁLEZ, H. V., DELGADO, A. A., SANTACRUZ, V. A. Y GRARCÍA DE LOS SANTOS, G. 2006. Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. Interciencia 31(6): 461-466.

CAVIGLIA, O. P. 2009. La contribución de los cultivos múltiples a la sustentabilidad de los sistemas agrícolas. Información Técnica Cultivos de Verano 115: 139-148.

CECHIN, I.; DE FÁTIMA, F. T. 2004. Effect of nitrógeno suplí on growth and photosynthesis of sunflower plants Brown in the greenhouse. Plant Science 166: 1379-1385.

DE CARAM, G. A., ANGELONI, P.; PRAUSE, J. 2007. Determinación de la curva de dilución de nitrógeno en diferentes fases fenológicas del girasol. Agricultura Técnica 67(2): 189-195.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. 1986. las necesidades de agua por los cultivos. Riego y drenaje. Manual 24. Food

- and Agricultural Organization. Rome, Italy. pp: 20-28.
- ENGLEMAN, E. M. 1991. Contribuciones al Conocimiento del frijol (*Phaseolus*) en México. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 140 pp.
- ESCALANTE, E. J. A.; ESCALANTE, E. L. E.; RODRÍGUEZ, G. T. 2001. Producción de frijol en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en un clima cálido. *Terra Latinoamericana* 19(1): 309-315.
- ESCALANTE, E. J. A.; KOHASHI, S. J. 1995. Best usage of natural resources and yield with high population in (*Phaseolus vulgaris* L.) under raised conditions. *Bean Improvement Cooperative* 38: 135-136.
- ESCALANTE, E. J. A.; KOHASHI, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento de frijol. Manual para la toma de datos. Centro de Botánica – Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- GARCÍA, E. 1986. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana), Instituto de geografía. UNAM. México, D. F.
- GOMES, A. A.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O.; PIMENTEL, C. 2000. Accumulation of biomass, physiological characteristics and yield of vean cultivars under irrigated and dry regimens. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 1927-1937.
- GONZÁLEZ, J. H.; DE LA VEGA, A. J. 2005. Caracterización de las respuestas relativas de híbridos de girasol en ensayos oficiales del centro y norte de Argentina. *RIA*. 34(2): 91-107.
- HERRERA, H. B.; DELGADO, A. A.; DÍAZ, R. R. 2001. Asociación maíz – frijol de guía bajo temporal en Cuauhtinchan, Puebla, México. *Agricultura Técnica en México* 27(2): 153-161.
- KANDEL, H. J.; SCHNEITER, A. A. 2000. Intercropping Legumes in sunflower to increase surface residue. *Crop and Weed Sciences Departament. North Dakota State University*. pp: 1-7.
- MORALES, R. E. J.; GARDUÑO, G. J.; GUADARRAMA, V. S.; ESCALANTE, E. J. A. 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 15(1): 33-39.
- MORALES, R. E. J.; ESCALANTE, E. J. A.; LÓPEZ, S. J. A. 2007. Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthus annuus* L.)-frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo. *Ciencia ergo sum*. 14(2): 177-183.
- MORALES, R. E. J.; ESCALANTE, E. J. A.; TIJERINA, CH. L.; VOLKE, H. V.; SOSA, M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol – frijol. *Terra latinoamericana* 24: 55-64.
- OLALDE, G. V.; ESCALANTE, E. J. A.; SÁNCHEZ, G. P.; TIJERINA, CH. L.; ENGLEMAN, C. M.; MASTACHE, L. A. 2000. Eficiencia en el uso del agua y del nitrógeno y rendimiento de girasol, en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. *Terra Latinoamericana* 18: 51-59.
- SALINAS, R. N.; ESCALANTE, E. J. A.; RODRÍGUEZ, G. T. 2008. Rendimiento y calidad nutricional de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) en fechas de siembra. *Revista Fitotécnica Mexicana* 31(3): 235-241.
- SALERA, E.; BALDINI, M. 1998. Performance of high an low oleic acid hybrids of sunflower under different environmental conditions. *Helia* 21(28):41-54.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. 1998. *Plant Physiology*. Sinauer. U. S. A. pp: 432-435.
- ZHANG, F.; LI, L. 2003. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient – use efficiency. *Plant and soil* 248: 305-312.