

USO EQUIVALENTE DE LA TIERRA EN LA COMBINACIÓN FRIJOL EJOTERO-GIRASOL EN TOLUCA, MÉXICO

LAND EQUIVALENT RATIO IN A SNAP BEAN-SUNFLOWER INTERCROPPING IN TOLUCA, MEXICO

Díaz-López, Ernesto^{1*}; Campos-Pastelín, Jesús Manuel¹; Morales-Ruíz,
Alejandro¹; Salgado-Benítez, Gustavo²; Castillo-Vilchis, Arturo²; Gil-Gil Hernán²

CIENCIAS AGRÍCOLAS INFORMA, 2012
21(2): 86-96

Recibido: 28 de marzo de 2012

Aceptado: 18 de junio de 2012

RESUMEN

Con objeto de conocer el efecto del girasol (*Heliantus annuus* L.) cuando este se utiliza como espaldera para la producción de ejote, se sembraron durante el verano del 2009 en el Cerrillo Piedras Blancas, México el cultivar Hav-14 de frijol ejotero (*Phaseolus vulgaris* L.) y cv. Victoria para girasol a una densidad de 6,2 plantas/metro cuadrado para monocultivos y 12,4 plantas/metro cuadrado para los agrosistemas frijol – girasol, donde se evaluó rendimiento, número de ejotes por corte, área foliar, índice de área foliar, biomasa, eficiencia en el uso de la radiación, integral térmica y uso equivalente de la tierra, bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican que los monocultivos de las especies en cuestión, no superaron al agrosistema frijol – girasol, además el

análisis económico sugiere que el costo ecológico de la siembra de frijol en espaldera tradicional, es más alto que cuando se siembra en asociación con girasol.

Palabras clave: agrosistema, crecimiento, competencia interespecifica, radiación solar.

SUMMARY

In order to know the effect of sunflower (*Heliantus annuus* L.) when it is used as a trellis for the production of snap bean, during the summer 2009 at the Cerrillo Piedras Blancas, Mexico it was sowing the cultivar Hav-14 of snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cv. Victoria of sunflower at a density of 6.2 plants/square meter for one crop and 12.4 plants/square meter for the agrosystem snap bean – sunflower. It was evaluated

¹Instituto de Farmacobiología, Universidad de la Cañada. Carretera Teotitlán-San Antonio Nanahuatipam Km. 1.7, paraje Titlacuatitlan, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México. ²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario El Cerrillo. Toluca, México. *Autor para correspondencia: lernesto@colpos.mx.

yield, number of snap beans per cut, leaf area, leaf area index, biomass, radiation use efficiency, integral thermal and land equivalent ratio, under a complete randomized block-design with four replications. The results indicate that solecropped species did not surpass the agrosystem snap bean – sunflower, moreover the economic analysis suggests that the environmental cost of planting beans in traditional trellis is higher than when planted in association with sunflower.

Key words: agrosystem, interspecific competition, growth, solar radiation.

INTRODUCCIÓN

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es considerado como básico en la alimentación de los pueblos latinoamericanos, este se puede consumir en seco como semilla y en forma de verdura, tal es el caso del ejote (Díaz *et al.*, 2010). Por su parte, el girasol (*Heliantus annuus* L.) es considerado un cultivo oleaginoso, ya que de sus aquenios se puede extraer aceite, aunque en la actualidad es utilizado como ornamental e incluso como forraje por el gran porte que le transfiere su tallo; por este motivo ha sido utilizado como espaldera viva en asociación con frijol para semilla o para verdura como ejote (Kandel y Scheneiter, 2000). Por otro lado, a la siembra de dos o más cultivos en una misma superficie se le conoce como asociación o combinación de cultivos, pero estos últimos involucrados en la asociación compiten entre sí. A este respecto, Francis (1986) reporta que las plantas pertenecientes a un mismo cultivo compiten entre sí por luz, agua y nutrientes, proceso denominado competencia intraespecífica, y una manera de estudiar el efecto de la competencia por luz es analizando la acumulación de biomasa seca con respecto al tiempo, así como la eficiencia en el uso de la radiación (Muchow *et al.*, 1993). Esta luz es interceptada por el cultivo o los cultivos asociados y está relacionada directamente con el área foliar e influye de manera significativa en el rendimiento del cultivo (Willcot

et al., 1984). Con respecto a trabajos realizados en espaldera tradicional para la producción de frijol ejotero, Escalante y Kohashi (1997) trabajaron con frijol ejotero de hábito de crecimiento indeterminado cv. Japonés utilizando cañas de *Arundo donax* L. como espalderas artificiales tipo vertical y tipo V invertida, encontrando que el rendimiento de ejote en espalderas verticales fue de 1,04 kg m⁻² y 0,87 kg m⁻² en espaldera tipo V invertida y concluyen que ambos sistemas de producción son igualmente satisfactorios, no encontrando así diferencias significativas en los sistemas estudiados. Respecto al uso equivalente de la tierra, es una herramienta útil para el estudio y evaluación de los sistemas de cultivos asociados y permite ver que tan rentable puede ser una asociación con respecto al monocultivo; así, Morales *et al.* (2005) reportan valores en la asociación frijol – girasol para la producción de grano respecto al uso equivalente de la tierra de 1,6, 1,9 y 3,0 en las asociaciones Victoria + Canario 107, Victoria + Michoacán + Bayomex, respectivamente, y concluyeron que las asociaciones muestran una ventaja en el rendimiento de 60, 90 y 200% respecto a los monocultivos. Por otra parte, la siembra de frijol ejotero con girasol no es muy común y se tienen pocas referencias al respecto; empleando esta última especie con fines de espaldera viva no sólo se minimizan los costos de producción, además se reduce el costo ecológico al no cortar especies cuyo crecimiento es lento, tal es el caso de las coníferas. De este modo se pueden utilizar especies con un ciclo de crecimiento similar al del frijol ejotero. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de frijol ejotero cuando se realiza corte de la inflorescencia de girasol, en relación a la de frijol donde no se realiza el corte de capítulo de girasol, así como determinar el uso equivalente de la tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Cerrillo Piedras Blancas, México a 19° 24' latitud norte y 99°

54' longitud oeste y 2600 msnm, durante el ciclo primavera – verano 2009 bajo condiciones de punta de riego, en un clima Cw_{1eg} que corresponde a un clima templado con una precipitación de 750 a 1200 mm con una temperatura media menor a 18°C, y una oscilación de la temperatura de 7 a 14 °C y el mes más cálido antes del solsticio de verano que para la zona corresponde a mayo (García, 2005). Con el fin de conocer las condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo se registraron las temperaturas máximas y mínimas diarias (promedio decenal), precipitación pluvial (suma decenal), los registros antes mencionados fueron proporcionados por la estación meteorológica automatizada de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM. El tipo de suelo fue un vertisol en proceso de formación con un pH de 6,6 la fertilización utilizada fue 100-100-00 de NPK, utilizando como fuente de nitrógeno urea (46% N) y superfosfato de calcio simple como fuente de fósforo (20% P_2O_5). El material genético de frijol ejotero fue cv. Hav-14 de hábito de crecimiento indeterminado; mientras que en girasol se empleó el cv. Victoria, los cuales fueron sembrados el 16 de abril de 2009, bajo una densidad de 6,2 plantas/metro cuadrado para los unicultivos y 12,4 plantas/metro cuadrado para las combinaciones frijol – girasol. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, consistiendo de 12 unidades experimentales de 9 m² y conformadas por tres surcos de 3 m de largo, el arreglo topológico fue 0,20 x 0,20 x 0,80 m para ambos cultivares. Los tratamientos fueron cuatro: frijol ejotero con girasol sin corte (FGS), frijol ejotero con girasol con corte (FGC), girasol en unicultivo (GU) y frijol ejotero en unicultivo (FU). El corte de la parte superior de girasol fue de 45 cm de tallo, el cual se realizó a los 60 días después de la siembra (dds) en la etapa fenológica de R4, que es cuando las flores liguladas del capítulo se ven claramente. Para los unicultivos de frijol ejotero fue necesario colocar espalderas artificiales, las cuales se elaboraron de cintas de madera de 2 m de altura y con una separación de 3 m entre ellas, orientadas de norte a sur (N – S), las cuales fueron unidas con

alambre recocido y a su vez unidas con rafia. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de ejote (RE), el cual se determinó pesando las vainas de frijol cuando estas tenían una longitud superior a los 3 cm con ayuda de una balanza analítica y expresándolo en g m⁻²; rendimiento de girasol (G), determinado a madurez fisiológica, pesando los aquenios del capítulo con ayuda de una balanza analítica y expresándolo en g m⁻²; número de ejotes (NE) contando el número de vainas por planta, cuando tenían una longitud superior a los 3 cm; longitud de vaina (LV) midiendo cada una de las vainas con una cinta métrica desde la base del fruto hasta la parte apical; número de hojas (NH) contando el número de hojas compuestas; área foliar (AF) medida con ayuda de un integrador de área foliar modelo Li-3000 considerando como área foliar aquellas láminas verdes y expresando el resultado en cm²; índice de área foliar (IAF) calculado mediante la fórmula
$$IAF = \left(\frac{AF \times DP}{10000} \right)$$
 donde: AF es el área foliar

en cm², DP es la densidad de población en plantas/metro cuadrado (Escalante y Kohashi, 1993); biomasa (B) que es la materia seca en g m⁻² para ambos genotipos, que fue la resultante de la materia seca de hojas, tallos, vainas y capítulos según sea el caso, para ello se sometieron dichas estructuras a secado en una estufa de aire forzado a 70°C hasta alcanzar el peso constante; eficiencia en el uso de la radiación (EUR) se obtuvo al dividir los valores obtenidos de biomasa total producida por el cultivo entre la radiación fotosintéticamente activa (RFA) de todo el ciclo, por medio de la siguiente relación: EUR=biomasa/RFA para biomasa, para rendimiento EUR= Rendimiento/RFA cuyas unidades fueron g MJ⁻¹ m⁻² d⁻¹, para la RFA se utilizaron los datos de radiación global (RG) y se multiplicaron por 0,50 que es la cantidad de radiación global que utiliza la planta para realizar su proceso de autotrofia (Morales et al., 2006); la integral térmica (IT), también denominada grados día de desarrollo, se determinó con la siguiente ecuación
$$IT = \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_b$$
 (Snyder, 1985) donde: T_{máx}

y T_{min} son las temperaturas máxima y mínimas diarias respectivamente, T_b es la temperatura base del cultivo que para frijol es 10 °C y 6 °C para girasol; y el uso equivalente de la tierra (UET) se determinó con los datos de rendimiento de los cultivos asociados así como de sus unicultivos y aplicando la siguiente fórmula: $UET = \left(\frac{RFA}{RFU} \right) + \left(\frac{RGA}{RGU} \right)$ donde: RFA es el rendimiento de frijol en la asociación, RFU es el rendimiento de frijol en unicultivo, RGA es el rendimiento de girasol asociado y FGU es el rendimiento de girasol en unicultivo (Francis, 1986), de las especies en cuestión se realizó un análisis económico, para analizar la rentabilidad de los sistemas, tomando como base los precios de ejote, semilla y flor de girasol en base a los precios establecidos en la página web de la central de abastos de la ciudad de Toluca.

Cuando las pruebas de F resultaron significativas se les aplicó la prueba de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se presenta la temperatura máxima, mínima así como la precipitación pluvial suma decenal, para los ciclos de cultivo frijol ejotero y girasol, en los cuales se observa que la temperatura máxima osciló entre los 20 y 23 °C, mientras que la mínima entre 5 y 9 °C. La precipitación máxima ocurrió a los 70, 80 y 100 dds y los valores mínimos a 20, 30 y 40 dds, estas condiciones climáticas permitieron que ambos genotipos se desarrollaran adecuadamente, no presentando complicaciones para cada etapa fenológica.

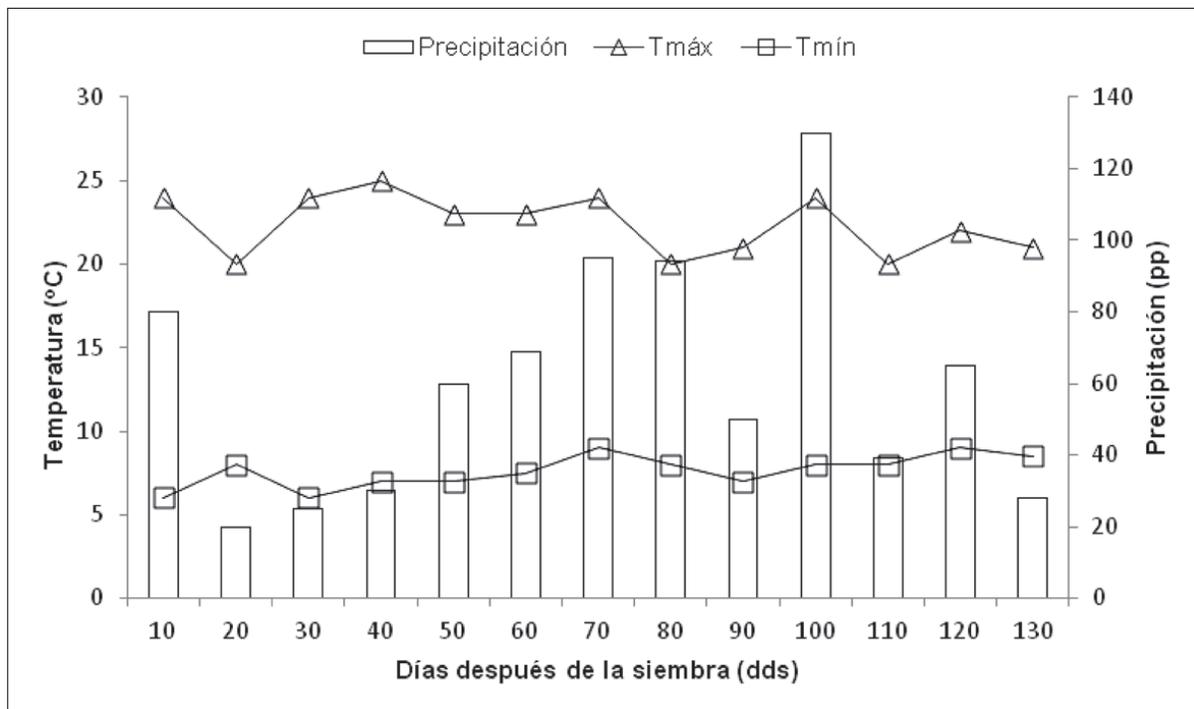


Figura 1. Promedio decenal de la precipitación (pp), temperatura máxima y mínima, para frijol ejotero cv. Hav-14 y girasol cv. Victoria, en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Rendimiento de ejote y componentes

El rendimiento de ejote para cuatro cortes, así como el promedio y total para los tratamientos

FU, FGS y FGC, se presentan en el Cuadro 1. El cual indica que desde el corte uno al corte cuatro, el rendimiento presentó un comportamiento descendente; así, el máximo rendimiento promedio

se observó en el tratamiento FU con 257,78 g m⁻² y el total acumulado 1031,13 g m⁻², superando a FGS y FGC, quienes resultaron ser estadísticamente iguales con un rendimiento de 84,47 y 60,94 g m⁻² respectivamente, el rendimiento acumulado siguió

la misma tendencia con 325,91 y 243,78 g m⁻². Esto coincide con lo reportado por Esquivel *et al.* (2006) quienes mencionan rendimientos promedios de frijol de 265,5 g m⁻² para la región de Chapingo México.

Cuadro 1. Rendimiento de ejote para cuatro cortes así como promedio a 75, 79, 83 y 87 días después de la siembra, en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Tratamiento	CI	CII	CIII	CIV	Acumulado	Promedio
	Días después de la siembra					
	75	79	83	87		
	g m ⁻²					
FU	257,78	389,73	276,35	107,27	1031,13 a	257,78 a ^z
FGS	187,75	75,09	45,05	18,02	325,91 b	81,47 b
FGC	140,62	56,24	33,24	13,68	243,78 b	60,94 b
DSH					144,00*	144,00*
CV %					19,00	19,00

CI, CII, CIII, CIV, cortes 1, 2, 3 y 4. FU, frijol ejotero en unicultivo. FGS, frijol ejotero con girasol sin corte; FGC, frijol ejotero con girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. ^zvalores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$.

Número de ejotes

El número de ejotes por corte se aprecia en el Cuadro 2, que tuvo un comportamiento similar al del rendimiento de ejote, disminuyendo progresivamente del corte I al corte IV, de esta manera el mayor número de ejotes ocurrió en el tratamiento FU con 148,75 ejotes/metro cuadrado, superando a los tratamientos FGS

y FGC donde este último obtuvo el rendimiento más bajo con 22,18 ejotes/metro cuadrado. Lo reportado aquí concuerda con los resultados de Esquivel *et al.* (2006), quienes reportan que la producción de ejotes disminuye a medida que se realizan los cortes pero existe un incremento en el rendimiento en el corte II, esto como una respuesta de la planta para perpetuar la especie produciendo frutos y a su vez semillas.

Cuadro 2. Número de ejotes m⁻² para cuatro cortes en frijol ejotero cv. Hav-14 en el Cerrillo Piedras Blancas, México 2009.

Tratamiento	CI	CII	CIII	CIV	Promedio	Total
	Días después de la siembra					
	75	79	83	87		
	g m ⁻²					
FU	148,75 a	59,08 a	35,07 a	13,60 a	64,12 a	256,50 a ^z
FGS	28,12 b	9,40 b	5,20 b	2,10 b	11,20 b	44,80 b
FGC	22,18 c	7,00 b	4,10 b	1,70 c	8,70 b	34,90 b
DSH	5,20**	3,90*	2,50*	0,34**	16,20*	16,20*
CV %	3,00	7,00	7,00	2,00	4,00	4,00

CI, CII, CIII, CIV, cortes 1, 2, 3 y 4. FU, frijol ejotero en unicultivo; FGS, frijol ejotero con girasol sin corte; FGC, frijol ejotero con girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. ^zvalores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$.

Longitud de vaina

Esta variable no se vio afectada por efecto de los tratamientos, ya que el corte y no corte de

la parte superior del vástago de girasol resultó ser estadísticamente igual para los cuatro cortes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Longitud de vaina (cm), en frijol ejotero cv. Hav-14 para cuatro cortes, en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Tratamiento	CI	CII	CIII	CIV	Promedio
FU	11,10 a	11,00 a	11,23 a	12,00 a	11,33 a ²
FGS	10,00 a	11,21 a	11,20 a	12,33 a	11,85 a
FGC	9,79 a	10,88 a	12,10 a	11,41 a	11,04 a
DSH	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
CV %	22,00	16,00	12,00	30,00	30,00

CI, CII, CIII, CIV, cortes 1, 2, 3 y 4. FU, frijol ejotero en unicultivo; FGS, frijol ejotero con girasol sin corte; FGC, frijol ejotero con girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. n.s, no significativo; ²valores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$.

Número de hojas

En la figura 2 se presenta el número de hojas y se puede apreciar que el mayor número se presentó a los 105 dds, en FGC con 137,82 hojas/metro cuadrado, superando a los tratamientos FU y FGS quienes arrojaron valores de 127,44 y 83,17 hojas/metro cuadrado resultando estadísticamente iguales. Esta

respuesta se debe en gran medida a que el efecto del corte del girasol influyó para que se desarrollaran las yemas vegetativas en la planta del frijol por causa del efecto fototrópico (Salisbury y Ross, 1993), resultando en un mayor número de hojas que en el tratamiento sin corte, a los 140 dds, las plantas perdieron la totalidad de nomófilos en todos los tratamientos por el fenómeno de abscisión.

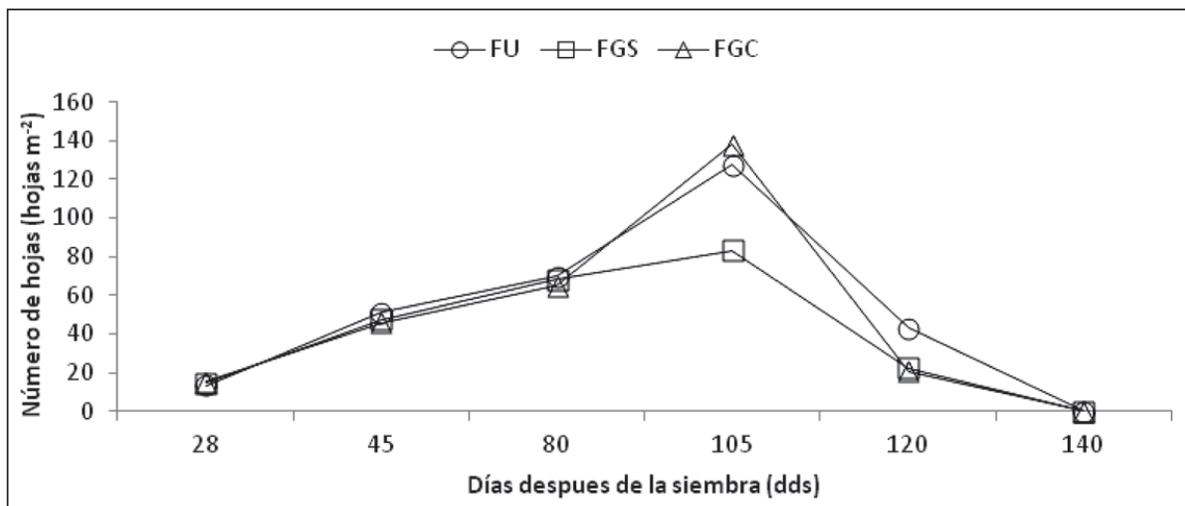


Figura 2. Número de hojas por metro cuadrado en frijol ejotero cv. Hav-14, FU, frijol ejotero en unicultivo. FGS, frijol ejotero con girasol sin corte. FGC, frijol ejotero con girasol con corte. En el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Área foliar e índice del área foliar

El área foliar presentó diferencias significativas a 28, 45 y 80 dds, alcanzando su máxima expansión a los 105 dds donde los valores de la prueba de Tukey resultaron ser estadísticamente iguales (Cuadro 4),

el máximo despliegue se presentó de los 28 a los 80 dds para el tratamiento FU quien a estos últimos presentó 3728,9 cm² y resultó estadísticamente igual a FGC con 4029,9 cm², respecto al índice de área foliar presentó una tendencia similar al área foliar.

Cuadro 4. Área foliar en frijol ejotero cv. Hav-14 a 28, 45, 80 y 105 días después de la siembra en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Tratamiento	Días después de siembra			
	28	45	80	105
	cm ²			
FU	56,08 a	2081,40 a	3728,90 a	4224,00 a ^z
FGS	50,48 b	1751,30 b	3245,10 b	4041,00 a
FGC	41,64 c	1594,70 b	4029,90 a	3982,00 a
DSH	2,68**	285*	479*	n.s
CV %	2,00	7,20	6,00	44,00

FU, frijol ejotero en unicultivo; FGS, frijol ejotero con girasol sin corte; FGC, frijol ejotero con girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. n.s, no significativo; ^zvalores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$.

Biomasa

La biomasa durante el ciclo de cultivo mostró una tendencia a incrementarse hasta alcanzar su máximo valor a los 120 dds (Cuadro 5). Donde el tratamiento

FU superó a los tratamientos FGS y FGC con 165,53 g m⁻², para posteriormente disminuir a los 140 dds, donde los tratamientos FGS y FGC resultaron ser estadísticamente iguales con 50,75 y 55,13 g m⁻², respectivamente.

Cuadro 5. Dinámica de la acumulación de biomasa a 28, 45, 80, 105, 120 y 140 días después de siembra, en frijol ejotero cv. Hav-14 en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Tratamiento	Días después de siembra					
	28	45	80	105	120	140
	g m ⁻²					
FU	9,83 a	16,87 a	40,33 a	79,75 a	165,53 a	124,14 a ^z
FGS	7,61 b	12,87 b	22,64 b	39,67 b	67,67 b	50,75 b
FGC	7,49 b	19,02 a	29,26 b	73,54 b	73,51 b	55,13 b
DSH	1,00*	2,50*	9,50*	11,30*	11,30*	8,50*
CV %	6,30	7,90	20,00	5,00	5,00	5,00

FU, frijol ejotero en unicultivo; FGS, frijol ejotero con girasol sin corte; FGC, frijol ejotero con girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación. n.s, no significativo; ^zvalores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a $P \leq 0,05$.

Eficiencia en el uso de la radiación

La eficiencia en el uso de la radiación mostró cambios significativos a 45 y 80 dds, en los que el tratamiento FU alcanzó valores de 0,1056 y 0,2424 g m⁻² MJ⁻¹, seguido de FGC con 0,0611 y 0,122 g m⁻² MJ⁻¹, superando

a FGS quien solo alcanzó 0,109 g m⁻² MJ⁻¹ a 80 dds (Cuadro 6). Lo reportado aquí concuerda con los datos publicados por Muchow *et al.* (1993) los cuales reportan valores para EUR en un rango de 0,62 a 0,86 g m⁻² MJ⁻¹, para el agosistema frijol mungo - soya, los modelos para esta variable se ajustaron a un modelo matemático.

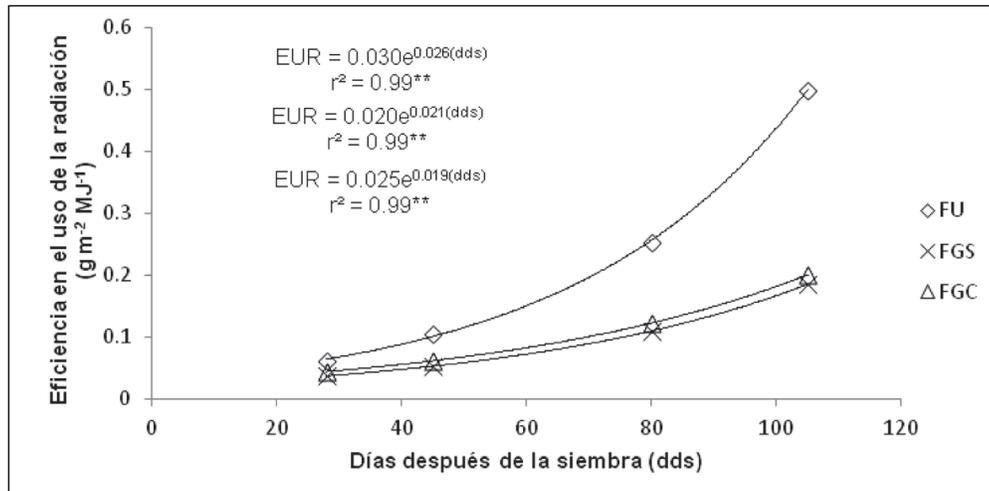


Figura 3. Modelos matemáticos para eficiencia en el uso de la radiación EUR en frijol ejotero cv. Hav-14 en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Integral térmica

Todo lo anterior escrito se logró con una acumulación de 1374 unidades calor desde siembra a madurez fisiológica de 140 días en este tipo de clima; de las cuales 137,55 unidades calor se acumularon de siembra a emergencia,

de emergencia a antesis 1197,52 y de antesis a formación de vainas 38,3 UC, ajustándose estas a un modelo lineal (Figura 4). Esto se asemeja a lo reportado por (Escalante *et al.*, 2001) quien trabajando con frijol para la producción de semilla reporta una integral térmica de 1296 unidades calor en un clima Aw₀.

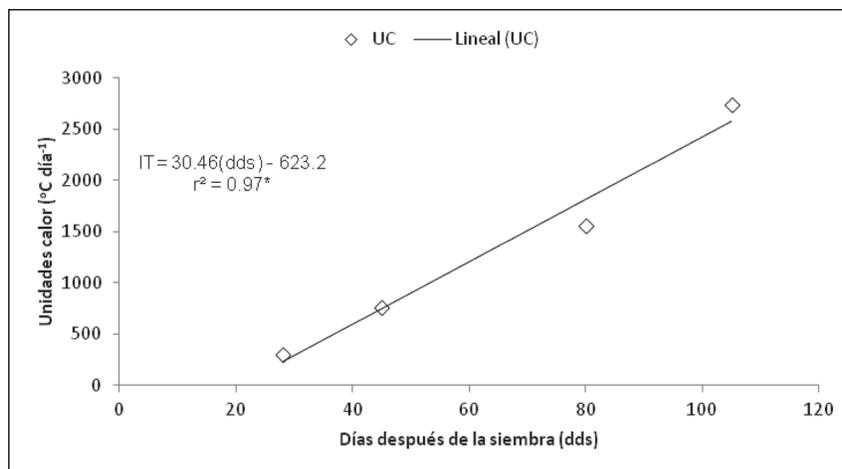


Figura 4. Integral térmica para frijol ejotero cv. Hav-14, en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Rendimiento de semilla e índice de cosecha en girasol

Los rendimientos para semilla de girasol, se pueden apreciar en el Cuadro 7 en el que sólo se presentan valores de rendimiento para los tratamientos GU y FGS, ya que el tratamiento FGC no presenta rendimiento por efecto del corte de la parte superior del vástago. Así, el tratamiento GU superó al

tratamiento FGS con 346,07 g m⁻². Con respecto al índice de cosecha, este tuvo un comportamiento similar al rendimiento, donde el tratamiento testigo (GU) superó al tratamiento FGS presentando un IC de 0,27, mientras que el girasol asociado presentó un valor de 0,22 hecho que se atribuye a la competencia interespecífica de las especies en cuestión (Francis, 1986).

Cuadro 6. Biomasa, rendimiento e índice de cosecha en girasol cv. Victoria en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Tratamiento	Biomasa g m ⁻²	Rendimiento g m ⁻²	Índice de cosecha (IC)
GU	1240,51 a	346,07 a	0,27 a ^z
GA	1011,76 b	226,27 b	0,22 b
GC	642,22 c	-----	-----
DSH	29,20**	1,78*	2,30*
CV %	13,00	4,00	7

GU, girasol en unicultivo; GA, girasol asociado; GC, girasol con corte. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación; ^zvalores de la columna con la misma letra estadísticamente son iguales según Tukey a P ≤ 0,05.

Uso equivalente de la tierra

En el cuadro 8 se presentan los rendimientos de grano de frijol ejotero y girasol de los agrosistemas FU, GU y FGS, con los cuales se determinó el uso equivalente

de la tierra, donde el valor alcanzado por este fue de 1,49 unidades de superficie, lo que indica que los unicultivos de frijol y girasol requieren de 49% más de superficie, para superar la productividad del agrosistema asociado frijol ejotero - girasol.

Cuadro 7. Rendimiento de semilla para los unicultivos de frijol ejotero y girasol, así como de los agrosistemas asociados frijol ejotero – girasol en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Agrosistema	Rendimiento g m ⁻²	Uso equivalente de la tierra
RFU	58,47	
RFA	49,62	1,49
RGU	346,07	
RGA	226,27	

RFU, rendimiento de frijol en unicultivo; RFA, rendimiento de frijol asociado; FGU, rendimiento de girasol unicultivo; RGA, rendimiento de girasol asociado.

Análisis económico

El análisis de los agrosistemas frijol - girasol y los unicultivos se presentan en el Cuadro 9, se evaluaron las variables costo beneficio y se observó que el frijol ejotero en unicultivo (FU) tiene una utilidad de de \$51700,00 M/N por la venta de ejote, mientras que el agrosistema frijol con girasol sin corte (FGS) solo obtuvo \$39362,00 M/N por la venta de ejote y semilla de girasol para dos años. Resultando así FU 24% más redituable que FGS. Por otro lado, el sistema FGC logró una utilidad de \$79570,00 M/N por la venta de ejote e inflorescencia de girasol resultando más eficiente 35% que FU y 50% que FGS, respectivamente. En relación al unicultivo de girasol (GU) solo se obtiene una ganancia de \$11960,00 M/N, por ello se puede decir que el agrosistema frijol girasol con corte (FGC) superó ampliamente a los demás sistemas,

logrando un ingreso de \$39785,00 M/N por año. Aunque el tratamiento FGS fue superado 66% por el unicultivo, el costo ecológico es menor en el agrosistema FGS ya que no se utilizan especies forestales para la elaboración de espalderas artificiales para la producción de ejote.

Desde el punto de vista de los agrosistemas FGS y FGC, nuevamente FGC es más redituable ya que obtiene mayores ganancias por hectárea por año; esto por la venta de inflorescencias en lugar de la producción de grano (Cuadro 9). Estos datos son análogos a los reportados por Lagunes *et al.* (2008) quienes al realizar un estudio con *Phaseolus vulgaris* L. y *Vigna unguiculata* L. en la región de la Chontalpa en Tabasco, encontraron que los sistemas combinados poseen una mayor rentabilidad económica que cuando se siembran estas especies en unicultivo.

Cuadro 8. Análisis económico de los agrosistemas frijol ejotero en unicultivo (FU), frijol girasol sin corte (FGS), frijol ejotero con girasol con corte (FGC) y girasol en unicultivo (GU), en el Cerrillo Piedras Blancas, México. Verano 2009.

Sistema	Rendimiento	Ejote	Insumos	Venta total	Ingreso 1 año	Ingreso 2 años
Venta de ejote	(kg ha ⁻¹)	(\$ kg ⁻¹)	(\$ ha ⁻¹)			
FU	10310	5,00	9700	51500	41850	9850
Costo de espaldera con una vida útil de 2 años					32000	41850
Ingreso total del sistema FU para venta de ejote por dos años						51700
FGS	3259	5,00	3400	16295	12895	25790
Venta de semilla de girasol						
FGS	2262	3,00	-----	6786	6786	13572
Ingreso total del sistema FGS por venta de ejote y semilla de girasol dos años						39362
Venta de ejote						
FGC	2437	5,00	3400	12185	8785	17570
Venta de inflorescencia de girasol, cuya densidad por hectárea es de 62000 plantas						
	(plantas ha ⁻¹)	(\$ kg ⁻¹)	(\$ ha ⁻¹)			
FGC	62000	0,50	-----	31000	31000	62000
Ingreso total del sistema FGC, por venta de ejote e inflorescencia de girasol en dos años						79570
	(kg ha ⁻¹)	(\$ kg ⁻¹)	(\$ ha ⁻¹)			
GU	3460	3,00	4400	10380	5980	11960
Ingreso total del sistema GU, por venta de semilla para dos años						11960

CONCLUSIONES

El crecimiento y rendimiento de frijol ejotero se ve afectado significativamente cuando se siembra en combinación con girasol, cuando este último es utilizado como tutor. Cuando el girasol es destinado para la producción de semilla en el sistema frijol - girasol sin corte, el rendimiento del frijol ejotero disminuye respecto al monocultivo. Desde el punto de vista económico, la productividad de frijol ejotero sembrado en combinación con girasol, cuando este se destina a flor de corte es más redituable que cuando solo se tiene frijol ejotero en monocultivo destinado a la producción de semilla. Por esta razón, el uso equivalente de la tierra indica que la combinación frijol ejotero – girasol, es más eficiente en rendimiento de semilla y se requiere casi 50% más de superficie adicional sembrada por parte de los monocultivos, para igualar el rendimiento de la combinación de las especies en cuestión, además desde el punto de vista ecológico es más rentable el agrosistema frijol ejotero - girasol que los monocultivos debido a la utilidad del girasol como espaldera viva y el evitar el uso de especies leñosas para la elaboración de espalderas artificiales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz, L. E., J. A. Escalante E., T. Rodríguez G. y A. Gaytán A. 2010. Producción de frijol ejotero en función del tipo de espaldera. Rev. Chapingo. Serie Hort. 16: 215-221.
- Escalante, E., E. Escalante E. L. y T. Rodríguez G. 2001. Producción de frijol en dos épocas de siembra: su relación con la evapotranspiración, unidades calor y radiación solar en clima cálido. Terra Lat. 19: 309-315.
- Escalante, E. J. A. y J. Kohashi S. 1997. Yield in a pole snap vean (*Phaseolus vulgaris* L.) in two types of the trellises and two planting distances. Annual Rep. Bean Improv. Coop. 40: 136-137.
- Escalante, E. J. A. y J. Kohashi S. 1993. El rendimiento y crecimiento de frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 84 p.
- Esquivel, E. G., J. A. Acosta G., R. Rosales S., P. Pérez H., J. M. Hernández C., R. Navarrete M. y J. S. Maruaga M. 2006. Productividad y adaptación de frijol ejotero en el valle de México. Rev. Chapingo. Serie Hort. 12: 109-116.
- Francis, C. A. 1986. Multiple cropping systems. Mac Millan. New York, USA. pp: 1-19.
- García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F. 86 p.
- Kandel, H. J. and A. A. Schneiter. 2000. Intercropping legumes in sunflower to increase surface residue crop and weed sciences department. North Dakota State University. Dakota, USA. pp: 1
- Lagunes, E. L. C., F. Gallardo L., H. Becerril H. y E. D. Bolaños A. 2008. Diversidad cultivada y sistema de manejo de *Phaseolus vulgaris* L. y *Vigna unguiculata* L. en la región de la Chontalpa Tabasco. Rev. Chapingo. Serie Hort. 14: 13-21.
- Morales, R. E. J., J. A. Escalante E., L. Tijerina C., V. Volke H. y E. Sosa M. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol - frijol. Terra Lat. 24: 55-64.
- Muchow, R. C., M. J. Robertson and B. C. Pengelly. 1993. Radiation - use efficiency of soybean, mungbean and cowpea under different environmental conditions. Field Crops Res. 32:1-15.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1993. Fisiología vegetal. Iberoamerica. México, D. F. 759 p.
- Willcott, J., S. J. Herbert and Z. Y. Liu. 1984. Leaf area display and light interception in short-season soybean. Field Crops Res. 9: 173-182.