

**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**  
**POSTGRADO EN BOTÁNICA**

**CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRIJOL CHINO (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) BAJO DIFERENTES CONDICIONES AMBIENTALES**

**PATRICIO APÁEZ BARRIOS**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

**2010**

La presente tesis titulada: **"CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRIJOL CHINO (*Vigna unguiculata* (L.) WALP.) EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA"** realizada por el alumno: **PATRICIO APÁEZ BARRIOS**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
BOTÁNICA**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO: \_\_\_\_\_

  
DR. JOSÉ ALBERTO SALVADOR ESCALANTE ESTRADA

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
M.C. MARÍA TERESA RODRÍGUEZ GONZÁLEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. VÍCTOR MANUEL OLALDE GUTIÉRREZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. PORFIRIO RAMÍREZ VALLEJO

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Septiembre del 2010

# CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA

Apáez-Barrios Patricio, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

Durante el temporal de 2009, se realizó un estudio de campo en Cocula, Gro. (clima cálido) y Montecillo, Méx. (clima templado) en una variedad de frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) de crecimiento indeterminado. Se evaluó el rendimiento de grano, biomasa total, índices de crecimiento, eficiencia en el uso del agua y rentabilidad económica en espaldera convencional (FS), espaldera de maíz (FM) y girasol (FG), con y sin biofertilizantes. Se registró la temperatura máxima y mínima, cantidad de lluvia y evaporación. La producción de vaina verde solo se evaluó en clima cálido en función del tipo de espaldera. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El ciclo del cultivo se acortó en 25 días en clima cálido (125 días) respecto al templado (150 días), mientras que la acumulación de UC y ETc fueron más altos en clima cálido (2,208 °C y 441 mm) que en templado (1,148 °C y 377 mm). El frijol chino en FS presentó el más alto rendimiento de vaina (1501 g m<sup>-2</sup>) y número de vainas (149 m<sup>-2</sup>), mientras que la mayor ganancia económica se logró con FM (\$28,784) seguido de FS (\$25,049) y FG (\$14,673). El más alto rendimiento de semilla (68 g m<sup>-2</sup>), biomasa total (342 g m<sup>-2</sup>), eficiencia en el uso del agua para semilla (0.282 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y eficiencia en el uso del agua para biomasa total (0.78 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) se encontró en clima cálido en espaldera convencional con biofertilizante, producto de índices de crecimiento más altos, mientras que con espaldera viva se encontraron los valores más bajos, sin embargo, la mayor rentabilidad económica se logró en clima cálido con FM y biofertilizante (\$26,430). El uso de espaldera viva puede ser una alternativa para la producción de frijol chino.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, tipo de espaldera, biofertilizantes, rentabilidad económica.

# GROWTH AND YIELD OF COWPEA IN FUNTION OF TRELLISES TYPE AND CLIMATE

**Apáez-Barrios Patricio, M.C.**  
**Colegio de Postgraduados, 2010**

During the season rainy of 2009, it conducted a field study in Cocula, Gro. (hot climate) and Montecillo, Mex. (cold climate) in a variety of cowpea indeterminate growth evaluated grain yield, total biomass, growth rates, efficiency in water use and economic efficiency in the conventional trellis (FS) maize trellis (FM) and sunflower (FG), with and without biofertilizer. Was recorded the maximum and minimum temperature, rainfall and evaporation. Green pod production was evaluated only in hot climate depending on the trellis type. The experimental design was randomized complete block with four replications. The crop cycle was shortened by 25 days in hot climate (125 days) compared with cold climate (150 days), the accumulation of UC and ETc were higher in hot climate (2,208 °C and 441 mm) than in cold climate (1,148 °C and 377 mm). cowpea in FS presented the highest pod yield (1501 g m<sup>-2</sup>) and number of pods (149 m<sup>-2</sup>), while the highest economic return was obtained with FM (\$28,784) followed by FS (\$25,049) and FG (\$14,673). The highest seed yield (68 g m<sup>-2</sup>), total biomass (342 g m<sup>-2</sup>), efficiency in water use for seed (0.282 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) and efficiency in water use total biomass (0.78 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) was found in cowpea in conventional trellis with biofertilizer in hot climate, the result of higher growth rates, whereas living trellis values were lower, however, greater economic efficiency was found in hot climate with FM and biofertilizer (\$26,430). The use of trellis alive can be an alternative for cowpea production.

**Key words:** *Vigna unguiculata*, trellises types, biofertilizer, economic analysis.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para la realización de mis estudios.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), por la ayuda económica para la culminación de la presente tesis.

Al Colegio de Postgraduados, por su apoyo en mi formación académica.

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CSAEGRO) por las facilidades otorgadas para el establecimiento de un trabajo de campo.

Al Dr. José Alberto S. Escalante Estrada, por su acertada dirección del presente trabajo, su apoyo incondicional en todo momento, su amistad y excelente calidad humana.

A la M.C. María Teresa Rodríguez González, por el esfuerzo, tiempo y dedicación del presente trabajo, así como por sus consejos y amistad brindada.

Al Dr. Víctor Manuel Olalde Gutiérrez, por sus observaciones y correcciones del trabajo.

Al Dr. Porfirio Ramírez Vallejo, por su dedicación y valiosas observaciones del presente trabajo.

A los profesores que fueron parte de mi formación académica.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron en esta etapa de mi vida.

A la Sra. Leticia, Don Fide y Manuel por su valiosa ayuda en el trabajo de campo.

## DEDICATORIAS

Este trabajo se lo dedico particularmente al ser más importante en mi vida, que siempre me ha alentado a perseguir lo que quiero, por creer en mis ideas, apoyarme en todo momento, y sobre todo por hacer de mí una persona de bien.

A mi madre, **Francisca Barrios Alcocer**.

A mi padre, Pedro Apáez Ramírez, por su cariño y apoyo en mis estudios.

A mis hermanos: Viviana, Maricela, Jairo, Mario y Alicia, por los momentos alegres y tristes que hemos compartido.

A mis sobrinos: Carlos Manuel, Luis Ángel y Emmanuel, como una pequeña muestra de superación.

A la Sra. María de la Paz, por su amistad incondicional.

A mis tíos: Juana, María y Javier por alentarme en el camino de la superación.

## CONTENIDO

	Página
RESUMEN GENERAL.....	ii
ABSTRACT.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
CUADROS.....	ix
FIGURAS.....	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
LITERATURA CITADA.....	3
<b>CAPÍTULO I. Producción de ejote en frijol chino en función del tipo de espaldera en clima cálido.....</b>	<b>4</b>
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
Elementos de clima y fenología.....	11
Evapotranspiración del cultivo.....	12
Unidades calor.....	13
Rendimiento y componentes del rendimiento.....	13
Rendimiento por corte.....	14
Número de vainas verdes.....	15
Longitud y diámetro de vaina.....	15
Eficiencia en el uso del agua.....	16
Número de hojas verdes, índice de área foliar y duración del área foliar.....	16
Rentabilidad económica del frijol chino en función del tipo de espaldera.....	18
CONCLUSIONES.....	19
LITERATURA CITADA.....	20

<b>CAPITULO II. Fenología, biomasa y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima.....</b>	<b>24</b>
RESUMEN.....	25
ABSTRACT.....	26
INTRODUCCIÓN.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Elementos del clima.....	29
Fenología.....	30
Unidades calor.....	31
Evapotranspiración del cultivo.....	31
Rendimiento en grano y componentes.....	32
Biomasa total.....	33
Índice de cosecha.....	34
Eficiencia en el uso del agua.....	35
Análisis económico del frijol chino en función del tipo de espaldera.....	37
CONCLUSIONES.....	38
LITERATURA CITADA.....	39
<b>CAPITULO III. Análisis de crecimiento y rendimiento del frijol chino en función del tipo de espaldera y clima.....</b>	<b>43</b>
RESUMEN.....	44
ABSTRACT.....	45
INTRODUCCIÓN.....	46
MATERIALES Y MÉTODOS.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
Clima y fenología.....	49
Crecimiento del cultivo.....	50
Análisis de crecimiento.....	52
Tasa de asimilación neta (TAN).....	52
Tasa de crecimiento absoluto (TCA).....	52
Tasa de crecimiento relativo (TCR).....	54



Biomasa total, rendimiento en grano e índice de cosecha a la madurez fisiológica.....	54
Biomasa total y su distribución en los órganos de la planta.....	55
Acumulación de materia seca en los órganos de la planta.....	57
CONCLUSIONES.....	60
LITERATURA CITADA.....	61
<b>CAPITULO IV. Fenología, Rendimiento y rentabilidad del frijol chino en función del clima, tipo de espaldera y biofertilizante.....</b>	<b>64</b>
RESUMEN.....	65
ABSTRACT.....	66
INTRODUCCIÓN.....	67
MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	70
Fenología y elementos del clima.....	70
Unidades calor.....	70
Evapotranspiración.....	71
Rendimiento de grano y sus componentes.....	72
Biomasa total.....	76
Índice de cosecha.....	76
Eficiencia en el uso del agua.....	77
Rentabilidad económica del frijol chino en función del tipo de espaldera.....	78
CONCLUSIONES.....	82
LITERATURA CITADA.....	83

## LISTA DE CUADROS

Página

### CAPÍTULO I

<b>Cuadro</b>	Rendimiento ( $\text{g m}^{-2}$ ), número ( $\text{m}^2$ ), longitud (cm) y diámetro (cm) de vaina verde de frijol chino en Cocula, Gro. Verano 2009.....	14
<b>1.</b>		
<b>Cuadro</b>	Número de hojas verdes (NHV), Índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar (DAF) de frijol chino en función del tipo de espaldera. Cocula, Gro. Verano 2009.....	17
<b>2.</b>		
<b>Cuadro</b>	Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para tres agrosistemas. Cocula, Gro. Verano de 2009.....	18
<b>3.</b>		

### CAPÍTULO II

<b>Cuadro</b>	Rendimiento de grano (RG, $\text{g m}^{-2}$ ) y componentes del rendimiento de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.....	35
<b>1.</b>		
<b>Cuadro</b>	Biomasa total (BT, $\text{g m}^2$ ), índice de cosecha (IC, %), Eficiencia en el uso del agua para grano (EUAR, $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ) y biomasa total (EUAB, $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ) de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.....	36
<b>2.</b>		
<b>Cuadro</b>	Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para tres agrosistemas en climas cálido y templado. Verano de 2009...	37
<b>3.</b>		

### CAPÍTULO III

<b>Cuadro</b>	Número de hojas verdes (NHV $\text{m}^{-2}$ ), índice de área foliar (IAF) y duración de área foliar total (DAFT) de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en Cocula, Gro. y Montecillo, Méx. Verano 2009.....	51
<b>1.</b>		
<b>Cuadro</b>	Biomasa total (BT, $\text{g m}^{-2}$ ), Rendimiento de grano (RG, $\text{g m}^{-2}$ ), e índice de cosecha (IC, %) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.....	56
<b>2.</b>		

## CAPÍTULO IV

<b>Cuadro</b>	Rendimiento de semilla ( $RS, g m^{-2}$ ) y componentes del rendimiento de frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.....	74
<b>Cuadro</b>	Biomasa total ( $BT, g m^2$ ), índice de cosecha ( $IC, \%$ ), Eficiencia en el uso del agua para semilla ( $EUAS, g m^{-2} mm^{-1}$ ) y biomasa total ( $EUAB, g m^{-2} mm^{-1}$ ) del frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.....	79
<b>Cuadro</b>	Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para cuatro agrosistemas en clima cálido y templado. Verano de 2009.	81

## LISTA DE FIGURAS

Página

### CAPÍTULO I

- Figura 1.** Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo de frijol chino en espaldera inerte y asociado con maíz y girasol. Cocula, Gro. 2009..... 11
- Figura 2.** Unidades calor (a) y evapotranspiración (b) acumulados en frijol chino en espaldera convencional y viva. Cocula, Gro. Verano de 2009..... 12
- Figura 3.** Rendimiento de vaina fresca por corte en espaldera convencional y viva. Cocula, Gro. Verano 2009..... 15
- Figura 4.** Eficiencia en el uso del agua (EUA) del frijol chino en función del tipo de espaldera. Cocula, Gro. Verano de 2009..... 16

### CAPÍTULO II

- Figura 1.** Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo de frijol chino en espaldera convencional, de maíz y girasol cultivados en clima cálido y templado. Verano de 2009..... 30
- Figura 2.** Unidades calor (A) y evapotranspiración acumuladas (B) durante el desarrollo del frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009..... 32

### CAPÍTULO III

- Figura 1.** Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo de frijol chino en espaldera convencional, de maíz y girasol en ambientes contrastante. S = siembra, E = emergencia, R6 = inicio de floración y R9 = madurez fisiológica..... 50
- Figura 2.** Dinámica de la tasa de asimilación neta (TAN) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009..... 53
- Figura 3.** Dinámica de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) del frijol chino bajo

	diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.....	53
<b>Figura 4.</b>	Dinámica de la tasa de crecimiento relativo (TCR) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.....	54
<b>Figura 5.</b>	Dinámica de acumulación de biomasa total del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.....	57
<b>Figura 6.</b>	Dinámica de la acumulación de materia seca en hojas de frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009.....	58
<b>Figura 7.</b>	Dinámica de la acumulación de materia seca en tallo del frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009.....	58
<b>Figura 8.</b>	Biomasa total y su distribución en los órganos del frijol chino en función al tipo de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.....	59

#### CAPÍTULO IV

<b>Figura 1.</b>	Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo del frijol chino en espaldera convencional, de maíz y girasol en climas contrastantes. Verano de 2009.....	71
<b>Figura 2.</b>	Unidades calor (A) y evapotranspiración acumuladas (B) durante el desarrollo del frijol chino en climas contrastantes.....	72
<b>Figura 3.</b>	Rendimiento de semilla (RS) y componentes del rendimiento de frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.....	75
<b>Figura 4.</b>	Biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), eficiencia en el uso del agua para semilla (EUAS) y biomasa total (EUAB) del frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.....	80

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es un componente nutritivo en la dieta humana, consumido como verdura y grano (Davis *et al.*, 1991). A nivel mundial para el año 2003 se estimó una producción de 3.4 millones de toneladas de grano y 3.2 de vaina fresca (FAO, 2006). Algunas de las ventajas de este cultivo respecto al frijol común son las siguientes: mayor porcentaje de proteína en la vaina (24.4%), con menor tiempo de cocción del grano, tolerancia a la sequía, a la pudrición de la raíz y mayor potencial de rendimiento en grano ( $1.5 \text{ ton ha}^{-1}$ ) (Fery y Duke, 1995). En México las principales áreas de producción son: Tamaulipas, Baja California Sur, Norte de Sinaloa y Sur de Sonora. En estos estados su producción es parte de los cultivos tradicionales y es principalmente para autoconsumo (Murillo *et al.*, 2000). En el Estado de México no se reporta la siembra de este cultivo. En el estado de Guerrero se cultiva en las regiones de Tierra Caliente y Norte, donde la superficie de siembra se ha reducido por la fuerte inversión requerida para la adquisición de la espaldera que es necesaria para mantener la planta erguida porque es una especie de crecimiento indeterminado y alcanzar 4 metros de longitud (Summerfield, 1974). La alternativa para reducir costos es el uso de espalderas vivas como el maíz y girasol las que por su tallo erecto pueden servir para tal fin; además de que se obtendrían dos productos. El maíz es el alimento básico en México que de forma tradicional se consume en forma de tortilla, y que aporta la mitad de las calorías y la tercera parte de las proteínas consumidas por la población (Massieu y Lechuga, 2002). El girasol es un cultivo que produce semillas ricas en aceite y proteínas que desde la antigüedad ha sido usado como alimento, medicina y tintes para uso textil y cestería. En la actualidad, el aceite de la semilla se utiliza en la cocina, la producción de margarinas y otros usos industriales como la producción de ceras, fosfatinas, lecitinas y tocoferoles. Después de la extracción del aceite se produce una pasta rica en grasa y proteína, útil para la alimentación de animales (Alba y Llanos, 1990).

En la producción agrícola los nutrimentos son suministrados mediante fertilizantes químicos, los cuales han registrado incrementos mayores a 100 % en sus precios en los últimos años, elevando el costo de producción. El uso de estos insumos causa la contaminación del ambiente (Morales, 2010). Una alternativa para reducir este efecto consiste en usar biofertilizantes, los cuales son productos que contienen uno o varios microorganismos del suelo que contribuyen a la nutrición de la planta, que pueden ser aplicados a la semilla o al suelo para incrementar su número, asociarse directa o indirectamente al sistema radical, favorecer su interacción e incrementar el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta hospedera (Aguirre *et al.*, 2009).

La información derivada de esta investigación se presenta en cuatro capítulos. En el capítulo I se analiza el efecto del tipo de espaldera en la producción de vaina de frijol chino en clima cálido. Los capítulos II y III comparan la respuesta del frijol chino en dos climas diferentes en función al tipo de espaldera. El capítulo IV analiza el efecto de la inoculación con biofertilizantes en la producción de frijol chino en función del tipo de espaldera y clima.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina J F, M B Irizar-Garza, A Durán-Prado, M A Peña del Río, C Loredo-Osti, A Gutiérrez-Baeza (2009)** Los fertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 86 p.
- Alba O A, M Llanos C (1990)** El cultivo del girasol. Agroguías Mundiprensa. Madrid, España.
- Davis D W, Oelke E A., Oplinger E A., Doll J D, Hanson C V, Putman D H (1991)** Cowpea. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin, Cooperative Extensión, University of Minnesota: Center for alternative Plant and Animal Products and the Minnesota extension service. 11 p.
- FAO (2006)** Producción Mindicla de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [en línea]. Disponible en <http://faostat.fao.org> (verificado el 30 de octubre de 2008).
- Fery R L, Duke P D (1995)** Betters snap Southern Pea. Horts Science 30: 1318-1319.
- Massieu T Y, J Lechuga M 2002** El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. Departamento de Sociología de la UNAM 281-303.
- Morales I M (2010)** Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. Procuraduría Agraria. pp: 93-119.
- Murillo A B D, J L Troyo, H L García, H M Landa, J A Larrinaga (2000)** El frijol Yarimón leguminosa tolerante a la sequía y salinidad. Programa de salinidad en zonas áridas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. *PYTON Int J Exp Bot.* 67: 71-84.
- Summerfield R J (1974)** Cowpeas, *Vigna unguiculata*, a review. Field Crop. 27: 301-312.



## CAPÍTULO I

# **PRODUCCIÓN DE EJOTE EN FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA EN CLIMA CÁLIDO**

# PRODUCCIÓN DE EJOTE EN FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA EN CLIMA CÁLIDO

Patricio Apérez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## RESUMEN

El frijol chino es un cultivo de gran importancia en la alimentación humana, que es consumido en grano y vaina verde. Presenta cultivares de crecimiento determinado e indeterminado, estos últimos requieren de espaldera convencionales, cuyo uso incrementa los costos de producción, por lo que se requiere buscar alternativas de producción. El objetivo de este estudio fue determinar en diferentes tipos de espaldera el crecimiento y rendimiento de vaina fresca en frijol chino y la rentabilidad del cultivo combinado en relación al monocultivo. La siembra se realizó el 08 de junio de 2009 en Cocula Gro. En una población de frijol chino de crecimiento indeterminado se evaluó la fenología, el rendimiento de vaina verde, el número de vainas, la longitud y diámetro de vaina, el número de hojas verdes, el índice de área foliar, la duración del área foliar total, la eficiencia en el uso del agua y la rentabilidad económica, cultivada en espaldera convencional (FS), de maíz (FM) y girasol (FG). También, se registró la temperatura máxima y mínima, precipitación y evaporación. Durante el ciclo del cultivo, la temperatura máxima fue de 38 °C y la mínima de 20 °C, la precipitación fue de 738 mm. El frijol chino en espaldera convencional presentó el más alto rendimiento de vaina (1501 g m<sup>-2</sup>), número de vainas (149 m<sup>-2</sup>), eficiencia en el uso de agua (5.4 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>), número de hojas (334 m<sup>-2</sup>), índice de área foliar (1.3) y duración del área foliar total (57 días), mientras que en espaldera de maíz se logró el mayor ingreso neto, seguido de la espaldera convencional y de girasol.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, espaldera viva, espaldera convencional, análisis económico.

## **POD YIELD IN COWPEA DEPENDING ON THE TRELLIS TYPE IN HOT CLIMATE**

Patricio Apáez Barrios, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2010

### **ABSTRACT**

The cowpea is a crop of great importance in human food, eaten green beans and pods. Present cultivars determinate and indeterminate growth, the latter require conventional trellis increases production costs, so it is necessary to find other ways to be productive. The objective was to determine the different types of trellising on growth and yield of fresh pod of cowpea and profitability of the single crop in relation to combined. The sowing was done on June 8, 2009 in Cocula, Gro. In cowpea indeterminate growth indeterminate growth was evaluated, the phenology, green pod yield, pod number, pod length and diameter, number green leaves, leaf area index, total leaf area duration, efficiency in water use and economic return in conventional trellis (FS), maize (FM) and sunflower (FG). Also recorded the maximum and minimum temperature, rainfall and evaporation. During the crop cycle, the maximum temperature was 38 °C and minimum 20 °C, rainfall of 738 mm. The conventional trellis cowpea presented the highest pod yield (1,501 g m<sup>-2</sup>), number of pods (149 m<sup>-2</sup>), efficient use of water (5.4 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>), number of leaves (334 m<sup>-2</sup>) leaf area index (1.3) and leaf area duration (57 days), while maize trellis produced the highest net income, followed by the conventional trellis and sunflower.

**Index words:** *Vigna unguiculata*, live trellis, conventional trellis, economic analysis.

## INTRODUCCIÓN

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es una leguminosa de adaptación tropical-subtropical consumida como verdura, la cual se ha sembrado en diversas regiones de países en desarrollo y representa casi la mitad del total de proteína en la dieta alimenticia (Sing y Rachie, 1985). Este género está ampliamente distribuido en México, siendo un alimento de importancia en poblaciones indígenas de los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Tamaulipas; en este último estado se ha sembrado exitosamente durante las dos últimas décadas, y la producción de vaina se exporta a Estados Unidos (Díaz y Leal, 1992). La vaina de frijol chino llega a medir hasta 75 cm de longitud, y tiene mayor contenido de proteína que el frijol común (30% más) (Lorenz y Maynard, 1988). Dentro de esta especie existen cultivares de crecimiento indeterminado que llega a alcanzar hasta 4 metros de longitud, por lo que requiere el uso de espaldera o tutor (Summerfield, 1974). El empleo de tutores tiene por objeto mantener las plantas erguidas, para hacer un uso económico de un espacio limitado y facilitar las labores culturales, como la aplicación de pesticidas y la cosecha (Villareal, 1980). Cannock (1990) sostiene que las leguminosas de crecimiento indeterminado crecen mejor con tutores, los cuales son colocados antes o después de la emergencia de las plantas y permiten la recolección de frutos limpios y sanos al no estar en contacto con el suelo. Villareal (1980) menciona que el uso de espaldera convencional (postes de madera o concreto) eleva los costos de producción, pero también aumenta sustancialmente el rendimiento, la calidad del producto, y facilita la cosecha. Una alternativa para reducir costos de producción es el uso de espalderas vivas, el cual es un concepto relativamente nuevo, donde la especie componente, además de producir los beneficios comunes (aporte de nutrimentos, protección del suelo y productos adicionales), cumple con la función adicional de servir de tutor al cultivo agrícola (Badelman, 1990). El uso de espalderas vivas tiene la ventaja de incrementar la diversidad de productos cosechados por unidad de superficie, estos sistemas son ampliamente utilizados en los trópicos y subtrópicos y proporcionan un ingreso adicional al agricultor en la misma unidad de terreno (Quiroz y Douglas, 2003). También hay una mayor eficiencia en el uso de recursos edáficos y climáticos (Willey, 1979). En México, se considera que las prácticas de sembrar diferentes especies compartiendo simultáneamente el mismo terreno se ha realizado desde tiempos anteriores a la conquista y en la actualidad se sigue empleando. Morales *et al.* (2006) al evaluar la asociación frijol cv. Michoacán - girasol cv. Victoria, obtuvieron mayor biomasa total y rendimiento de semilla (2926 y 638 g m<sup>-2</sup>, respectivamente), en comparación con el unicultivo

frijol (1336 y 289 g m<sup>-2</sup>, respectivamente). Dahmardeh *et al.* (2009) encontraron que el frijol chino en espaldera de maíz incrementa el rendimiento de forraje (6 kg m<sup>-2</sup>) respecto a la espaldera convencional (4 g m<sup>-2</sup>); sin embargo, la calidad forrajera disminuyó en 6 % de proteína, con espalderas de maíz (13% de proteína) y en espaldera convencional (19%). Garduño *et al.* (2009) evaluaron el rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) con potencial ejotero en espaldera convencional y de girasol, encontraron reducciones de 170 g m<sup>-2</sup> en la espaldera viva (866 g m<sup>-2</sup>) respecto a la convencional (1,036 g m<sup>-2</sup>); sin embargo, la rentabilidad económica por hectárea fue mayor en la espaldera viva (\$57,956) que en la convencional (\$29,746).

Además del maíz (*Zea mays* L.), otra alternativa como espaldera viva del frijol chino, propuesta en Ecofisiología de Cultivos del Colegio de Postgraduados, es el girasol (*Helianthus annuus* L.), especie que tienen características deseables de planta como tallo erecto, que le permite ser un buen soporte para el crecimiento del frijol chino (Escalante, 1995). Se mencionan otras ventajas del uso del girasol como espaldera viva tales como: la capacidad de profundizar el sistema radical para facilitar una mejor penetración y arraigo del sistema radical del frijol y que en suelos alcalinos, el frijol sufre severos daños debido a la baja disponibilidad de nutrientes por el pH elevado, pero al sembrarlo junto con girasol la raíz de esta especie excreta iones H<sup>+</sup> bajando el pH, permitiendo el aprovechamiento de micronutrientes por parte del frijol chino. El girasol es un cultivo que produce semillas ricas en aceites y proteína. El aceite se utiliza en la preparación de alimentos, la producción de margarinas y otros usos industriales (Alba y Llanos, 1990). En tanto que el maíz (*Zea mays* L.) es la base de la alimentación de la población, especialmente de las clases populares (Llanos, 1984). Estas asociaciones podrían producir mayores ganancias económicas para el productor por el valor de las semillas de girasol y garantizar el abasto de frijol chino y maíz para autoconsumo.

Los objetivos del presente estudio fueron determinar en diferentes tipos de espaldera el crecimiento y rendimiento de vaina fresca en frijol chino y la rentabilidad del cultivo combinado en relación al monocultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo primavera – otoño del 2009 bajo condiciones de temporal en terrenos del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Cocula, Gro (18° 19' N, 99° 39' O y 640 msnm). El clima se identifica como A Wo (w) (i) g, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, con un promedio anual de temperatura de 26.4 °C, una media del mes más frío (diciembre) de 23.4 °C, la oscilación de temperatura de un mes a otro es de 5 a 7 °C. La precipitación promedio anual es de 767 mm (García, 2005). El suelo es un vertisol que se expande al humedecerse y se contrae al secarse, característico de la presencia de la arcilla montmorillonita, pH de 7.1, la conductividad eléctrica de 0.232 dS m<sup>-1</sup>, la materia orgánica de 1.69 % y 0.08 % de N total y 14 ppm de fósforo. Los tratamientos consistieron en las combinaciones siguientes: a) siembra de frijol chino con espaldera convencional (tutores de madera) (FS); b) siembra de frijol chino en espaldera de maíz H-516 (FM); y c) frijol chino en espaldera de girasol cv. Victoria (FG). La siembra se realizó el 08 de junio de 2009 a una densidad de población de 6.2 plantas m<sup>-2</sup> (40 x 80 cm). Se fertilizó con 100 kg N ha<sup>-1</sup> (sulfato de amonio), 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (fosfato diamónico) y 100 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (cloruro de potasio), aplicando todo el fósforo y el potasio y la mitad de nitrógeno a los 15 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 5.0 x 2.4 m. Durante el desarrollo del experimento se registró la temperatura máxima y mínima, la evaporación y la precipitación diaria. Las etapas fenológicas registradas para el frijol chino fueron días a emergencia (E), días a inicio de antesis (R6), días a primer corte (C1) y días a último corte (C5) (Escalante y Kohashi, 1993).

En frijol chino se realizaron 5 cortes de vaina con intervalos de 9 días, en los que se cosecharon las vainas de longitud mayor a 35 cm (Villeda, 1994), para obtener el rendimiento de vaina verde (RVV g m<sup>-2</sup>), número de vainas (NV m<sup>-2</sup>), longitud (LV) y diámetro de vaina (DV). Para evaluar el crecimiento en cada tratamiento se realizaron muestreos destructivos de dos plantas dentro de la parcela útil a los 29, 75 y 100 dds; y se midió el área foliar (sin incluir peciolos) con un integrador (LI-COR 3100). Se determinó el índice de área foliar (IAF), el número de hojas verdes (NHV) y la duración del área foliar total (DAFT). El IAF y la DAFT se estimaron según el criterio presentado en Escalante y Kohashi (1993), mediante las siguientes ecuaciones:

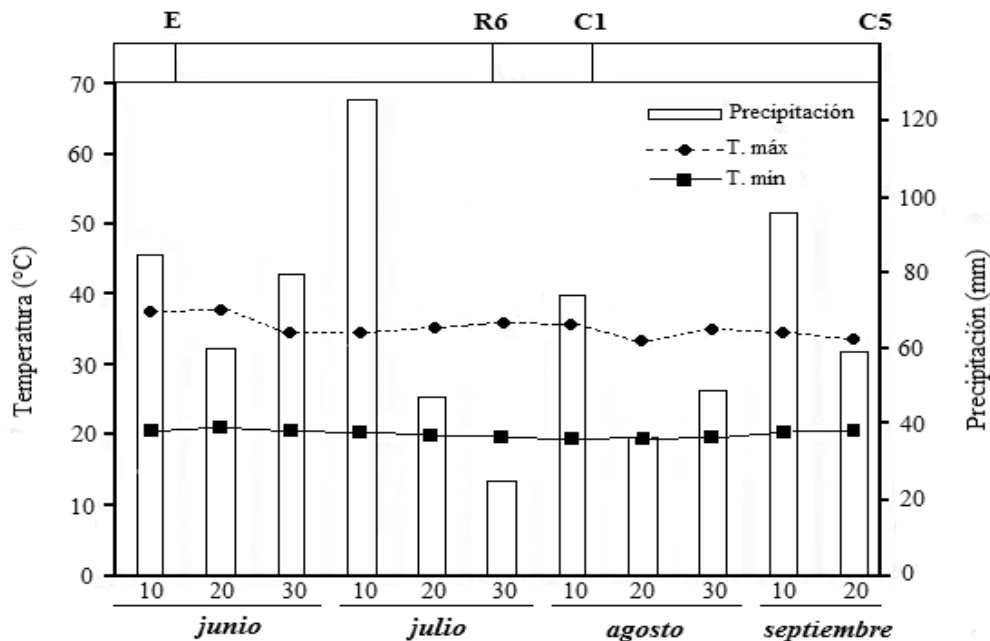
IAF = (AF/NP)\*DP/10,000 cm<sup>2</sup>, donde: IAF = índice de área foliar (cm<sup>2</sup>), NP = número de plantas muestreadas, DP = número de plantas por m<sup>-2</sup>.

$DAFT = \sum (IAF_1 + IAF_2) (t_2 - t_1) / 2$ , donde: DAFT = duración del área foliar total,  $\sum$  = suma de la duración del área foliar de cada uno de los muestreos realizados,  $IAF_1$  = índice de área foliar en un tiempo inicial ( $t_1$ , en días),  $IAF_2$  = índice de área foliar en un tiempo final ( $t_2$ , en días). Para conocer el requerimiento térmico e hídrico del frijol chino en relación a la fenología y al tipo de espaldera, se determinó la acumulación de unidades calor por el cultivo mediante el método residual, utilizando la siguiente ecuación (Snyder, 1985):  $UC = [(T_{m\acute{a}x} + T_{m\acute{i}n}) / 2] - TB$ , donde:  $T_{m\acute{a}x}$  = temperatura máxima diaria ( $^{\circ}C$ ),  $T_{m\acute{i}n}$  = temperatura mínima diaria ( $^{\circ}C$ ),  $TB$  = temperatura base o umbral  $10^{\circ}C$  para frijol chino (Barrios y López, 2009), la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) ( $mm\ d^{-1}$ ), se calculó a partir de la evaporación del tanque tipo “A”, utilizando 0.75 como coeficiente para el evaporímetro y valores de  $K_c$  en función del porcentaje de desarrollo del cultivo (Doorenbos y Pruitt, 1986). Se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA), donde;  $EUA = \text{rendimiento de vaina} / \text{evapotranspiración estacional } (ET_c)$ . Se realizó el análisis de varianza a las variables de respuesta, y las que resultaron con significancia, se les hizo la prueba de comparación de medias de Tukey  $\alpha = 0.05$ . Adicionalmente, se aplicó un análisis económico discreto a las variables rendimiento de vaina en frijol chino y grano en maíz y girasol para determinar el mayor ingreso neto del agrosistema, utilizando la siguiente relación (Volke, 1982):  $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$ , donde  $IN$  = ingreso neto,  $Y$  = rendimiento ( $kg\ ha^{-1}$ ),  $Py$  = precio por kilogramo de vaina y semilla,  $\sum XiPi$  = suma de costos variables,  $CF$  = costo fijo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Elementos de clima y fenología

En la Figura 1 se presentan las temperaturas máxima y mínima (media decenal) y la precipitación estacional (suma decenal). El promedio durante la estación de crecimiento de T<sub>máx</sub> osciló entre 38 y 33 °C y la T<sub>mín</sub> entre 22 y 20 °C. La temperatura más alta ocurrió en la segunda decena después de la emergencia y posteriormente tendió a disminuir conforme avanzó el ciclo de cultivo. La precipitación acumulada durante la estación de lluvia fue 1190 mm, de la cual 738 mm (62 % del total) ocurrió durante el desarrollo del experimento (08 de junio a 16 de septiembre de 2009). De ésta, 387 mm (52 %) se presentó en la época de floración y el último corte de vaina.



E, R6, C1 y C5 se define en materiales y métodos

**Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo de frijol chino en espaldera inerte y asociado con maíz y girasol. Cocula, Gro. 2009.**

En Frijol chino, tanto en espaldera convencional como en espaldera viva, las etapas fenológicas ocurrieron en tiempos similares. Así, la emergencia de plántulas se presentó a los cinco días después de la siembra (dds); el inicio de floración (R6) ocurrió a los 50 dds, en donde se tuvo la menor precipitación; el primer corte (C1) a los 65 dds y el último corte (C5) a los 100 dds



(Figura 1). Al respecto, Garduño *et al.* 2009; Davis y García, 1983; Guzmán, 1985) encontraron que la fenología del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) no fue modificada al sembrarlo con girasol respecto al unicultivo. Ávila *et al.* (2006), encontraron que en clima semiárido el frijol chino cv. Sesenteño presentó 75 días a floración (R6) y a llenado de vaina 105 días.

### Evapotranspiración del cultivo

En la Figura 2 se presenta la evapotranspiración (ETc) acumulada del cultivo con relación a los días después de la siembra y la fenología. Se puede observar que se ajusta a una relación lineal como  $y = a + bx$ . No se encontraron diferencias entre tratamientos, así, para frijol chino fueron de 15, 114, 171 y 278 mm para emergencia, inicio de floración y, primero (C1) y ultimo corte (C5). Valores similares reportan Labarca *et al.* (1999), quienes al estudiar la optimización del riego en frijol chino reportan un ETc acumulado de 301 mm.

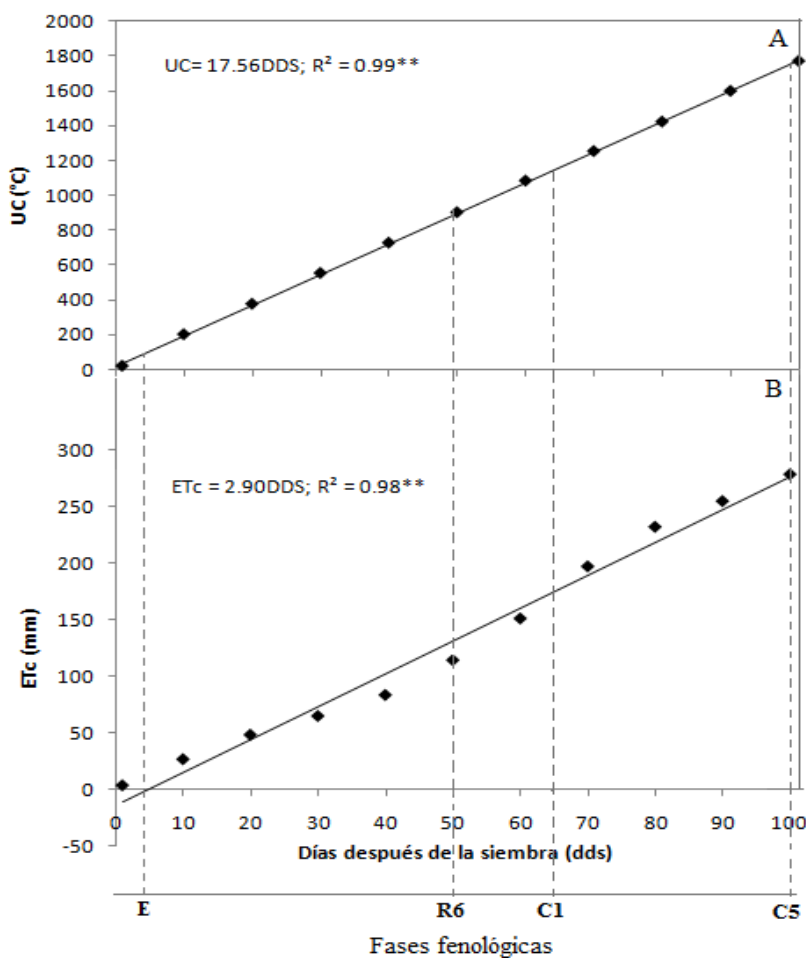


Figura 2. Unidades calor (A) y evapotranspiración (B) acumulados en frijol chino en espaldera convencional y viva. Cocula, Gro. Verano de 2009.

## **Unidades Calor**

En la Figura 2 se presenta la acumulación de unidades calor (UC) en relación a los días después de la siembra y la fenología del cultivo, la cual se ajustó a una relación lineal como  $y = a + bx$ . Así, las UC para frijol chino tanto en espaldera convencional y viva fueron de 101.2 °C a la emergencia, 901 °C a inicio de floración, 1168 °C a primer corte y 1770 a último corte. Al respecto Guangyou *et al.* (2006), al evaluar la habilidad de competencia de frijol chino de diferentes hábitos de crecimiento en clima mediterráneo, y considerar una temperatura base de 10 °C, reportan un valor medio de UC de 1500 °C, este valor más bajo se atribuye a las menores temperaturas ocurridas durante el desarrollo del experimento en relación a la presente investigación.

## **Rendimiento y componentes del rendimiento**

En el Cuadro 1 se observa que el rendimiento de vaina y número de vainas  $m^{-2}$  mostraron cambios significativos por efecto del tipo de espaldera, en contraste, la longitud y diámetro de vaina no mostraron cambios significativos.

El rendimiento de vaina verde total (RVV,  $g m^{-2}$ ) y por corte, mostró cambios significativos por el tipo de espaldera. El RVV del frijol chino en espaldera viva se redujo en relación a la espaldera convencional en 60 % al asociarlo con maíz y 68 % con girasol (Cuadro 1). Esto puede atribuirse a la competencia por nutrimentos y luz (Vandermeer, 1992). En cuanto a espalderas vivas, la mejor combinación fue con maíz al superar en 25% el RVV respecto a la combinación con girasol. Singh *et al.* (2003) mencionan que el RVV de esta especie al establecerse en asociación se reduce en el orden del 54 al 76 %. Por otra parte, Jana *et al.* (2000) al evaluar la eficiencia de la asociación frijol (*P. vulgaris*) - maíz, encontraron una reducción del 67 al 85 % en el rendimiento de frijol en asociación comparado con el unicultivo. Garduño *et al.* (2009) evaluaron la biomasa y rendimiento de frijol común con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol encontrando una disminución del RVV del 9% en la asociación respecto al unicultivo. Las reducciones en el RVV encontradas en el presente estudio fueron similares a los encontrados en *P. vulgaris* por: Singh *et al.*, 2003; Jana *et al.*, 2000 y Garduño *et al.*, 2009.

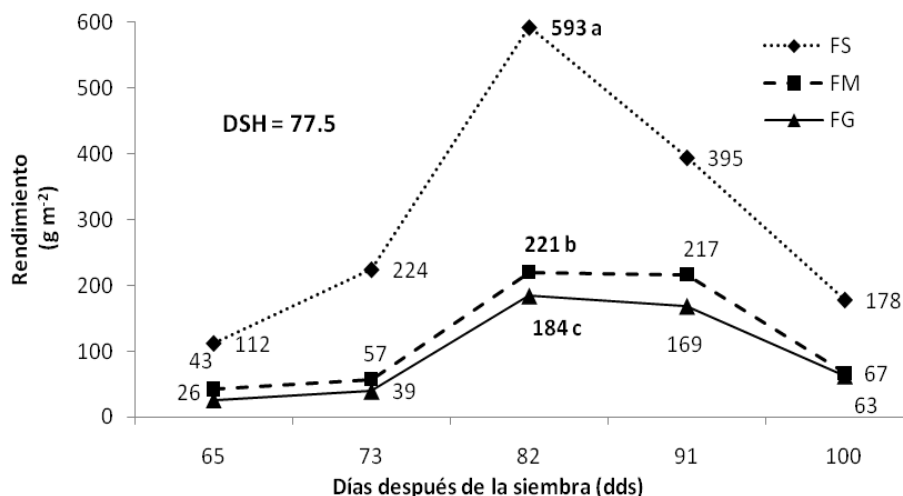
## Rendimiento por corte

En la Figura 3 se presenta la dinámica de producción de ejotes por corte en donde se observa que en todos los cortes el frijol chino en espaldera convencional supera al de espaldera viva. La mayor producción de vaina se encontró en el tercer corte y representó el 40, 37, y 38 % del rendimiento total para FS, FM y FG, respectivamente. Entre espalderas vivas, el tratamiento FM superó a FG en todos los cortes. Rodas (2001), al determinar el número y periodo óptimo de corte de ejote en fresco en 16 cultivares de frijol rienda (*Vigna unguiculata* L. Fruwirth), realizó 8 cortes en donde el mayor porcentaje de producción de vaina ocurrió a los 80 dds (5° corte).

**Cuadro 1. Rendimiento ( $\text{g m}^{-2}$ ), número ( $\text{m}^2$ ), longitud (cm) y diámetro (cm) de vaina verde de frijol chino en Cocula, Gro. Verano 2009.**

<b>Espaldera</b>	<b>Rendimiento (<math>\text{g m}^{-2}</math>)</b>	<b>No. vainas (<math>\text{m}^2</math>)</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Diámetro (cm)</b>
FS	1501 a <sup>¶</sup>	149 a	42 a	0.8 a
FM	604 b	84 b	37 a	0.9 a
FG	482 c	59 c	40 a	0.9 a
Media general	862	97	40	0.9
Prob F	**	**	NS	NS
DSH <sub>0.05</sub>	95.5	12.0	7.4	0.2

<sup>¶</sup>Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ . NS, \*, \*\*: No significativo y significativo a una  $P \leq 0.05$  y  $0.01$ , respectivamente, DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.



Se anotó el valor de la SDH a los 82 dds, porque en esa fecha se alcanzó el valor máximo.

**Figura 3. Rendimiento de vaina fresca por corte en espaldera convencional y viva. Cocula, Gro. Verano 2009.**

### Número de vainas verdes

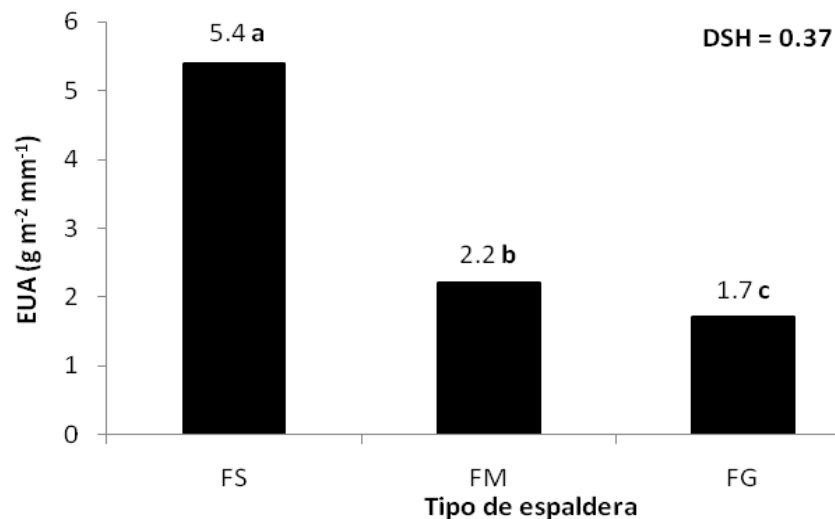
El NV m<sup>-2</sup> mostró cambios significativos debido a la espaldera. Con espaldera convencional se encontró el mayor NV con 149 vainas m<sup>-2</sup>. Mientras que en espaldera viva con maíz 84 vainas m<sup>-2</sup>, y en girasol 59 vainas m<sup>-2</sup> (Cuadro 1). Al respecto Ávila *et al.* (2010), reportan 89 vainas m<sup>-2</sup> en siembras en unicultivo con el cultivar de crecimiento indeterminado IT90K-277-2 en clima BS. Por otra parte, Escalante *et al.* (1980), reportan que en frijol (*P. vulgaris*) el NV disminuye por efecto del sombreado. Esto sugiere que la competencia por luz es una de las causas que ocasiona que el NV del frijol chino disminuya en siembra con espaldera viva (maíz y girasol).

### Longitud y diámetro de vaina

Para la longitud y diámetro de vaina (LV y DV, respectivamente) no se observaron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1). La LV y DV media fue de 40 y 0.9 cm, respectivamente. Por otra parte, Ávila *et al.* (2010), al evaluar cultivares de frijol chino (Paceño, Cuarenteño, IT90K-277-2 y Sesenteño) encontraron diámetros de vaina entre 0.78 y 0.93 cm. Los cuales son similares a los encontrados en el presente estudio. Jiménez, (2004) encontró longitudes de 43 cm en el cultivar Blanca local, la cual es muy similar a la longitud encontrada en la presente investigación.

### Eficiencia en el uso del agua

La EUA mostró cambios significativos por efecto del tipo de espaldera. Así, el frijol sembrado en espaldera convencional presentó la mayor EUA ( $5.4 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ), seguido del frijol sembrado con maíz ( $2.2 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) y frijol con girasol ( $1.7 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) (Figura 4). Esto puede atribuirse a que el cultivo utilizado como espaldera viva presente una alta competencia por los insumos agrícolas con el frijol chino, en este estudio se observa que es mayor en girasol que en maíz. Tendencias similares son reportadas por Jana *et al.* (2000), quienes encontraron mayor competencia del maíz respecto al frijol al asociarlos, también se ha determinado que el mijo y la mostaza presentan mayor competencia que el trigo al asociarse (Singh y Gupta 1993; y Willey, 1979).



**Figura 4. Eficiencia en el uso del agua (EUA) del frijol chino en función del tipo de espaldera. Cocula, Gro. Verano de 2009.**

### Número de hojas verdes, índice de área foliar, y duración del área foliar

El número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar total (DAFT) mostraron cambios significativos por efecto de los tratamientos (Cuadro 2). En los tratamientos bajo estudio el NHV e IAF se fue incrementando a partir de la emergencia del cultivo hasta alcanzar el valor máximo a los 100 dds (Cuadro 2). El NHV del frijol chino en espaldera convencional  $334 \text{ hojas m}^{-2}$  superó al de espaldera viva. El frijol chino sembrado con maíz y girasol presentaron  $148$  y  $159 \text{ hojas m}^{-2}$ , respectivamente.

Asimismo el IAF del frijol chino en espaldera convencional fue el más alto (1.3) a los 100 dds, seguido del frijol chino sembrado con girasol (0.8) y el valor más bajo se obtuvo en la siembra de frijol chino con maíz (0.7), tendencias similares encontraron Garduño *et al.* (2009), quienes al evaluar la biomasa y rendimiento de frijol común (*P. vulgaris*) con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol, obtuvieron valores más altos de IAF en unicultivo (3.49) que en asociación (3.37). En relación a la DAF, la más alta correspondió a la siembra de frijol chino en espaldera convencional con 57 días, seguido del frijol chino sembrado con girasol con 29 días y la siembra con maíz con 25 días (Cuadro 2). Los menores valores de NHV, IAF y DAFT encontrados en el frijol chino es espaldera viva respecto a la convencional pueden atribuirse a la competencia de la espaldera viva con el frijol chino, al respecto, Sarandon y Chamorro (2003) mencionan que la competencia generada por distintas especies que comparten un mismo espacio se define como un proceso a través del cual los cultivos limitan los recursos mutuamente, de tal manera que este no satisface su demanda generando una reducción en el crecimiento y supervivencia. En este sentido Francis *et al.*, (1978) encontraron reducciones del 35% en el tamaño del dosel vegetal del frijol común en espaldera viva respecto al unicultivo, esto lo atribuyen a la competencia intensa por recursos del suelo y radiación fotosintéticamente activa que se establece entre el frijol y la espaldera viva (Camarena y Cerrate, 1980). Finalmente se observa que un mayor rendimiento de vaina en frijol chino en espaldera convencional respecto a la espaldera viva se relaciona con mayor número de vainas, eficiencia en el uso del agua, número de hojas, índice y duración del área foliar.

**Cuadro 2. Número de hojas verdes (NHV), Índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar (DAF) de frijol chino en función del tipo de espaldera. Cocula, Gro. Verano 2009.**

Espaldera	NHV (m <sup>2</sup> )			IAF			DAF (días)
	29	75	100	29	75	100	
FS	57 a <sup>¶</sup>	230 a	334 a	0.23 a	1 a	1.3 a	57 a
FM	25 b	100 b	148 b	0.05 c	0.4 c	0.7 c	25 b
FG	24 b	107 b	159 b	0.09 b	0.5 b	0.8 c	29 c
Media	36	146	213	0.13	0.6	0.9	37
Probabilidad F	**	**	**	**	**	**	**
DSH <sub>0.05</sub>	1.53	26.9	17.8	0.01	0.04	0.06	1.5

<sup>¶</sup>Valores con la misma letra en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P ≤ 0.05. <sup>NS</sup>, \*, \*\*: No significativo y significativo a una P ≤ 0.05 y 0.01, respectivamente, DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5 % de probabilidad de error.

### Rentabilidad económica del frijol chino en función del tipo de espaldera

En el cuadro 3 se presenta el análisis económico para el rendimiento de vaina en frijol chino y grano en maíz y girasol. El tratamiento de frijol chino en espaldera convencional fue el que generó mayor rendimiento de vaina (15,010 kg ha<sup>-1</sup>), sin embargo, mostró el costo variable y total más alto y un ingreso neto menor que el agrosistema frijol - maíz, que no obstante de tener un rendimiento de vaina más bajo (6,040 kg ha<sup>-1</sup>), se compensó con el rendimiento de grano de maíz (3,097 kg ha<sup>-1</sup>) y un costo variable y total más bajo en comparación con el frijol chino en espaldera convencional. El tratamiento FG mostró la menor rentabilidad económica. Tendencias similares encontraron Garduño *et al.* (2009), quienes obtuvieron mayor ingreso neto (\$57,956.00) con frijol común en espaldera viva en relación a la espaldera convencional (\$29,746.00). Con el uso de espalderas vivas se tienen dos fuentes de alimento (vainas y grano) y un bajo costo de producción, mientras que con la espaldera convencional se requiere una fuerte inversión y disponer de capital que no es común para los agricultores de subsistencia.

**Cuadro 3. Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para tres agrosistemas. Cocula, Gro. Verano de 2009.**

Agrosistemas	Rend. de vaina (kg ha <sup>-1</sup> )	Rend. de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Ingreso total (\$)	Costo fijo (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)
FS	15,010	0	62592	3,158	34,385	37,543	25049
FM	6,040	3,097	40982	3,158	9,040	12,198	28784
FG	4,820	1,109	26121	3,158	8,290	11,448	14673

Ingreso total = Rendimiento \* precio por kg de vaina (\$ 4.17), grano de maíz (\$ 3.90) y grano de girasol (\$ 4.43). Costo fijo = incluye costos de preparación del terreno, deshierbes, control de plagas y enfermedades y la fertilización. Costos variables = incluyen el costo de la malla, polines, acomodo de guía, cortes de vaina, cosecha de maíz y girasol. Costo total = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = ingreso total – costo total.

## **CONCLUSIONES**

La fenología, Evapotranspiración (ETc), Unidades calor del frijol chino no presentan cambios en espaldera convencional y viva. El crecimiento y rendimiento y eficiencia en el uso del agua del frijol chino en espaldera convencional supera al logrado con espaldera viva. En espaldera viva el crecimiento y rendimiento del frijol chino en espaldera de maíz supera a la siembra con espaldera de girasol. En los tratamientos la longitud y diámetro de vaina del frijol chino no presentan cambios en relación al tipo de espaldera. La mayor producción de vaina ocurrió en el tercer corte (82 dds). La mayor rentabilidad económica se encontró con el frijol chino en espaldera de maíz.



## LITERATURA CITADA

- Alba O A, M Llanos C (1990)** El cultivo del girasol. Agroguías Mundiprensa. Madrid, España. 80 p.
- Ávila S N Y, Murillo A B, Palacios E A, Troyo D E, García J L, J A Larrinaga, B M Mellado (2006)** Caracterización y obtención de funciones para la producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: II Método do destructivo. Técnica Pecuaria. Méx. 44: 119-128.
- Ávila S N Y, A B Murillo, V J L Espinosa, E A Palacios, T A Guillén, P R Luna, H L García. (2010)** Modelos de predicción del rendimiento de grano y caracterización de cinco cultivares de frijol yorimón. Tropical and subtropical Agroecosystems 12: 11-18.
- Barrios G E J, C López C (2009)** Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. Agrociencia 43: 29-35.
- Badelman A (1990)** Woody legumes as live support systems in yam cultivation. I. The tree-crop interface. Agroforestry Systems 10: 47-59.
- Cammarena P, A Cerrate (1980)** Comparación de sistemas de monocultivo y asociado y época oportuna de siembra de frijol en asociación con maíz en el callejón de Haylas, Perú. An. Cient. UNA, Lima 18: 191-197.
- Cannock R M (1990)** Comportamiento de tres cultivares de arveja de vaina comestible (*Pisum sativum* var. *Saccharatum*) conducida con y son espalderas. UNALM, Lima, Perú. 42 p.
- Dahmardeh M, A Baratoli, B Syasar, M Ramroudi (2009)** Effect of intercropping Maize (*Zea mays* L.) with Cow Pea (*Vigna unguiculata* L.) on green forage Yield and Quality Evaluation. Asian Journal of plant Sciences 8(3): 235-239.
- Davis J, S García (1983)** Competitive ability and growth habit of indeterminate beans and maize for intercropping. Field Crop Res. 6: 59-75.
- Díaz F A, F Leal (1992)** Status of horticulture in northern Tamaulipas, México. Subtropical Plant Sci. 45: 58-59.

- Doorenbos J, W O Pruitt (1986)** Las necesidades de agua por los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Manual 24.
- Escalante E J A, J Kohashi S, R O B Gómez (1980)** Efecto del sombreado artificial en tres épocas a partir de la floración sobre el rendimiento en semillas y sus componentes del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) Agrociencias 42: 5-16.
- Escalante E J A, J Kohashi S (1993)** El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.
- Escalante E J A (1995)** Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. Agroproductividad 12: 28-32.
- Francis C, M Prager, D Laing, C A Flor (1978)** Genotype x environment interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize Crop Sci. 18: 242-246.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Garduño G J, E J Morales, V S Guadarrama, J A Escalante E (2009)** Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. Serie Horticultura 15: 33-39.
- Guangyou W, E M Milton, D E Jeff, E C S Marchis (2006)** Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. Weed Science 54: 775-782.
- Guzmán C (1985)** Efecto de cinco épocas de siembra y dos sistemas de producción en el rendimiento del sistema maíz x frijol. Facultad de agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 40 p.
- Jana A C, P B Krarup, R P Fuentes (2000)** Eficiencia e la asociación maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). Agro sur 28: 71-80.

- Jiménez J (2004)** Evaluación de germoplasma de vainita (*Vigna sesquipedalis* L.). Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. IDIAF. Santo Domingo, República Dominicana. pp: 5-10.
- Labarca M V, S C Mora, S F Silva, B Bracho, C R Castro, O Mavares, A Higuera (1999)** Optimización de riego en frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp en suelos de la altiplanicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agro. (LUZ). 16: 306-317.
- Llanos C M (1984)** El maíz, su cultivo y aprovechamiento. Ediciones MUNDI – PRENSA. Madrid, España. pp: 28, 29.
- Lorenz D, D Maynard (1988)** Handbook for vegetable growers (3th ed). John Wiley & Sons.
- Morales R E J, J A Escalante E, L Tijerina C, V Volke H, E Sosa M (2006)** Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol – frijol. Terra Latinoamericana 24: 55-64.
- Quiroz A I, M Douglas (2003)** Rendimiento en grano y eficiencia en una asociación maíz (*Zea mays*) y quinchoncho (*Cajanus cajan*) con y sin fertilización. Bioagro. 15(2) 121-128.
- Rodas R (2001)** Determinación del número y periodo óptimo de corte de ejote en fresco de 16 cultivares de frijol rienda (*Vigna unguiculata* L. Fruwirth), bajo condiciones de granja. Zahorí, Cuyotenango, Suchitepéquez. GT, USAC-CONSUROC. pp. 25-26.
- Sarandón J S, M A Chamorro (2003)** Policultivos en los sistemas de producción de grano. Bases fundamentales para el manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. pp: 353-370.
- Snyder R L (1985)** Hand calculating degree days. Agri. For. Meteorol. 35: 353-358.
- Singh B B, H A Ajeibe, S A Tarawali, S R Fernandez, M Abubakar (2003)** Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. Field Crops Research 84: 169-177.

- Singh R, P Gupta (1993)** Agressivity, competitive ratio and relative crowding coefficient of wheat (*Triticum aestivum*) and indian mustard (*Brassica juncea*) in mixed and intercropping systems. Indian Journal of Agricultural Sciences 63: 1-3.
- Singh S R, K Rachie (1985)** Cowpea: research, production and utilization. John Wiley & Sons.
- Summerfield R J (1974)** Cowpeas, *Vigna unguiculata*, a review. Field Crop. 27: 301-312.
- Vandermeer L V (1992)** The ecology of intercropping Cambridge, Cambridge University Press. 231 p.
- Villareal R (1980)** Tomatoes in the tropics internacional agricultura development service Colorado, USA. 174 p.
- Volke H V (1982)** Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 61 p.
- Villeda R (1994)** El cultivo del frijol francés. Maga, Guatemala. Proyecto de desarrollo agrícola. 34 p.
- Willey R W (1979)** Intercropping. Its importance and research needs part I. Competition and yield advantages. Field Crop. 32: 1-10.

## CAPÍTULO II

### **FENOLOGÍA, BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA**

# FENOLOGÍA, BIOMASA Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL CLIMA Y TIPO DE ESPALDERA

Patricio Apáez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## RESUMEN

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es fuente de proteína, carbohidratos, vitaminas, minerales y fibra. Los cultivares de hábito indeterminado requieren de espaldera para lograr un mayor desarrollo, lo cual incrementa el costo de producción, mismos que se puede reducir utilizando como espaldera viva el maíz y girasol. El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y rendimiento del frijol chino en espaldera convencional y viva. En condiciones de temporal en el verano de 2009, en clima cálido (Cocula, Gro.) y clima templado (Montecillo, Méx.) en una variedad de frijol chino de crecimiento indeterminado se estudió rendimiento y biomasa total, y se estimaron índice de cosecha, eficiencia en el uso del agua y rentabilidad económica en espaldera convencional (FS), espaldera de maíz (FS) y girasol (FG). Se registró la temperatura máxima y mínima, cantidad de lluvia y evaporación. El frijol chino en clima cálido con espaldera convencional fue más eficiente en el uso del agua lo que produjo mayor rendimiento de grano ( $68 \text{ g m}^{-2}$ ) y biomasa total ( $253 \text{ g m}^{-2}$ ), en espaldera viva de maíz el rendimiento superó en 13 % a la siembra con girasol. El mayor ingreso neto se obtuvo con la espaldera de maíz seguido del girasol y convencional. El uso de espaldera viva puede ser una alternativa para la producción de frijol chino.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, espalderas viva, convencional, eficiencia en el uso del agua, análisis económico.

# **PHENOLOGY, BIOMASS, YIELD COWPEA AS AFFECTED BY CLIMATE AND TRELLISES TYPE**

Patricio Apáez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## **ABSTRACT**

Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is source of protein, carbohydrates, vitamins, minerals and fiber. The limiting factor for cultivation is the requirement of conventional trellis that increases production costs, these can be reduced with the use of maize and sunflower as lives trellis. The object of this study was to determine the growth and yield of cowpea in trellis conventional and living. In rainfed conditions in the summer of 2009, in hot weather (Cocula, Gro.) and cold weather (Montecillo, Mex.). In a variety of cowpea of indeterminate growth were evaluated, total biomass and were estimated harvest index, efficiency in water use and economic efficiency in the conventional trellis (FS) trellis of maize (FS) and sunflower (FG). Was recorded the maximum and minimum temperature, amount rainfall and evaporation. Cowpea in hot climate with conventional trellis was more efficient in water use which generated higher grain yields ( $68 \text{ g m}^{-2}$ ) and total biomass ( $253 \text{ g m}^{-2}$ ), living trellis maize yield exceeded in 13 % at sowing sunflower. With maize trellis generated the highest net income followed by sunflower and conventional. The use of live trellis can be an alternative for cowpea production.

**Index words:** *Vigna unguiculata*, living trellises, conventional, efficient water use, economic analysis.

## INTRODUCCIÓN

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) es un cultivo de gran importancia socioeconómica, cultural, nutricional y medicinal; ya que es fuente de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales (Sales y Rodríguez, 1988), y por su alto contenido de fibra puede ser usado en el tratamiento contra la obesidad problema que aqueja actualmente a la población mexicana (Apáez *et al.*, 2009); a nivel mundial para el año 2005, la producción de *Vigna* se estimó en 4.5 millones de toneladas de grano (FAO, 2006). En México las principales áreas de producción son: Tamaulipas, Baja California Sur, Norte de Sinaloa y Sur de Sonora, en estos estados su producción es parte de los cultivos tradicionales y es principalmente para auto consumo (Murillo *et al.*, 2000). En el estado de México no se reporta la siembra de frijol chino; mientras que en el estado de Guerrero se cultiva en las regiones de Tierra Caliente y Norte, donde la superficie de siembra se ha reducido por la fuerte inversión requerida para la adquisición de la espaldera necesaria para mantener erguida la planta. La siembra de frijol en espaldera convencional incrementa los costos de producción hasta 30% debido a la utilización de varas de madera como tutor o espaldera; además la práctica produce un daño ecológico por la deforestación de especies maderables por el corte de material vegetal joven o rebrotes tiernos, afectando la regeneración de los bosques (Néstor *et al.*, 1994). Por esta razón, se recurre a la siembra asociada con otra especie que actúa como espaldera viva. En México, 30% de la producción de frijol común se realiza bajo asociación principalmente con maíz en pequeñas extensiones, en este sistema el maíz cumple la función de espaldera viva y la mano de obra familiar es importante (Francis, 1986). Según Hart (1975) el rendimiento de una especie es menor cuando está asociada que en monocultivo. No obstante, en los sistemas asociados la estabilidad de producción es mayor y el riesgo a través de los años es menor que en los monocultivos. Entre el cultivo de interés y la espaldera viva se establece una competencia interespecífica (Harper, 1977; Kruk y Satorre, 2003). Wiley (1979), por lo que en un sistema de siembra binario los recursos juegan un papel importante en el comportamiento de los cultivos. En muchos casos los recursos no utilizados por una especie pueden ser usados por la otra, esta complementación explica las ventajas derivadas del sistema de siembra. El maíz y girasol por sus características morfológicas (tallo erecto) pueden servir como soporte al frijol chino de guía y proporcionar al suelo beneficios potenciales como control de la erosión y el mejoramiento de la estructura y contenido de materia orgánica del suelo (Biederbeck y Bouman, 1994). El maíz es la base de la alimentación del pueblo mexicano, especialmente de las clases populares, al tener un



consumo per cápita de 127 kg año<sup>-1</sup>, el cual provee 70% de las calorías y 50% del consumo proteico diario (Guerra y Osorio, 2002). El girasol es un cultivo de importancia económica mundial, en el que el principal producto de la semilla (fruto botánicamente) es el aceite para consumo humano, la industria oleoquímica y el ganado aviar. Pandey (1990); Muleba y Mwanke (1991) mencionan que el frijol chino tienen gran capacidad de adaptación a diversas condiciones agroclimáticas, en el que la mayoría de los estudios realizados en México y otras partes del mundo se han hecho bajo condiciones de clima cálido y los estudios en clima templado son escasos. Los objetivos del presente estudio fueron determinar la influencia del tipo de espaldera y elementos del clima sobre la fenología, biomasa, el rendimiento y componentes del frijol chino y evaluar la rentabilidad del agrosistema bajo clima cálido y templado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

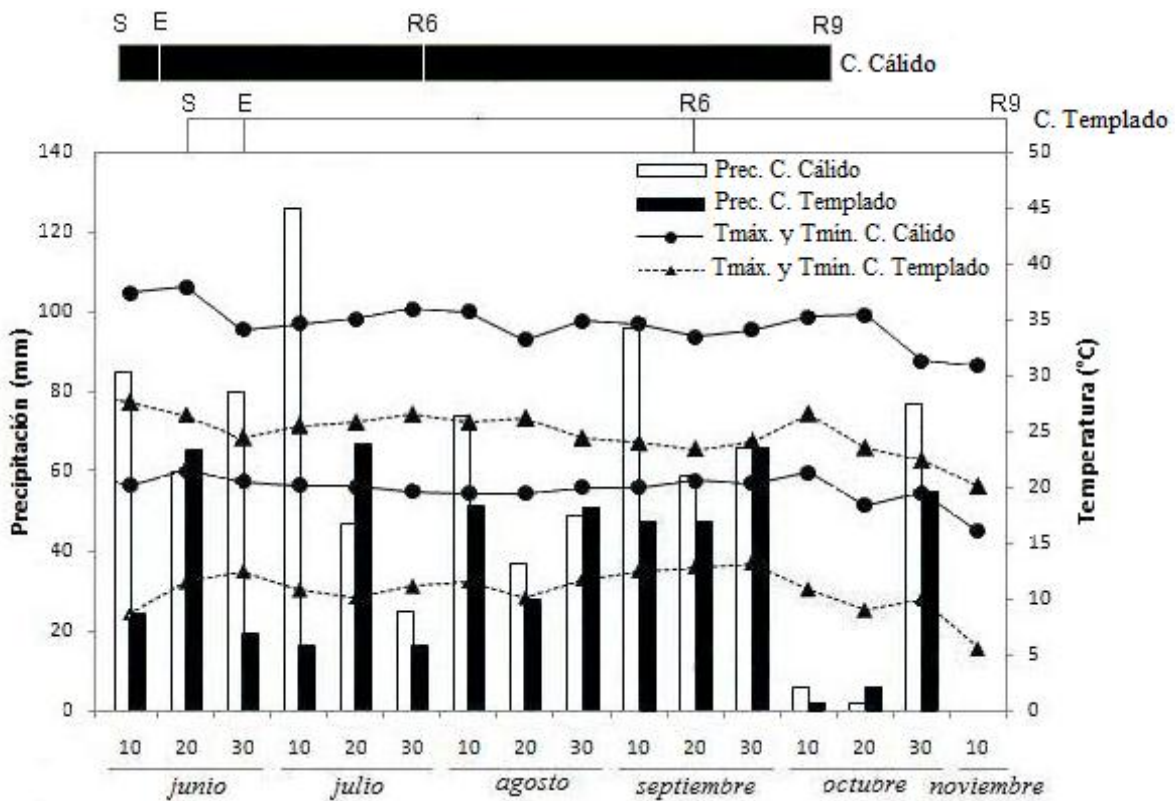
El estudio se estableció durante el verano de 2009 bajo condiciones de precipitación pluvial estacional en los campos experimentales del Colegio Superior Agropecuario de Estado de Guerrero, Cocula, Gro. (18° 19' LN, 99° 39' LO y 640 msnm), de clima cálido con lluvias en verano, suelo de textura arcillosa, con pH de 7.1, conductividad eléctrica de 0.23 dS m<sup>-1</sup> y materia orgánica de 1.69 %; y el Colegio de Postgraduados en Montecillo, Méx. (19° 29' LN; 98° 54' LO y 2250 msnm), de clima templado, con un régimen de lluvias en verano (García, 2005), con suelo de textura arcillosa, pH de 8.0, conductividad eléctrica de 0.69 dS m<sup>-1</sup> y materia orgánica de 0.86%. En cada localidad se realizó la siembra del frijol chino (*Vigna unguiculata*) de crecimiento indeterminado en tres sistemas de espaldera: a) Convencional (postes de madera y malla melonera, FS), b) Maíz H-516 (clima cálido) y H-34 (clima templado) (FM) y; c) Girasol cv. Victoria (FG). La siembra en clima templado se realizó el 15 de junio y el 8 de junio en clima cálido, la densidad fue de 6.2 plantas m<sup>-2</sup> (40 x 80 cm). Para cada clima el diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 5.0 x 2.4 m. Se fertilizó con 100-100-100 de NPK, aplicando el fósforo, potasio y la mitad de nitrógeno 15 días después de la siembra (dds) y el resto 45 dds. Durante el desarrollo del experimento se registró la temperatura máxima (T<sub>máx.</sub>, °C), mínima (T<sub>mín.</sub>, °C), evaporación (Ev., mm) y precipitación diaria (P., mm), así como la ocurrencia de las etapas fenológicas en frijol chino: días a emergencia (E), a inicio de antesis (R6) y a madurez fisiológica (R9) (Escalante y Kohashi, 1993). En cada etapa fenológica se determinó la acumulación de unidades calor por el cultivo (UC, °C d<sup>-1</sup>) mediante el método residual (Snyder, 1985), el cual es descrito por la

siguiente relación:  $UC = T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}/2 - TB$ , donde  $T_{\text{máx}}$  = temperatura máxima diaria ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{\text{mín}}$  = temperatura mínima diaria ( $^{\circ}\text{C}$ ) y  $TB$  = temperatura base o umbral  $10^{\circ}\text{C}$  para frijol chino (Barrios y López, 2009). La evapotranspiración en el cultivo ( $ET_c$ ) ( $\text{mm d}^{-1}$ ) se calculó a partir de la evaporación del tanque tipo "A", utilizando 0.75 ( $K_e$ ) como coeficiente para el evaporímetro y valores de  $K_c$  en función del porcentaje de desarrollo del cultivo, a partir de la siguiente relación:  $ET_c = E_v * K_e * K_c$  (Doorenbos y Pruitt, 1986). A la cosecha con base en el criterio presentado en Escalante y Kohashi, (1993), se registró la biomasa aérea total (materia seca  $BT$ ,  $\text{g m}^{-2}$ ), el índice de cosecha ( $IC = RS/BT$ , %), rendimiento de semilla ( $RG$ , peso de semilla al 10 % de humedad,  $\text{g m}^{-2}$ ), número de semillas por  $\text{m}^2$  ( $NS$ ), peso de cien semillas ( $P100S$ ), número de vainas normales por  $\text{m}^2$  ( $NV$ ) y semillas por vaina ( $SV$ ). La eficiencia en el uso del agua para biomasa total y rendimiento de semilla ( $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ) se calculó considerando las relaciones  $EUA = BT, RS/ET_c$  (Escalante, 1995). A las variables señaladas se les aplicó un análisis de varianza combinado clima \* espaldera ( $C * E$ ). Las diferencias entre tratamientos se evaluaron con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Adicionalmente, se aplicó un análisis económico discreto a las variables rendimiento de grano en frijol chino, maíz y girasol para obtener el mayor ingreso neto, utilizando la siguiente relación:  $IN = YPy - (\sum XiPi + CF)$ , donde  $IN$  = ingreso neto,  $Y$  = rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $Py$  = precio por kilogramo de grano,  $\sum XiPi$  = suma de costos variables,  $CF$  = costo fijo (Volke, 1982).

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Elementos del clima

En clima cálido, la temperatura máxima y mínima promedio durante el desarrollo del cultivo fue de  $35$  y  $20$   $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. La temperatura más alta se presentó en la segunda decena después de la emergencia, para después disminuir conforme se llega a la madurez fisiológica del cultivo. La precipitación acumulada desde la siembra a madurez fisiológica fue de  $810$   $\text{mm}$ . La mayor precipitación ocurrió de floración a llenado de grano ( $57$  %). En clima templado durante todo el ciclo del cultivo la temperatura máxima y mínima fue inferior a la del clima cálido, presentando en promedio  $25$  y  $11$   $^{\circ}\text{C}$ , respectivamente y disminuyó conforme se llegó a la madurez fisiológica. La precipitación total acumulada en clima templado fue de  $611$   $\text{mm}$ ,  $199$   $\text{mm}$  menor que en clima cálido, por lo que el frijol chino estuvo sujeto a un déficit hídrico por mayor tiempo durante la etapa reproductiva (Figura 1). Estas diferencias en los elementos del clima pueden ser determinantes en el crecimiento y rendimiento del cultivo.



S, E, R6 y R9 = se presentan en materiales y métodos.

**Figura 1. Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo de frijol chino en espaldera convencional, de maíz y girasol cultivados en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

### Fenología

El ciclo de crecimiento del frijol chino fue más corto en clima cálido que en templado (125 y 150 días, respectivamente). En clima cálido, el periodo de siembra a emergencia (E, 5 días), a inicio de floración (R6, 50 días) y a madurez fisiológica (R9, 125 días) fue menor en 2, 45 y 25 días, respecto a clima templado, (7, 95 y 150 días a E, R6 y R9, respectivamente). Ávila *et al.* (2006), al evaluar la fenología del cv. Sesenteño en clima BS encontraron que la floración (R6) ocurrió a los 75 días y la madurez fisiológica a los 105 días.

## Unidades calor

Las unidades calor (UC) en el frijol chino entre tipo de espaldera fue similar. En contraste, las UC variaron en función del clima. En clima cálido las UC para la etapa vegetativa (EV), reproductiva (ER) y todo el ciclo del cultivo (CC) fueron 905, 1303 y 2208 °C, respectivamente (Figura 2). En clima templado el cultivo presentó un ciclo más largo y las UC acumuladas en las diferentes etapas fueron más bajas que en clima cálido (788, 360 y 1148 °C, para la etapa vegetativa (EV), etapa reproductiva (ER) y ciclo del cultivo (CC), respectivamente). Al respecto, Guanyao *et al.* (2006), en frijol chino de diferentes hábitos de crecimiento considerando una temperatura base de 10 °C en clima mediterráneo encontraron un valor medio de UC de 1500 °C. La mayor cantidad de UC acumulada (2208 °C) en clima cálido, con ciclo de cultivo más corto, en relación al clima templado, (1148 °C) posiblemente estuvo determinada por la temperatura máxima y mínima más alta característica de ésta región (35.1 y 20.3 °C en clima cálido; 25.0 y 10.7 °C en clima templado). Las UC para cada clima pueden ser estimadas mediante las ecuaciones  $UC = 17.47 DDS$ ,  $R^2 = 0.99^{**}$  y  $UC = 8.03 DDS$ ,  $R^2 = 0.99^{**}$  para clima cálido y templado, respectivamente (Figura 2A).

## Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración (ETc) del frijol chino fue similar en los diferentes tipos de espaldera. En contraste se observan cambios en la ETc en función del clima. En clima cálido la ETc total fue de 441 mm y se distribuyó en 183 y 258 mm en EV y ER, respectivamente (Figura 2). En clima templado, la ETc fue más baja en las etapas ER, y CC (130 y 377 mm) pero superior en EV (247 mm). En clima cálido, Labarca *et al.*, (1999); encontraron valores de ETc total similares (436 mm) para esta especie. En clima cálido, en un tiempo más corto del ciclo del cultivo, la ETc acumulada fue solo inferior en la EV con 64 mm, pero en las demás fases fenológicas del cultivo fue superior en 129 y 65 mm para ER y CC, respectivamente. La mayor ETc en clima cálido durante estas etapas puede estar asociada con las más altas precipitaciones y temperaturas incidentes en esta región. La ETc del frijol chino puede ser estimada mediante las ecuaciones  $ETc = 3.76 DDS$ ,  $R^2 = 0.99^{**}$  y  $ETc = 2.71 DDS$ ,  $R^2 = 0.99^{**}$ , para clima cálido y templado, respectivamente, en las que el valor de la pendiente de la recta indica que la tasa de demanda evaporativa del cultivo fue mayor en clima cálido (Figura 2B).

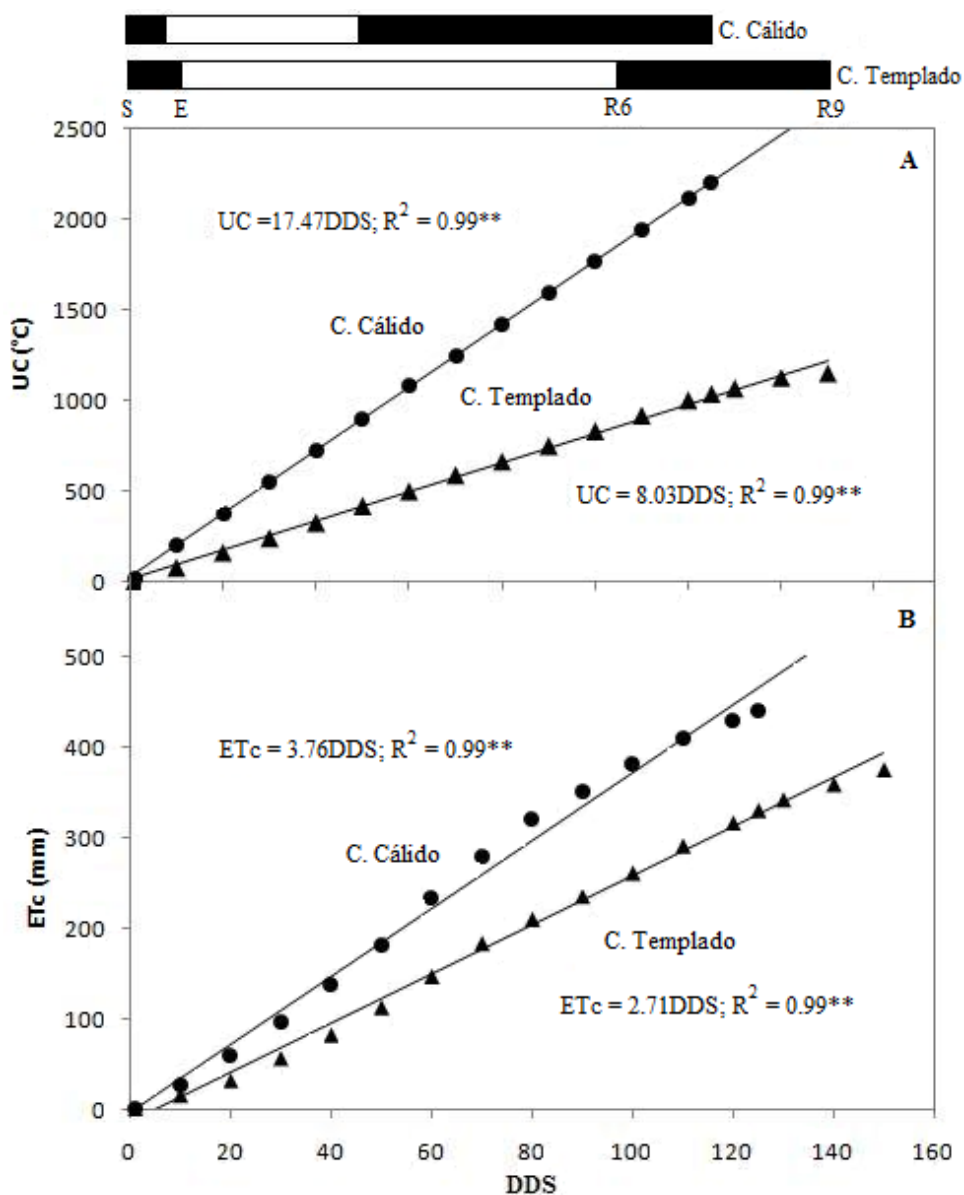


Figura 2. Unidades calor (A) y evapotranspiración acumuladas (B) durante el desarrollo del frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009.

### Rendimiento en grano y componentes

El rendimiento de grano (RG), número de semillas por m<sup>2</sup> (NS), peso de cien semillas (P100S), número de vainas por m<sup>2</sup> (NV) y semillas por vaina (SV) mostraron cambios significativos por efecto de clima (C); mientras que por tipo de espaldera (E) influyó en RG, NS y NV, en cuanto a la interacción clima \* tipo de espaldera (C \* E) afectó el RG y NS mostraron diferencias estadísticas significativas (Cuadro 1).

En clima cálido se encontraron mayores valores en RG ( $44 \text{ g m}^{-2}$ ), NS ( $214 \text{ m}^{-2}$ ), P100S ( $21 \text{ g}$ ), NV ( $12 \text{ m}^{-2}$ ) y GV ( $17 \text{ vaina}^{-1}$ ); que fueron superiores a los de clima templado en  $43 \text{ g m}^{-2}$ , 197 semillas por  $\text{m}^2$ , 12 g en el P100S, 9 vainas por  $\text{m}^2$  y 9 semillas por vaina, respectivamente. El bajo RG en clima templado se puede atribuir al retraso en la floración y un periodo reproductivo corto como consecuencia de temperatura más baja (Galindo y Clavijo, 2009), que fue interrumpido por ocurrencia de heladas (Davis *et al.*, 1991). En cuanto al tipo de espaldera, el mayor RG, NS y NV se encontró en espaldera convencional, al superar al frijol chino sembrado con maíz en  $18 \text{ g m}^{-2}$ , 98 semillas por  $\text{m}^2$  y 9 vainas por  $\text{m}^2$  y al frijol chino sembrado con girasol en  $20 \text{ g m}^{-2}$ , 114 semillas por  $\text{m}^2$  y 9 vainas por  $\text{m}^2$ . Tendencias similares reportan Olowe *et al.* (2006) con la asociación frijol chino con soya y girasol en el sureste de Nigeria reportando un rendimiento del frijol chino en monocultivo de  $93 \text{ g m}^{-2}$  y al asociarlo con girasol  $39 \text{ g m}^{-2}$ . Por su parte, Jana *et al.* (2000), estudiaron la eficiencia de la asociación maíz – frijol común y encontraron un RG ( $25 \text{ g m}^{-2}$ ) más bajo en la asociación que en monocultivo ( $76 \text{ g m}^{-2}$ ). Esto sugiere diferencias en el grado de competencia de las especies utilizadas como espaldera viva.

El análisis de la interacción clima \* tipo de espaldera mostró que el frijol chino en espaldera convencional sembrado en clima cálido tuvo mayor RG, NS, P100S, NV y SV y superó al cultivado en clima templado en  $65 \text{ g m}^{-2}$ , 286 semillas por  $\text{m}^2$ , 11 g el peso de cien semillas, 11 vainas por  $\text{m}^2$  y 8 granos por vaina, seguido de la siembra en clima cálido de frijol chino con maíz con incrementos respecto al establecido en clima templado de  $34 \text{ g m}^{-2}$ , 168 semillas por  $\text{m}^2$ , 12 g el peso de cien semillas, 10 vainas por  $\text{m}^2$  y 9 semillas por vaina, y el más bajo fue la siembra de frijol chino con girasol que superó al sembrado en clima templado en  $28 \text{ g m}^{-2}$ , 134 semillas por  $\text{m}^2$ , 11 g el peso de 100 semillas, 7 vainas por  $\text{m}^2$  y 8 semillas por vaina. A pesar de los bajos rendimientos del frijol chino en clima templado, el haber logrado producción de semilla sugiere la posibilidad de generar variedades adaptadas a estas condiciones y en consecuencia lograr la producción de frijol chino en este ambiente que previamente se considera difícil.

### **Biomasa total (BT)**

La biomasa total (BT) mostró diferencias estadísticas significativas por efecto del clima (C), el tipo de espaldera (E) y la interacción clima \* espaldera (C \* E) (Cuadro 2).

La mayor BT se encontró en clima cálido ( $156 \text{ g m}^{-2}$ ) y la más baja en clima templado ( $101 \text{ g m}^{-2}$ ). El frijol chino produjo la mayor BT cuando se sembró con espaldera convencional ( $204 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido de la espaldera de girasol ( $90 \text{ g m}^{-2}$ ) y maíz ( $91 \text{ g m}^{-2}$ ) estas últimas son

estadísticamente iguales. En cuanto a la interacción clima \* espaldera, la BT mayor se encontró en clima cálido y espaldera convencional ( $253 \text{ g m}^{-2}$ ) fue superior a la del clima templado ( $154 \text{ g m}^{-2}$ ); la BT en espaldera de maíz ( $109 \text{ g m}^{-2}$ ) fue superior a la de girasol ( $104 \text{ g m}^{-2}$ ); mientras que en clima templado la de girasol ( $78 \text{ g m}^{-2}$ ) superó a la de maíz ( $70 \text{ g m}^{-2}$ ). La BT menor del frijol en espaldera viva manifiesta un efecto de competencia del tutor por espacio, agua, luz y nutrimentos que limita el crecimiento del frijol (Sarandón y Chamorro, 2003). Al respecto, Morales y Escalante (2004) encontraron efectos de competencia en la asociación de frijol Canario 107 y girasol “Victoria”, en una menor producción de materia seca en frijol. La BT mayor del frijol chino en clima cálido sugiere que este es el ambiente más apropiado para el crecimiento de esta especie, como lo indica el requerimiento de temperatura  $>25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Quintero, 1985). El estudio de la biomasa de frijol chino es de importancia debido a que es muy apreciada como forraje fresco en pastoreo y conservado henificado y ensilado (Santiesteban *et al.*, 2001; Castillo *et al.*, 2009).

### **Índice de cosecha (IC)**

El índice de cosecha (IC) mostró cambios significativos por el clima (C), el tipo de espaldera (E) y la interacción clima \* tipo de espaldera (C \* E) (Cuadro 2).

En clima cálido el IC fue mayor (29 %) al del clima templado (1 %). El frijol chino sembrado con maíz tuvo el mayor IC (16 %), superior en 2 % al frijol en espaldera convencional y al sembrado con girasol que mostraron un índice de 14 %.

En la interacción clima \* espaldera el IC mayor se encontró en clima cálido con espaldera viva de maíz (31%), seguido de la siembra con girasol (28 %) y en espaldera convencional (27 %). En clima templado el FS superó a FM y FG con incrementos de 1.5 y 1.3 %, respectivamente. Las diferencias en el IC entre climas cálido y templado están relacionados con el bajo rendimiento de grano obtenido en clima templado. El IC mayor del frijol chino encontrado en espaldera viva y clima cálido se atribuye, en parte, al estrés causado por la competencia entre las especies, lo que de acuerdo con Andriani *et al.* (1991), incrementa la exportación de fotoasimilados hacia el grano. En contraste, Morales *et al.* (2006) encontraron que el IC del frijol cv. Michoacán en unicultivo y asociación con girasol fue similar (22%); mientras que Vélez *et al.* (2007) señalan una disminución en el IC del frijol asociado con maíz respecto al unicultivo.

**Cuadro 1. Rendimiento de grano (RG, g m<sup>-2</sup>) y componentes del rendimiento de frijol chino en clima cálido, templado y diferentes tipos de espaldera. Verano 2009.**

Clima	Tipo de espaldera	RG (g m <sup>-2</sup> )	NS	P100S (g)	NV	SV
Cálido	FS	68 a <sup>¶</sup>	329 a	20 a	19 a	17 a
	FM	34 b	172 b	21 a	10 b	17 a
	FG	29 c	139 b	21 a	8 bc	17 a
Templado	FS	3 d	43 bcd	9 b	8 bc	9 b
	FM	0.3 e	4 d	9 b	0.4 c	8 b
	FG	1 e	5 cd	10 b	1 c	9 b
Ambiente	Cálido	44 a	214 a	21 a	12 a	17 a
	Templado	1 b	17 b	9 b	3 b	8 b
Tipo de espaldera	FS	35 a	186 a	15 a	14 a	13 a
	FM	17 b	88 b	15 a	5 b	12 a
	FG	15 c	72 b	15 a	5 b	13 a
<b>Media general</b>		22	115	15	8	13
<b>Prob F</b>	Clima	**	**	**	**	**
	Esp	**	*	NS	**	NS
	Clima * Esp	**	*	NS	NS	NS
<b>DSH<sub>0.05</sub></b>	Clima	1	99	2	5	2
	Esp	1	71	2	5	1
	Clima * Esp	2	135	3	9	3

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) \*\*\* =  $P \leq 0.01$  y  $0.05$ , respectivamente, NS = no significativo.

DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.

NS = número de semillas por m<sup>2</sup>, P100S = peso de cien semillas (g), NV = número de vainas por m<sup>2</sup> y SV = semillas por vaina.

### **Eficiencia en el uso del agua**

La eficiencia en el uso del agua del frijol chino para biomasa total (EUAB) y rendimiento de grano (EUAR) mostró diferencias significativas por el clima (C), el tipo de espaldera (E) y la interacción C \* E (Cuadro 2). En clima cálido se encontraron la EUAR (0.104 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y EUAB (0.4 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) mayores; mientras que, en clima templado fue sólo 0.003 y 0.3 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente. El frijol chino sembrado en espaldera convencional mostró la EUAR (0.08 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y EUAB (0.49 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) mayor, superando en 0.038 y 0.25 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> a la siembra con maíz y 0.043 y 0.24 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> a la siembra con girasol. De Lacerda *et al.* (2006),



quienes en frijol chino en espaldera convencional encontraron EUAR de 0.3 y EUAB de 0.8 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>; ligeramente superiores a los encontrados en este estudio.

**Cuadro 2. Biomasa total (BT, g m<sup>2</sup>), índice de cosecha (IC, %), Eficiencia en el uso del agua para grano (EUAR, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y biomasa total (EUAB, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) de frijol chino en clima cálido, templado y diferentes tipos de espaldera. Verano 2009.**

Clima	Tipo de espaldera	BT (g m <sup>2</sup> )	IC %	EUAR (g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup> )	EUAB (g m <sup>-2</sup> mm <sup>-1</sup> )
<b>Cálido</b>	FS	253 a <sup>¶</sup>	27 c	0.154 a	0.57 a
	FM	109 c	31 a	0.085 b	0.27 c
	FG	104 d	28 b	0.074 c	0.27 c
<b>Templado</b>	FS	154 b	2 d	0.007 d	0.41 b
	FM	70 f	0.5 e	0.001 e	0.20 e
	FG	78 e	0.7 e	0.002 e	0.23 d
<b>Clima</b>	Cocula	156 a	29 a	0.104 a	0.4 a
	Montecillo	101 b	1 b	0.003 b	0.3 b
<b>Tipo de espaldera</b>	FS	204 a	14 b	0.081 a	0.49 a
	FM	90 b	16 a	0.043 b	0.24 c
	FG	91 b	14 b	0.038 c	0.25 b
<b>Media general</b>		128	15	0.05	0.32
<b>Prob F</b>	Clima	**	**	**	**
	Esp	**	**	**	**
	Clima * Esp	**	**	**	**
<b>DSH<sub>0.05</sub></b>	Clima	2.7	0.4	0.003	0.006
	Esp	2.3	0.2	0.002	0.006
	Clima * Esp	4.1	0.5	0.004	0.01

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). \*\*\* =  $P \leq 0.01$  y 0.05, respectivamente, NS = no significativo.

DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.

En espaldera viva el frijol chino con maíz presentó mayor EUAB (0.043 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>); mientras que la mayor EUAR se encontró en la siembra con girasol (0.25 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>). En la interacción C \* E, la EUAR y EUAB mayores se encontraron en clima cálido con espaldera convencional (0.154 y 0.57 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>, respectivamente), seguido del frijol chino con maíz (0.085 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup> para EUAR). Para EUAB fue la siembra en clima templado con espaldera convencional (0.41 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>). Los valores más bajos se encontraron en clima templado con la espaldera de maíz

(Cuadro 2). La mayor EUA del frijol chino en clima cálido se atribuye a la mayor disponibilidad de agua y a las temperaturas más elevadas durante el ciclo del cultivo

### **Análisis económico del frijol chino en función del tipo de espaldera**

En clima cálido el frijol chino con espaldera de maíz generó el mayor ingreso neto (IN) (\$ 4,592) seguido por de la de girasol (\$ 3,721) y espaldera convencional (\$ -19,910) (Cuadro 3). En clima templado el ingreso por producción fue inferior a la inversión. No obstante que en clima templado el rendimiento en grano de maíz y girasol fue superior al de clima cálido, el de frijol chino fue muy inferior, lo que ocasionó un ingreso neto más bajo (Cuadro 3).

El uso de espaldera convencional contribuye a la tala inmoderada de especies forestales de regeneración lenta utilizadas como tutor y representa un grave problema ambiental. Adicionalmente, no resulta rentable debido al alto costo por el manejo de la espaldera, por lo que con espaldera viva, además de que se tiene producción con las dos especies asociadas es de menor costo.

**Cuadro 3. Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para tres agrosistemas en climas cálido y templado. Verano de 2009.**

Clima	Tipo de espaldera	Rend. de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	Ingreso total (\$)	Costo fijo (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)
Cálido	FS	682	13,633	3,158	30,385	33,543	-19,910
	FM	339	6,771	1,579	600	2,179	4,592
	FG	289	5,780	1,579	480	2,059	3,721
Templado	FS	26	520	3,158	30,385	33,543	-33,023
	FM	3	68	1,579	120	1,699	-1,631
	FG	6	116	1,579	120	1,699	-1,583
Cálido	FM	3,435	22,563	3,158	1,560	4,718	17,845
	FG	1,398	11,801	3,158	1,200	4,358	7,443
Templado	FM	3,438	17,587	3,158	1,560	4,718	12,869
	FG	2,071	11,328	3,158	1,440	4,598	6,730

Ingreso total = Rendimiento \* precio de grano de frijol chino (\$ 20.00), grano de maíz (\$ 5.10) y grano de girasol (\$ 5.43). Costo fijo = incluye costos de preparación del terreno, deshierbes, control de plagas y enfermedades y fertilización. Costos variables = incluyen el costo de la malla, polines, acomodo de guía, cosecha de frijol chino, maíz y girasol. Costo total = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = ingreso total – costo total.

## **CONCLUSIONES**

El crecimiento y rendimiento del frijol chino varía en función del tipo de espaldera y el clima de desarrollo. En condiciones de clima cálido el frijol chino presenta un ciclo de crecimiento más corto una evapotranspiración y acumulación de calor más alta, mayor biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso del agua. El frijol chino con espaldera convencional presenta mayor rendimiento de grano, biomasa y eficiencia en el uso del agua que en espaldera viva. En espaldera viva el rendimiento del frijol chino sembrado con maíz supera al sembrado con girasol. Con la siembra de frijol chino en espaldera de maíz se logra la mayor rentabilidad económica, seguido de la siembra con girasol. El ingreso neto más bajo se obtiene con la espaldera convencional.

## LITERATURA CITADA

- Apáez B P, J A Escalante E, M T Rodríguez G, V M Olalde G, P Ramírez V (2009)** Frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), su cultivo, importancia económica y medicinal. Revista digital Alternativa 19: 21-26.
- Andriani J, F Andrade, E Suero, J Dardanelli J (1991)** Water deficit during reproductive growth of soybeans I. Their effects on dry matter accumulation, seed yield and its components. Agronomie 11: 737-746.
- Ávila S N Y, A B Murillo, E A Palacios, D E Troyo, J L García, J A Larrinaga y B M Mellado (2006)** Caracterización y obtención de funciones para la producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: II Método no destructivo. Técnica Pecuaria Méx. 44: 119-128.
- Barrios G E J, C López C (2009)** Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. Agrociencia 43: 29-35.
- Biederbeck V O, T Bouman (1994)** Water use by annual green manure legumes in dryland cropping systems. Agron J. 86: 543-549.
- Castillo J M, R Bourrillón A, W Jones R (2009)** Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asociación con vigna (*Vigna radiata*). Agronomía Costarricense 33: 133-146.
- Davis D W, E A Oelke, E A Oplinger, J D Doll, C V Hanson y D H Putman (1991)** Cowpea. Alternative Field Crops Manual. University of Wisconsin, Cooperative Extension, University of Minnesota: Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service. 11 p.
- De Lacerda C F A, A L R Nieves, F V A Guimaranes, F L B Da Silva, J T Prisco, H R Gheyi (2006)** Water and nutrient use efficiency in cowpea irrigated with saline water at different growth stages Eng Agric. Jaboticabal 29(2): 221-230.
- Doorenbos J, W O Pruitt (1986)** Las necesidades de agua por los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Manual 24, ed. FAO, Roma. 194 p.

- Escalante E J A y J Kohashi S (1993)** El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.
- Escalante E J A (1995)** Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad* 12: 28-32.
- FAO (2006)** Producción mundial de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. [en línea]. Disponible en. <http://faostat.fao.org/faostat/default.jop>. (verificado el 30 de octubre de 2008).
- Francis C A (1986)** Distribution and importance of multiple cropping. In: C. A. Francis (Editor). *Multiple cropping systems*. Macmillan. New York. pp: 1-19.
- Galindo P J R, P J Clavijo (2009)** Fenología del cultivo de arveja (*Pisum sativum* L. var. Santa Isabel) en la sabana de Bogotá en campo abierto y bajo cubierta plástica. *Revista corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 10: 5-15.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Guanyao W, E M Milton, D E Jeff, E C S Marchis (2006)** Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. *Weed Science* 54: 775-782.
- Guerra F, M J Osorio (2002)** Híbrido de maíz HQ-61. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador. 18 p.
- Harper L J (1977)** Population biology of plants. Academic Press. London, Great Britain. pp: 305-345.
- Hart R D (1975)** A bean, corn and monoic policulture cropping system, 1. The effect of interspecific competition on crop yield. *Turrialba* 25(3): 294-301.
- Jana A C, P B Krarup, R P Fuentes (2000)** Eficiencia en la asociación maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agro sur* 28: 71-80.
- Kruk B, E H Satorre (2003)** Densidad y arreglo espacial del cultivo. pp. 279-318. In: Satorre E H, R L Benech-Arnold, G A Slafer, E B De la Fuente, D J Millares, M E Otegui, R Savin

- (eds.). Producción de cultivos de grano. Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina. pp: 279-318.
- Labarca M V, S C Mora, S F Silva, B Bracho, C R Castro, O Mavares, A Higuera (1999)** Optimización de riego en frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp en suelos de la altiplanicie de Maracaibo. Rev. Fac. Agro. (LUZ). 16: 306-317.
- Morales R E J, Escalante E J A (2004)** Biomass and seed yield of common bean in sole crop and intercrop. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative 47: 207-208.
- Morales R E J, J A Escalante E, L Tijerina C, V Volke H, E Sosa M (2006)** Biomasa, Eficiencia en el uso del agua y radiación solar del agrosistema girasol-frijol. Terra Latinoamericana 24: 55-64.
- Muleba N, I D Mwanke (1991)** Use of successful sowing in evaluating cowpea adaptation to drought in Sudan savannah zone. 1. Seed yield response. Jour. Agr. Sci. 116: 73-81.
- Murillo A B D, J L Troyo, H L García, H M Landa, J A Larrinaga (2000)** El frijol Yarimón leguminosa tolerante a la sequia y salinidad. Programa de salinidad en zonas áridas. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. *PYTON Int J Exp Bot.* 67: 71-84.
- Néstor F, R Angulo, E Luis, G Obando (1994)** Sistema de tutorado en frijol voluble. CORPOICA. Boletín Técnico 227. 14 p.
- Olowe V I O, J A Ajayi, A S Ogunbayo (2006)** Potential of intercropping soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) with sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the transition zone of south west Nigeria. Tropical Agriculture Research & Extensión 9: 91-102.
- Pandey K R (1990)** Cultivo de chícharo de vaca en arrozales. Limusa. México. 218 p.
- Quintero F C F (1985)** Estudio comparativo del desarrollo vegetativo del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) y frijol chino (*Vigna radiata* (L.) Wilczec) del material original y dos de sus mutantes. Maracaibo. Universidad de Zulia. Facultad de agronomía. 46 p.

- Sales M G, Rodríguez M A C (1988)** Consumo, qualidade nutricional e metodo preparo do feijao-caupi. Embrapa – CNPAF, Brasilia. pp: 694–722.
- Santiesteban R, A Zamora, L Hernández, E Armela, E Gómez (2001)** Densidad de siembra en frijol (*Vigna radiata* (L.) en dos épocas, en suelos fluvisoles. Revista electrónica Granma Ciencia 5(2): 1-4.
- Sarandón J S, M A Chamorro (2003)** Policultivos en los sistemas de producción de grano. Bases fundamentales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. pp: 353-370.
- Snyder R L (1985)** Hand calculating degree days. Agri. For. Meteorol. 3: 353-358.
- UDLA (2008)** Obesidad en México, un problema de peso. Boletín informativo No. 249 de la Universidad de las Américas. Sta. Catarina Martír, Cholula, Puebla [en línea]. Disponible en. <http://www.udlap.mx>. (verificado el 23 de junio de 2010).
- Vélez V L D, J Clavijo, G A Ligarreto (2007)** Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) – frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). Rev. Fac. Nac. Agr. Medellín 60(2): 3965-3984.
- Volke H V (1982)** Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 61 p.
- Wiley R W (1979)** Intercropping – Its importance and research needs. Part I. Competition and yield advantages. Field Crops Abstracts. 32, 1-10. Part II. Agronomic and research approaches. Field Crops Res. 32: 1-10.

### CAPÍTULO III

## **ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA**



# ANÁLISIS DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ESPALDERA Y CLIMA

Patricio Apérez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## RESUMEN

Durante el temporal de 2009, se estableció un estudio en Cocula, Gro. (Clima Cálido), y Montecillo, Méx. (Clima Templado) con el objetivo de determinar la influencia del clima y tipo de espaldera sobre el crecimiento y rendimiento en grano del frijol chino. Se realizó la siembra de frijol chino en espaldera: a) convencional (FS); b) maíz (FM); y c) girasol (FG). El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Durante el desarrollo del cultivo se evaluó la fenología y se contabilizó el número de hojas verdes (NHV), además se estimó el índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF), tasa de asimilación neta (TAN), tasa de crecimiento absoluto (TCA) y tasa de crecimiento relativo (TCR). A la cosecha, el rendimiento en grano (RG), índice de cosecha (IC) y biomasa total (BT). En clima cálido, la temperatura máxima y mínima y precipitación ocurrieron con mayor intensidad que en clima templado. El ciclo de crecimiento del frijol chino en clima cálido se acortó 25 días en relación al clima templado. El FS en clima cálido presentó el NHV, IAF, DAFT, TAN, TCA, y TCR más altas, seguido del FM en este mismo clima. En clima cálido y en FS se encontró la mayor BT ( $253 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido de FS en clima templado ( $154 \text{ g m}^{-2}$ ) y la más baja fue con FM en clima templado ( $90 \text{ g m}^{-2}$ ). En cuanto al RG e IC, el FS en clima cálido ( $68 \text{ g m}^{-2}$ , 27%, respectivamente) fue superior a los otros tratamientos, seguido de FM ( $34 \text{ g m}^{-2}$ , 31%) y FG ( $29 \text{ g m}^{-2}$ , 18%, respectivamente). El frijol chino en clima cálido y espaldera convencional presentó mayor crecimiento y rendimiento que en clima templado.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, fenología, biomasa, índice de cosecha.

# ANALYSIS OF GROWTH AND YIELD OF COWPEA IN FUNTION OF TRELLIS TYPE AND CLIMATE

Patricio Apáez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## ABSTRACT

During the rainy spell of 2009, was established a field experiment in Cocula, Gro. (hot climate) and Montecillo, Méx. (cold climate) with the aim to determine to influence of climate and trellis type on the growth and grain yield of cowpea. There was realized to sowing of cowpea in trellis: a) conventional (FS); b) maize (FM) and sunflower (FG). The experimental design consisted of randomized blocks with 4 replications. During the development of crop phenology was evaluated and counted the number of green leaves (NHV), also estimated the leaf area index (IAF), leaf area duration (DAF), net assimilation rate (TAN), absolute growth rate (TCA) and relative growth rate (TCR). At harvest, the grain yield (RG), harvest index (IC) and total biomass (BT). In hot climate, maximum and minimum temperature and rainfall occurred with greater intensity that in a cold climate. The growth cycle of cowpea in hot climate shortened 25 days in relation to the cold climate. The FS in hot climate presented the NHV, IAF, DAF, TAN, TCA y TCR higher, followed by the FM in the same climate. In hot climate in FS the major BT was (253 g m<sup>-2</sup>), followed by FS in cold climate (90 g m<sup>-2</sup>). As for the RG and IC, the FS in hot climate (68 g m<sup>-2</sup>, 27%, respectively) was superior to other treatments, followed by FM (34 g m<sup>-2</sup>, 31%, respectively) and FG (29 g m<sup>-2</sup>, 18% respectively). Cowpea in hot climate and conventional trellis showed growth and yield that in cold climate.

**Index words:** *Vigna unguiculata*, phenology, biomass, harvest index.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de satisfacer los requerimientos alimenticios constituye el fundamento del sector agrícola del país. En la actualidad el consumo de proteína animal ha declinado debido a su alto costo; en consecuencia ha surgido la posibilidad de incrementar las cantidades de proteína vegetal para su consumo. En este sentido, el frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), en grano posee un alto valor nutritivo en cuanto a proteína (26.3%), carbohidratos (51%) y fibra (7%) (Elias, *et al.*, 1976., Benito *et al.*, 2008). El frijol chino presenta cultivares de crecimiento determinado e indeterminado, estos últimos requieren el uso de espalderas, comúnmente se utilizan postes de concreto y madera que incrementan los costos de producción (Nair, 1997). La alternativa para reducir costos es el uso de espalderas vivas como el maíz y girasol que por su tallo erecto pueden servir para tal fin, además de que se obtendrían dos productos. Al respecto, el maíz es el alimento básico en México, de forma tradicional se consume como tortilla, la cual aporta la mitad de las calorías y la tercera parte de las proteínas consumidas por la población (Massieu y Lechuga, 2002) y el girasol es un cultivo que produce semillas ricas en aceite y proteínas, que desde la antigüedad ha sido usado como alimento, medicina, en tintes para uso textil y cestería. En la actualidad, el aceite de la semilla se utiliza en la cocina, en la producción de margarinas y en otros usos industriales como la producción de ceras, fosfatinas, lecitinas y tocoferoles. Después de la extracción del aceite se produce una pasta rica en grasa y proteína útil para la alimentación de animales (Alba y Llanos, 1990). Varios estudios han demostrado que con el uso de espalderas vivas el frijol sufre una disminución en el crecimiento y distribución de fotoasimilados hacia el grano (40% menos) y en consecuencia en el rendimiento (Tsubo y Walker, 2004). La falta de conocimiento de los mecanismos que regulan el crecimiento y la asignación de materia seca en el cultivo de frijol chino es muy limitada. Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permite cuantificar diferentes aspectos del mismo; la duración del ciclo, definición de etapas de desarrollo, distribución de fotoasimilados y biomasa por órgano y por cultivo. Gifford *et al.* (1984) señalan que dentro de las bases fotosintéticas para incrementar el rendimiento a la cosecha, se debe contemplar una mayor distribución de materia seca hacia la estructura del rendimiento agronómico (grano). Los análisis de crecimiento son básicos para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal (Barrientos, 1988; Escalante y Kohashi, 1993). El peso de la materia seca es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido frecuentemente al área foliar total (Raddford, 1967; Taiz y Zeiger, 1991). El área foliar es la

medida usual del tejido fotosintético de un cultivo. El tamaño y la duración del aparato fotosintético está relacionado con el rendimiento (Escalante-Estrada, 1999). Asimismo, el mayor crecimiento del dosel vegetal proporciona una mayor intercepción de luz, lo cual incrementa la fotosíntesis y producción de biomasa (Escalante-Estrada, 1999). La acumulación de materia seca por planta, depende del índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF) y tasa de asimilación neta (TAN) (Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1982). El análisis de crecimiento ha tratado de explicar matemáticamente la velocidad de acumulación de materia seca en función del tiempo y la eficiencia del dosel vegetal (Escalante y Kohashi, 1993). Para estimar los índices de eficiencia en el crecimiento es necesario obtener el peso seco de las plantas y órganos y el área foliar en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Raddford, 1967; Hunt, 1981 y Beadle, 1988), lo cual brinda información más precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintetizados. Algunos de los trabajos realizados sobre el análisis de crecimiento son los siguientes: Vélez *et al.* (2007) estudiaron la tasa de acumulación de materia seca (MS) en la asociación maíz-frijol común (*Phaseolus vulgaris*), encontrando una disminución del 57% en la tasa del frijol con espaldera de maíz ( $0.86 \text{ g planta}^{-1} \text{ día}^{-1}$ ), respecto a la espaldera convencional ( $1.5 \text{ g día}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ ). Por otra parte, Pinheiro y Filho (2000), al estudiar la respuesta fisiológica del frijol en espaldera de maíz encontraron una disminución del 45% en la tasa de acumulación de materia seca del frijol chino en espaldera de maíz ( $1.8 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ) respecto a la espaldera convencional ( $3.9 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ). En frijol chino los estudios sobre la distribución de materia seca en función del clima y tipo de espaldera son limitados. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia del tipo de espaldera sobre el crecimiento, la tasa de acumulación de materia seca y su distribución en frijol chino en climas contrastantes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

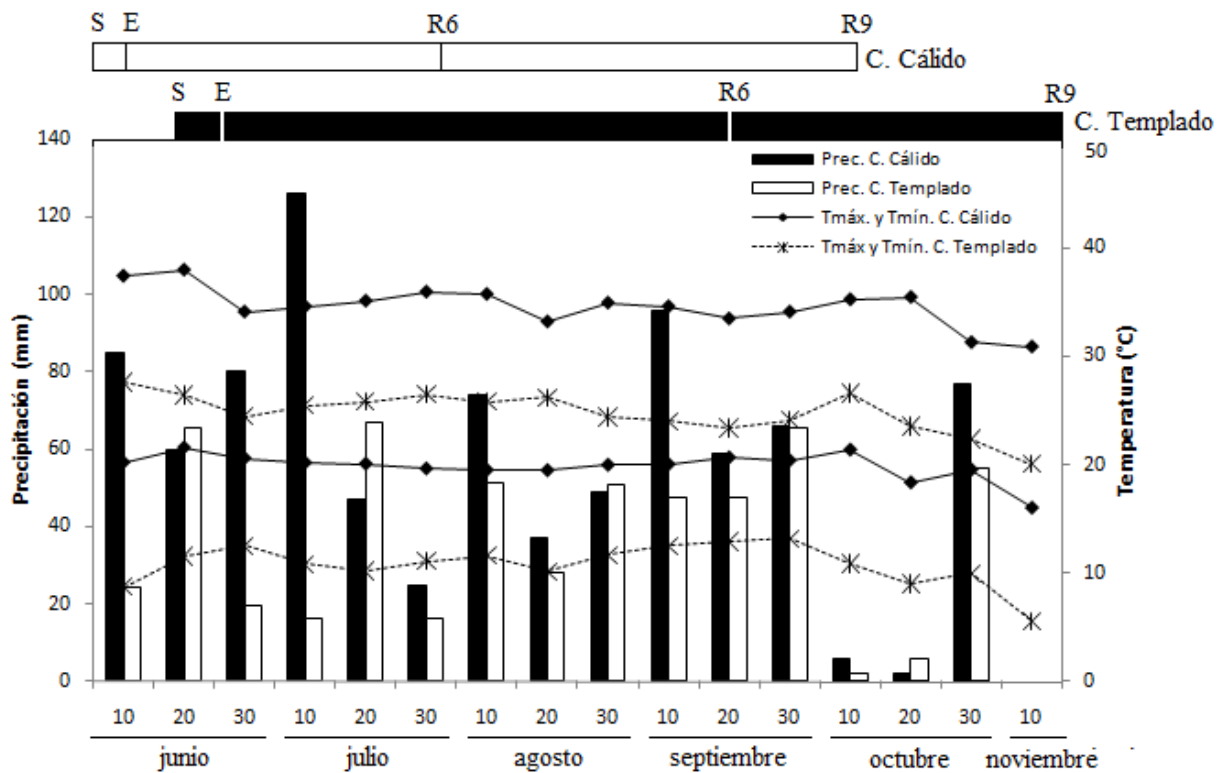
El estudio se realizó durante el temporal de 2009 en Cocula, Gro., ( $18^{\circ} 19' \text{ N}$  y  $99^{\circ} 39' \text{ O}$ , clima  $\text{AW}_0$ ) que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, el suelo es de textura arcillosa, con pH de 7.1, conductividad eléctrica de  $0.23 \text{ dS m}^{-1}$  y materia orgánica de 1.7 % y Montecillo, Méx., ( $19^{\circ} 21' \text{ N}$  y  $98^{\circ} 54' \text{ O}$ , clima  $\text{BS}_1$ ), que corresponde al menos seco de los templados con un régimen de lluvias en verano, suelo de textura arcillosa, pH de 8.0, conductividad eléctrica de  $0.69 \text{ dS m}^{-1}$  y materia orgánica de 0.86%. Los tratamientos fueron dos climas (Cálido y Templado) y tres tipos de espaldera: a) frijol chino en espaldera convencional (FS), b) frijol chino en espaldera de maíz (FM) y c) frijol chino en espaldera de girasol (FG). La siembra en

Montecillo, Méx. se realizó el 27 de mayo y en Cocula, Gro. el 08 de junio de 2009 a una densidad de 6.2 plantas por m<sup>2</sup> de frijol; densidad similar se utilizó en maíz y girasol. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 5.0 x 2.4 m. La fertilización fue 100-100-100 de NPK, aplicando todo el fósforo y potasio y la mitad de nitrógeno a los 15 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. Durante el ciclo del cultivo, se hicieron muestreos destructivos de dos plantas dentro de la parcela útil de cada tratamiento a los 29, 75 y 100 dds, en las cuales se contó el número de hojas verdes por m<sup>2</sup> (NHV), y con un integrador de área foliar (LI-COR 3100) se midió el área foliar (sin incluir peciolos), el índice de área foliar (IAF), la duración del área foliar total (DAFT) a partir de las siguientes relaciones:  $IAF = (AF/NP) * DP / 10000 \text{ cm}^2$ , donde AF = área foliar (cm<sup>2</sup>), NP = número de plantas muestreadas y DP = número de plantas por m<sup>2</sup>.  $DAFT = \sum (IAF_1 + IAF_2) (T_2 - T_1) / 2$ , donde: DAFT = duración del área foliar total,  $\sum$  = suma de la duración del área foliar de cada uno de los muestreos realizados, IAF<sub>1</sub> = índice de área foliar en un tiempo inicial (T<sub>1</sub>, en días), IAF<sub>2</sub> = índice de área foliar en un tiempo final (T<sub>2</sub>, en días). También se calculó la tasa media de crecimiento absoluto (TCA), la tasa media de crecimiento relativo (TCR) y la tasa media de asimilación neta (TAN), mediante las ecuaciones siguientes:  $TCA = [(PS_2 - PS_1) / (T_2 - T_1)]$ , donde: PS<sub>2</sub> y PS<sub>1</sub> representan el peso seco de la planta en los tiempos T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub>, respectivamente.  $TCR = (\ln PS_2 - \ln PS_1) / (T_2 - T_1)$ , donde:  $\ln PS_2$  y  $\ln PS_1$  son el logaritmo natural del peso seco de la planta en el tiempo T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub>, respectivamente.  $TAN = [(PS_2 - PS_1) / (AF_2 - AF_1)] / [(\ln AF_2 - \ln AF_1) / (T_2 - T_1)]$ , donde: PS<sub>2</sub> y PS<sub>1</sub> representan el peso de la materia seca del cultivo,  $\ln AF_2$  y  $\ln AF_1$  al logaritmo natural del área foliar en el tiempo T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub>, respectivamente (Hunt, 1981 y Escalante y Kohashi, 1993). A la cosecha, se registró la biomasa aérea total (materia seca BT, g m<sup>-2</sup>), y de cada órgano de la parte aérea de la planta (hojas, tallos, vainas y semillas) sometiendo las muestras a secado a 80 °C en una estufa de circulación de aire forzado, además de calcular la proporción (%) de materia seca de cada órgano con respecto a la biomasa total. También se determinó el índice de cosecha ( $IC = RS/BT * 100, \%$ ) y rendimiento de grano (RG, peso de semilla al 10 % de humedad, g m<sup>-2</sup>). A las variables de rendimiento, crecimiento y distribución de biomasa se les aplicó un análisis de varianza combinado [clima (C), espaldera (E) e interacción C \* E]. A todas las variables con diferencia estadística se les aplicó una prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Clima y fenología

En la Figura 1, que presenta la temperatura máxima y mínima (media decenal) y la precipitación estacional (suma decenal), se observa que en clima cálido la temperatura máxima y mínima promedio durante el ciclo del cultivo fue de 35 y 20 °C. En la segunda decena después de la emergencia se presentó la temperatura más alta y disminuyó conforme se llega a madurez fisiológica. La precipitación acumulada de la siembra a madurez fisiológica fue de 810 mm. De floración a llenado de grano ocurrió la mayor precipitación (57 %). En clima templado la temperatura máxima y mínima fue inferior a la de clima cálido y presentó en promedio 25 y 11 °C. La precipitación acumulada fue de 611 mm (199 mm menor que en clima cálido) y el frijol chino estuvo sujeto a un déficit hídrico por mayor tiempo en la etapa reproductiva. El ciclo del cultivo del frijol chino se alargó en 25 días en clima templado respecto al cálido (ciclos de 150 y 125 días, respectivamente). En clima templado, el periodo de siembra a emergencia (E, 7 días), a inicio de floración (R6, 95 días) y a madurez fisiológica (R9, 150 días) se alargó en 2, 45 y 25 días respecto al clima cálido (5, 50, 125 días a E, R6 y R9, respectivamente). La disminución en el ciclo del cultivo del frijol chino en clima cálido se atribuye a las altas temperaturas ocurridas respecto al clima templado, lo cual ocasionó una acumulación más temprana de requerimiento térmico (Ortegón *et al.*, 2006). Al respecto, Mendham *et al.* (1981), en canola al establecer la relación entre los días a madurez y la temperatura media encontraron que por cada grado de incremento en la temperatura se redujo el tiempo a madurez fisiológica en ocho días.



**Figura 1. Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo de frijol chino en espaldera convencional, de maíz y girasol en ambientes contrastante. S = siembra, E = emergencia, R6 = inicio de floración y R9 = madurez fisiológica.**

### Crecimiento del cultivo

El número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar total (DAF) mostraron cambios significativos por efecto de clima (C), tipo de espaldera y en la interacción clima \* espaldera (C\*E) solo hubo diferencias estadísticas en el NHV (Cuadro 1).

El NHV, IAF y DAFT para todos los tratamientos se fueron incrementando a partir de la emergencia del cultivo, hasta alcanzar sus valores máximos a los 100 dds. El mayor NHV se encontró en clima cálido (213 hojas m<sup>-2</sup>) y el más bajo en clima templado (155 hojas m<sup>-2</sup>). El frijol chino presentó el mayor NHV cuando se sembró en espaldera convencional (300 hojas m<sup>-2</sup>) y superó a la siembra de frijol chino en espaldera de maíz y girasol en 175 y 172 hojas m<sup>-2</sup>, respectivamente; entre espalderas vivas no hubo diferencias estadísticas significativas, al presentar el frijol en espaldera de girasol 128 hojas m<sup>-2</sup> y en espaldera de maíz 125 hojas m<sup>-2</sup>. En la interacción clima \* espaldera, el frijol chino en espaldera convencional en clima cálido (334 hojas m<sup>-2</sup>) superó en 25 % al sembrado en clima templado (267 hojas m<sup>-2</sup>). El NHV del frijol

chino en espaldera de maíz y girasol en clima cálido fue superior en 47 y 62 % a los sembrados en clima templado (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Número de hojas verdes (NHV m<sup>-2</sup>), índice de área foliar (IAF) y duración de área foliar total (DAFT) de frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en Cocula, Gro. y Montecillo, Méx. Verano 2009.**

Clima	Tipo de espaldera	NHV			IAF			DAFT (días)
		29	75	100	29	75	100	
Cálido	FS	57 a <sup>†</sup>	230 a	334 a	0.2 a	1.0 a	1.3 a	69 a
	FM	25 bc	100 c	148 c	0.1 b	0.4 c	0.7 cd	41 bc
	FG	24 c	107 c	159 c	0.1 b	0.5 b	0.75 c	45 bc
Templado	FS	26 b	147 b	267 b	0.1 b	0.5 b	1.0 b	56 ab
	FM	17 d	72 d	101 d	0.1 b	0.3 d	0.6 de	34 c
	FG	15 e	68 d	97 d	0.1 b	0.3 d	0.5 e	33 c
Clima	Cálido	36 a	146 a	213 a	0.13a	0.6 a	0.9 a	51 a
	Templado	19 b	96 b	155 b	0.1b	0.4 b	0.7 b	41 b
Tipo de espaldera	FS	41 a	189 a	300 a	0.15 a	0.75 a	1.16 a	62 a
	FM	21 b	86 b	125 b	0.10 b	0.36 c	0.65 b	37 b
	FG	19 c	87 b	128 b	0.10 b	0.4 b	0.65 b	39 b
<b>Media general</b>		27	121	184	0.1	0.5	0.9	46
<b>Prob F</b>	Clima	**	**	**	**	**	**	*
	Esp	**	**	**	**	**	**	**
	Clima * Esp	**	**	**	**	**	**	**
<b>DSH<sub>0.05</sub></b>	Clima	0.8	9.3	15.3	0	0.03	0.07	9.6
	Esp	0.9	12.3	11.5	0	0.03	0.08	8.6
	Clima * Esp	1.5	20.3	21.5	0	0.05	0.13	15.3

<sup>†</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). \*\*\* =  $P \leq 0.01$  y  $0.05$ , respectivamente, NS = no significativo.

DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.

El IAF y DAFT presentaron una tendencia similar al NHV, En este sentido, el IAF y DAFT más alto se encontró a los 100 dds en clima cálido (0.9 y 51 días, respectivamente), que fue superior a la siembra en clima templado (0.7 y 41 días, respectivamente). El frijol chino sembrado en espaldera convencional presentó el mayor IAF y DAFT (1.16 y 62 días, respectivamente) y superó a la siembra con espaldera de maíz (0.65 y 37 días, respectivamente) y girasol (0.65 y 39 días, respectivamente). En cuanto a la interacción clima \* espaldera se observaron diferencias estadísticas así, el IAF y DAFT del frijol chino en ambos climas superó al resto de los tratamientos. Los valores de IAF y DAFT más bajos se observaron en espaldera viva en clima



templado (Cuadro 1). Esto se atribuye a que durante gran parte del ciclo del cultivo ocurrió un déficit hídrico y temperaturas bajas, siendo estos los principales elementos agrometeorológicos que regulan los procesos metabólicos de las plantas (Ford, 1999). En cuanto a espaldera, el más bajo NHV, IAF y DAFT del frijol chino en espaldera viva se atribuyen en parte al sombreado que ejerce la espaldera viva sobre el frijol chino y la posible competencia por nitrógeno, lo que provoca una reducción en el tamaño y actividad del aparato fotosintético, lo cual fue también reportado por Vélez *et al.*, 2007.

## **Análisis de crecimiento**

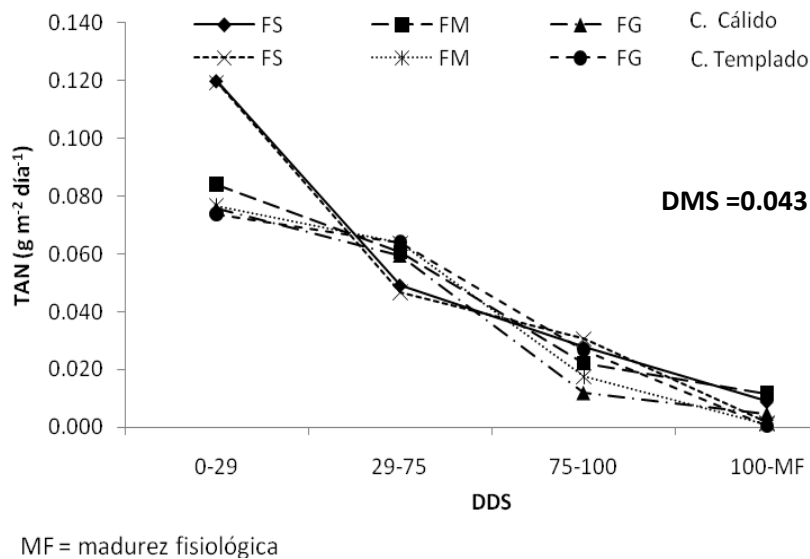
### **Tasa de asimilación neta (TAN)**

En la Figura 2 se presenta la dinámica de la TAN, y se observa que las tasas más altas para todos los tratamientos se presentaron de la emergencia a los 29 dds, y tendieron a disminuir conforme avanzó el ciclo de desarrollo del cultivo hasta llegar a madurez fisiológica en donde se observaron los valores más bajos. En promedio el frijol chino en espaldera convencional tanto en clima cálido como templado presentan las TAN más altas con  $0.051 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$  y  $0.050 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente, seguido del frijol chino en espaldera de maíz ( $0.045$  y  $0.040 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente) y las más bajas en espaldera de girasol ( $0.038$  y  $0.041 \text{ g m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ , respectivamente). La TAN más baja en frijol chino en espaldera viva se puede atribuir a la mayor competencia por nutrientes y luz, la cual se intensifica después de los 20 dds (Pessanha, 1980). Mientras que la disminución de la TAN a través del ciclo del cultivo se puede atribuir al autosombreado generado por el mayor tamaño del dosel vegetal al transcurrir el ciclo del cultivo y al aumento de la senescencia de las hojas (Scott y Batchelor, 1979; Escalante-Estrada y Kohashi-Shibata, 1982).

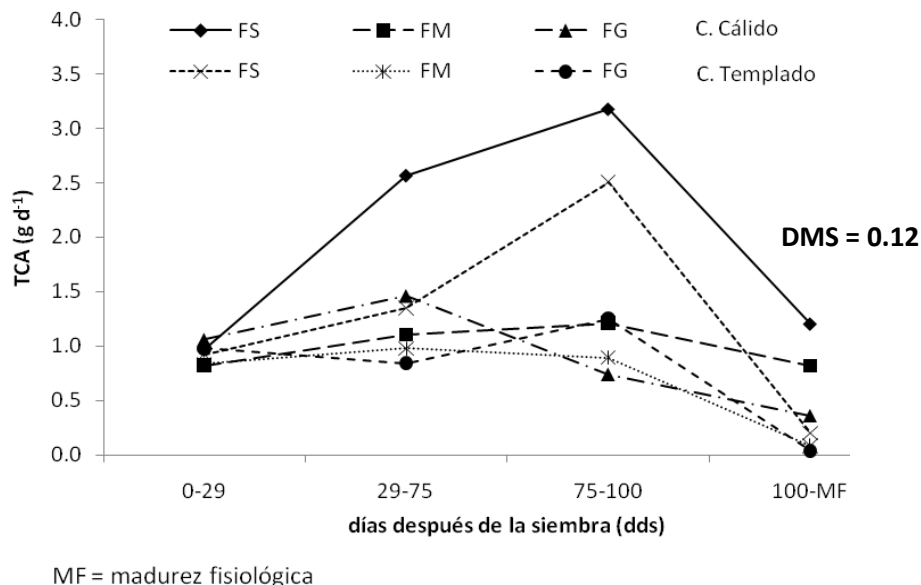
### **Tasa de crecimiento absoluto (TCA)**

En la Figura 3 se presenta la dinámica de la TCA y se observa que en general, la mayor acumulación de materia seca por día se presentó de los 75 a los 100 dds, siendo el frijol chino en espaldera convencional en clima cálido ( $3.2 \text{ g d}^{-1}$ ) y templado ( $2.5 \text{ g d}^{-1}$ ) el que presentó los valores más altos. En clima cálido el frijol chino con espaldera de maíz ( $1.2 \text{ g d}^{-1}$ ) superó en  $0.5 \text{ g d}^{-1}$  al frijol en espaldera de girasol ( $0.7 \text{ g d}^{-1}$ ) y en clima templado el frijol en espaldera de girasol ( $1.3 \text{ g d}^{-1}$ ) fue superior a la de maíz ( $0.9 \text{ g d}^{-1}$ ). En general la TCA más baja fue de los 100

dds a la madurez fisiológica. Resultados similares reporta Díaz *et al.* (1995) quienes al evaluar el crecimiento y desarrollo del frijol trepador (*P. vulgaris*) encontraron en la siembra en espaldera convencional  $2.86 \text{ g d}^{-1}$ , mientras que en espaldera de maíz  $0.91 \text{ g d}^{-1}$ .



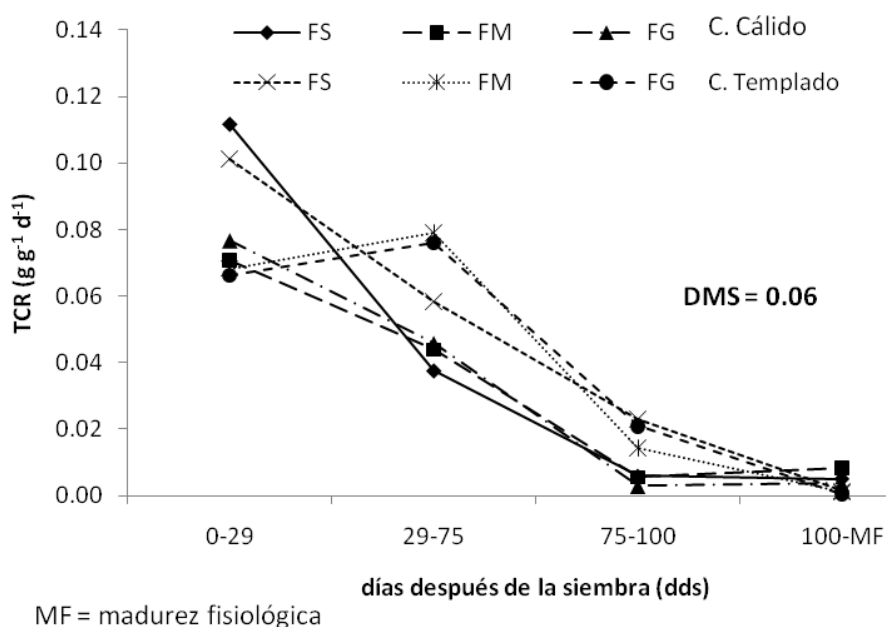
**Figura 2. Dinámica de la tasa de asimilación neta (TAN) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.**



**Figura 3. Dinámica de la tasa de crecimiento absoluto (TCA) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

### Tasa de crecimiento relativo (TCR)

La TCR mostró una dinámica similar a la TAN, y se observa que en general las mayores tasas de crecimiento para todos los tratamientos se presentan de la emergencia a los 29 dds, y tendieron a disminuir a la madurez fisiológica. En ambos climas, el frijol chino en espaldera convencional presentó las TCR más altas (0.11 y 0.10 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> para clima cálido y templado, respectivamente) (Figura 4). En clima cálido, la TCR del frijol chino en espaldera de girasol (0.077 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) fue superior a la espaldera de maíz (0.071 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), mientras que en clima templado, el frijol en espaldera de maíz (0.068 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) fue ligeramente superior a la espaldera de girasol (0.066 g g<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (Figura 4).



**Figura 4. Dinámica de la tasa de crecimiento relativo (TCR) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

### Biomasa total, rendimiento en grano e índice de cosecha a la madurez fisiológica

El análisis de varianza para la biomasa total (BT), rendimiento en grano (RG) e índice de cosecha (IC) mostró cambios significativos debido al clima, tipo de espaldera y la interacción clima \* espaldera.

El clima cálido fue el más favorable para una mayor producción de biomasa (156 g m<sup>-2</sup>), índice de cosecha (29%) y rendimiento de grano (44 g m<sup>-2</sup>). En clima templado la producción de biomasa fue de 101 g m<sup>-2</sup>; mientras que el índice de cosecha solamente fue de 1% y el

rendimiento de  $1 \text{ g m}^{-2}$ . Puede observarse que en clima templado la producción de grano fue mínimo (Cuadro 2). Con la espaldera convencional se logró la mayor producción de biomasa ( $204 \text{ g m}^{-2}$ ) y rendimiento en grano ( $35 \text{ g m}^{-2}$ ) en relación a la espaldera viva. La siembra de frijol chino con maíz superó ligeramente a la siembra con girasol (Cuadro 2). El índice de cosecha fue similar. La biomasa y rendimiento más bajo en siembra en espaldera viva, posiblemente se debió a la competencia por los insumos como agua, nutrimentos y radiación entre la espaldera viva y el frijol chino. En relación a la interacción clima \* espaldera, en clima cálido y espaldera convencional se encontró la producción de biomasa y rendimiento más alto; seguido de la siembra en espaldera convencional en clima templado. La biomasa y rendimiento más bajo se encontró con la siembra en espaldera viva y clima templado (Cuadro 2). Esto sugiere que para el genotipo estudiado las condiciones del clima templado no son favorables para una mayor producción de biomasa y rendimiento del frijol chino, lo cual es más acentuado cuando se utilizan espalderas vivas que compiten con el frijol chino por los insumos necesarios para su crecimiento. En cuanto al índice de cosecha los valores más altos correspondieron a la siembra en clima cálido y dentro de éstas la espaldera convencional fue la que mostró un valor más bajo (Cuadro 2).

La mayor producción de biomasa en espaldera convencional se atribuye a valores más altos en las tasas de crecimiento, producto de un mayor número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF) y duración del área foliar total (DAFT), mientras que el mayor rendimiento resultó de una mayor distribución de materia seca hacia el grano reflejado en el índice de cosecha (IC).

### **Biomasa total, acumulación y su distribución en los órganos de la planta**

La biomasa total (BT) mostró cambios significativos por efecto de clima (C), tipo de espaldera (E) y la interacción clima \* espaldera (C \* E) (Cuadro 2). En todos los tratamientos la BT se incrementó de forma gradual conforme avanzó en desarrollo del cultivo, los incrementos más altos se observaron de los 29 a los 75 dds (Figura 5). En MF la mayor BT se encontró en clima cálido ( $156 \text{ g m}^{-2}$ ) y superó en 54% al cultivo en clima templado ( $101 \text{ g m}^{-2}$ ), esto se puede atribuir a mayor déficit hídrico y temperaturas más bajas que ocurren en clima templado, lo que sugiere una menor traslocación de fotosintatos en la planta y una menor tasa fotosintética (Sionit y Kramer, 1977; y Confalone *et al.* 1997). El frijol chino en espaldera convencional presentó la mayor BT ( $204 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido de la siembra de frijol chino en espaldera de girasol ( $91 \text{ g m}^{-2}$ ) y

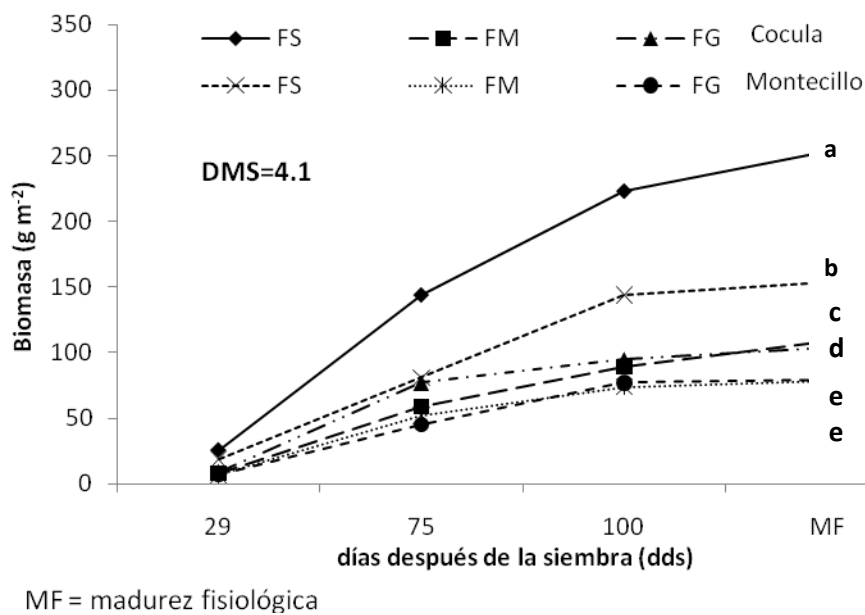
maíz ( $90 \text{ g m}^{-2}$ ). En la interacción (C\*E), la mayor BT ( $253 \text{ g m}^{-2}$ ) se encontró con el frijol chino sembrado con espaldera convencional en clima cálido, seguido de la siembra en clima templado ( $154 \text{ g m}^{-2}$ ). La producción de BT más baja correspondió a la espaldera viva en clima cálido. Estos resultados sugieren que el grado de competencia de una misma especie esta determinada por el ambiente de desarrollo.

**Cuadro 2. Biomasa total (BT,  $\text{g m}^{-2}$ ), Rendimiento de grano (RG,  $\text{g m}^{-2}$ ), e índice de cosecha (IC, %) del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.**

<b>Clima</b>	<b>Tipo de espaldera</b>	<b>Biomasa total (<math>\text{g m}^{-2}</math>)</b>	<b>RG (<math>\text{g m}^{-2}</math>)</b>	<b>IC %</b>
<b>Cálido</b>	FS	253 a <sup>¶</sup>	68 a	27 c
	FM	109 c	34 b	31 a
	FG	104 d	29 c	28 b
<b>Templado</b>	FS	154 b	3 d	2 d
	FM	70 f	0.3 e	0.5 e
	FG	78 e	1 e	0.7 e
<b>Clima</b>	Cálido	156 a	44 a	29 a
	Templado	101 b	1 b	1 b
<b>Tipo de espaldera</b>	FS	204 a	35 a	14 b
	FM	90 b	17 b	16 a
	FG	91 b	15 c	14 b
<b>Media general</b>		128	22	15
<b>Prob F</b>	Clima	**	**	**
	Esp	**	**	**
	Clima* Esp	**	**	**
<b>DSH<sub>0.05</sub></b>	Clima	2.7	1	0.4
	Esp	2.3	1	0.2
	Clima * Esp	4.1	2	0.5

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). \*\*\* =  $P \leq 0.01$  y  $0.05$ , respectivamente, NS = no significativo.

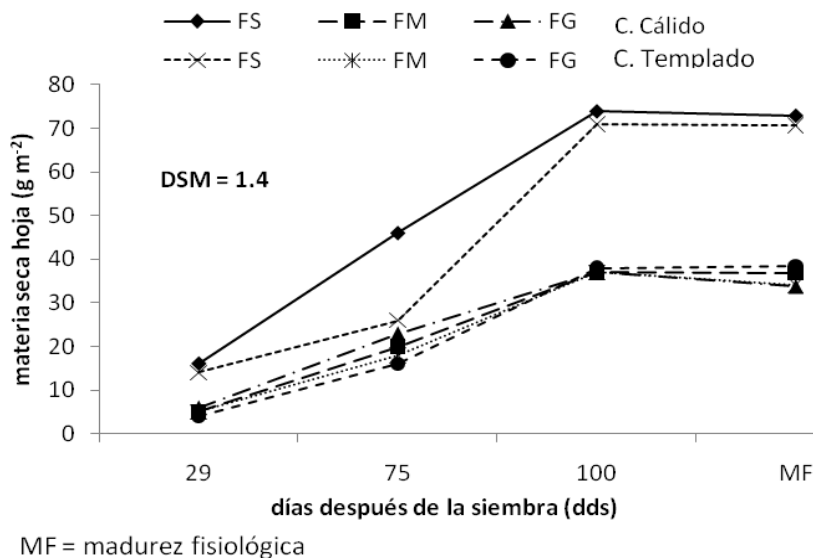
DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.



**Figura 5. Dinámica de acumulación de biomasa total del frijol chino bajo diferentes tipos de espaldera en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

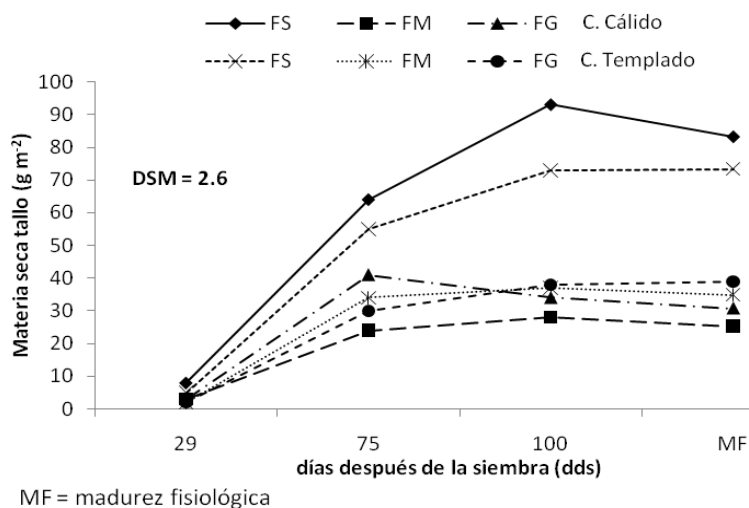
#### **Acumulación de materia seca en los órganos de la planta**

En la Figura 6, se observa que en todos los tratamientos conforme avanzó el desarrollo del cultivo, se incrementó la acumulación de materia seca (AMS) en hojas. En espaldera convencional en clima cálido a los 100 dds se encontró la mayor AMS en hojas con  $74 \text{ g m}^{-2}$ , seguido del clima templado con  $71 \text{ g m}^{-2}$ . En cuanto a la siembra de frijol chino en espaldera viva en ambos climas se presentaron valores similares (entre  $37$  y  $38 \text{ g m}^{-2}$ ). Después de los 100 dds la AMS en hojas tendió a disminuir ligeramente, debido a la redistribución de materia seca hacia otros órganos en crecimiento (Figura 6), puesto que durante la ontogenia, las hojas funcionan como demanda en un tiempo y como fuente en otro (Cárcova *et al.*, 2003). En los tallos la tendencia fue similar y la mayor AMS se encontró entre los 100 dds y la madurez fisiológica. La mayor AMS en tallo se logró con la siembra de frijol chino en espaldera convencional en clima cálido ( $93 \text{ g m}^{-2}$ ), seguido de la siembra en clima templado ( $73 \text{ g m}^{-2}$ ). La AMS más baja en tallo se encontró con la espaldera viva en ambos climas.



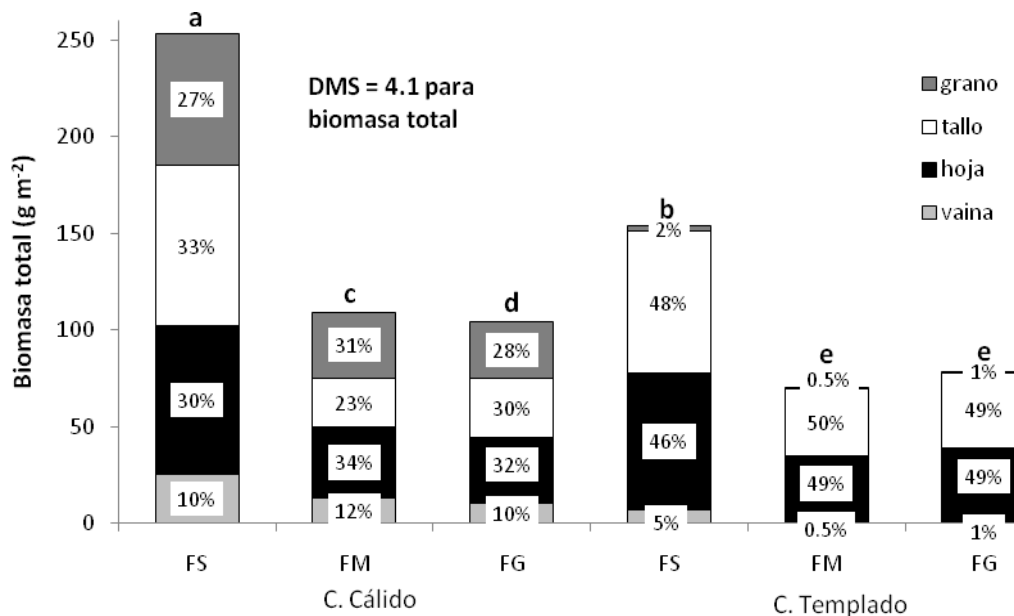
**Figura 6. Dinámica de la acumulación de materia seca en hojas de frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

A la madurez fisiológica, se observa que el frijol chino en clima cálido acumuló mayor cantidad de materia seca en la semilla (68, 34 y 29 g m<sup>-2</sup>, para FS, FM y FG, respectivamente), que corresponde al 27, 31 y 28% de la BT. En clima templado esta fue de (3, 0.3 y 1 g m<sup>-2</sup>, para FS, FM y FG, respectivamente), que corresponde al 2, 0.5 y 0.7 % de la BT (Figura 7). Esto sugiere que las condiciones de clima templado no fueron favorables para la producción de semilla de frijol chino, en particular la temperatura baja, ya que este regula el flujo de asimilados hacia la semilla (Wardlaw, 1990).



**Figura 7. Dinámica de la acumulación de materia seca en tallo de frijol chino en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

Por otra parte, en clima cálido la distribución de materia seca del frijol chino para tallo en clima cálido fluctuó entre 23% (FM) a 33% (FS), mientras que en clima templado fue de 48% (FS) a 50% (FM). Para hoja en clima cálido varió de 30% (FS) a 34% (FM) y en clima templado de 46% (FS) a 49% (FM y FG). En cuanto al pericarpio, en clima cálido fluctuó entre 10% (FS y FG) y 12% (FM), y en clima templado de 0.5% (FM) al 5% (FS). En clima templado prácticamente la BT estuvo formada por hojas y tallo dada la baja producción de estructuras reproductivas y grano (Figura 8). Estos resultados contrastan con lo reportado por Tsubo y Walker (2004), donde evaluando el efecto que ejercía el sombreado de maíz sobre el cultivo de frijol (*P. vulgaris*) cuando estas especies se establecieron simultáneamente, encontraron que la distribución de biomasa en tallos y hojas fue superior en un 50% con relación a sus respectivos monocultivos. Resumiendo, en clima cálido y templado el frijol chino en espaldera convencional mostró la mayor biomasa en tallo, hojas, grano y la total, número de hojas, índice y duración del área foliar y tasas de crecimiento más altas. Así mismo, el tipo de espaldera no afectó la asignación de materia seca en el grano de frijol, sin embargo el clima sí afectó significativamente.



**Figura 8. Biomasa total y su distribución en los órganos del frijol chino en función al tipo de espaldera en clima cálido y templado. Verano 2009.**



## **CONCLUSIONES**

El crecimiento del frijol chino varía en función del clima de desarrollo y tipo de espaldera. El frijol chino en clima cálido presenta mayor crecimiento y rendimiento que en clima templado. La distribución de materia seca en los órganos de la planta es afectada por el clima de desarrollo del cultivo. El frijol chino en espaldera convencional presenta mayor crecimiento que en espaldera viva. El crecimiento del frijol chino fue similar al sembrarse con espaldera de maíz y girasol. Para todos los tratamientos la tasa de asimilación neta y tasa de crecimiento relativo más altas ocurrieron de la emergencia a los 29 dds, mientras que la tasa de crecimiento absoluto más alta ocurre de los 75 a los 100 dds. La mayor biomasa y rendimiento del frijol chino en espaldera convencional se relaciona con una mayor duración del área foliar, número de hojas y tasas de crecimiento del cultivo.

## LITERATURA CITADA

- Alba O A, M Llanos C (1990)** El cultivo del girasol. Agroguías Mundiprensa. Madrid, España.
- Barrientos E (1988)** Evaluación de necesidades de N, P, y Mg en chile dulce (*Capsicum annuum* L.) asociado con café (*Coffea arábica*) en siembra nueva. Tesis Ing. Agr. Centro Regional de Occidente. Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Fitotecnia. 49 p.
- Benito I R, O E García, A Carmona, C J Rivera (2008)** Effect of legume dietary fiber on rat disaccharidase activity in vitro. *Nutrition & Food science* 38(4): 316-324.
- Beadle C F (1988)** Análisis de crecimiento vegetal. In: Coombs J., D.O. Hall., S.P. Long y J.M. Scurlock (Eds.). Técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México, México.
- Cárcova J, B Andrieu, M E Otegui (2003)** Silk growth in maize: relations ship with flower development and pollination. *Crop Sci.* 43: 914-920.
- Confalone A, L C Costa, C R Pereira (1997)** Eficiencia de uso de la radiación en distintas fases fenológicas bajo estrés hídrico. *Revista Facultad de Agronomía. Buenos Aires* 17: 63-66.
- Díaz C, J Rivera, J Quiroz (1995)** Crecimiento y desarrollo del maíz y frijol trepador en monocultivo y asociación. *Actualidades Corpoica Medellin, Regional.* 4(9): 5-10.
- Elias L G, M Hernández, R Bressani (1976)** The nutritive value of precooked legume flours processes by different methods. *Nutr. Rep. Int.* 14: 385.
- Escalante-Estrada J A, J Kohashi-Shibata (1982)** Efecto del sombreado artificial sobre algunos parámetros del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Agrociencias.* 48: 29-38.
- Escalante-Estrada J A, J Kohashi-Shibata (1993)** El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo Mpio. De Texcoco. 84 p.

- Escalante-Estrada J A (1999)** Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra* 17: 149-157.
- Ford A (1999)** Modeling the environment. Island Press, Washington D.C. 401 p.
- Gifford R M, J H Thorne, W D Hitz, R T Graquinta (1984)** Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science* 225: 801-808.
- Hunt R (1981)** Plant growth analysis. By Edward Arnold (Publishers) Ltd. The Institute of Biology's studies in biology No. 96. London, England. 67 p.
- Massieu T Y, J Lechuga M (2002)** El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. Departamento de Sociología de la UNAM 281-303.
- Mendham N J, P A Shipway, R K Scott (1981)** The effect of delayed sowing and weather on growth. Development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus*). *J. Agric. Sci.* 96: 389-416.
- Nair P K R (1997)** Agroforestería. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. 543 p.
- Ortegón M A, A Díaz, J González, I Garza (2006)** La temperatura en la etapa reproductiva del cultivo de canola (*Brassica napus* L.). *Agricultura Técnica en México* 32(3):259-265.
- Pessanha (1980)** Estudio sobre mixturas de cultivares de feijao (*Phaseolus vulgaris* L.). Tese PhD. Universidad Federal de Vicosa, Minas Gerais. 96 p.
- Pinheiro J M, L Filho (2000)** Physiological response of maize and cowpea to intercropping. *Pesquisa Agropecuária brasileira* 35(5): 915-921.
- Raddford P (1967)** Growth analysis formulae, their use and abuse. *Crop Science* 7(3): 171-175.
- Scott H D, J T Batchelor (1979)** Dry weight and leaf area production rates of irrigated soybeans. *Agron. J.* 71: 776-782.

- Sionit N, P J Kramer (1977)** Effect of water stress during different stages of growth of soybean. Agronomy Journal, Madison, 69(2): 274-278.
- Taíz L, E Zeiger (1991)** Plant physiology. California Benjamin Cumming. USA. 565 p.
- Tsubo M, S Walker (2004)** Shade effect on *Phaseolus vulgaris* L. intercropped with *Zea mays* L. under well-watered conditions. J. Agron. Crop. Sci. 190(3): 168-17
- Vélez V L D, J Clavijo P, G A Ligarreto M (2007)** Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Rev. Fac. Nac. Agr. Medellin 60(2): 3965-3984.
- Wardlaw I F (1990)** The control of carbon partitioning in plants. New Phytol. 116: 341-381.

## CAPÍTULO IV

### **FENOLOGÍA, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL CLIMA, TIPO DE ESPALDERA Y BIOFERTILIZANTE**

# FENOLOGÍA, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD DEL FRIJOL CHINO EN FUNCIÓN DEL CLIMA, TIPO DE ESPALDERA Y BIOFERTILIZANTE

Patricio Apáez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## RESUMEN

El experimento se estableció en Cocula, Gro. (Clima cálido) y Montecillo, Méx. (Clima templado) durante el temporal de 2009. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones. En frijol chino de crecimiento indeterminado se evaluó la fenología, acumulación de unidades calor (UC), evapotranspiración (ETc), rendimiento de semilla (RS) y sus componentes, biomasa total (BT), índice de cosecha (IC) eficiencia en el uso del agua (EUA) y rentabilidad del cultivo, con siembra en espaldera: convencional (FS) y maíz (FM) y estos mismos pero inoculados con biofertilizante. El ciclo del cultivo se acortó en 25 días en clima cálido (125 días) respecto al templado (150 días), mientras que la acumulación de UC y ETc fueron más altos en clima cálido (2,208 °C y 441 mm) que en templado (1,148 °C y 377 mm). El más alto RS ( $68 \text{ g m}^{-2}$ ), BT ( $342 \text{ g m}^{-2}$ ), EUAS ( $0.282 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) y EUABT ( $0.78 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) se encontró en frijol chino en espaldera convencional con biofertilizante en clima cálido, producto de mayor NS ( $335 \text{ semillas m}^{-2}$ ) y NV ( $36 \text{ vainas m}^{-2}$ ), el más bajo RS ( $0.4 \text{ g m}^{-2}$ ), BT ( $70 \text{ g m}^{-2}$ ), EUAS ( $0.001 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) y EUABT ( $0.19 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) se encontró con el frijol chino con espaldera de maíz sin biofertilizante en clima templado. La mayor rentabilidad económica se logró en clima cálido con frijol chino en espaldera de maíz con biofertilizante (\$26,430). El crecimiento y rendimiento del frijol chino varía en función del tipo de espaldera, biofertilizante y clima.

**Palabras clave:** *Vigna unguiculata*, espaldera viva, espaldera convencional, fenología, unidades calor.

# PHENOLOGY, YIELD AND PROFITABILITY OF COWPEA IN FUNTION OF CLIMATE, TRELLIS TYPE AND BIOFERTILIZER

Patricio Apáez Barrios, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2010

## ABSTRACT

The experiment was established in Cocula, Gro. (hot climate) and Montecillo, Mex. (cold climate) during the rainy season of 2009. The experimental design was randomized complete block with 4 replications. In indeterminate growth cowpea was evaluated the phenology, accumulation of heat units (UC), evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), seed yield (RS) and its components, total biomass (BT), harvest index (IC) efficiency Water (EUA) and profitability of the crop, sown in trellis: conventional (FS) and maize (FM) and the same but inoculated with biofertilizer. The crop cycle was shortened by 25 days in hot climate (125 days) that in cold climate (150 days), while the accumulation of UC and ET<sub>c</sub> were higher in hot climate (2,208 °C and 441 mm) than in cold climate ( 1.148 °C and 377 mm). The highest RS (68 g m<sup>-2</sup>), BT (342 g m<sup>-2</sup>), EUAS (0282 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) and EUABT (0.78 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) was found in cowpea with biofertilizer in conventional trellis and hot climate, higher product NS (335 seeds m<sup>-2</sup>) and NV (36 pods m<sup>-2</sup>), the lowest RS (0.4 g m<sup>-2</sup>), BT (70 g m<sup>-2</sup>) EUAS (0.001 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) and EUABT (0.19 g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) was found in cowpea trellis maize without biofertilizer in cold climate. The highest profitability was achieved in hot climate with cowpea in maize trellis with biofertilizer (\$ 26,430). The growth and yield of cowpea varies depending on the type of trellis, biofertilizer and climate.

**Index words:** *Vigna unguiculata*, live trellis, conventional trellis, phenology, heat units.

## INTRODUCCIÓN

El incremento en la población de México en los últimos años (1.3% de crecimiento anual del 2000 al 2009) (INEGI, 2010) a ocasionado un déficit alimentario (FAO, 2010), por esto se deben producir más alimentos agropecuarios y contribuir a dicho déficit. En este sentido, el frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) consumido como grano es importante en la alimentación humana ya que contiene 25% de proteína y un balance apropiado de aminoácidos esenciales. Además dicha leguminosa es tolerante a la sequía y salinidad (Graham y Vance, 2003). Para su cultivo se requieren nutrimentos que son suministrados mediante fertilizantes químicos, los cuales han registrado incremento en más del 100% en sus precios en los últimos años y elevan los costos de producción. Otro problema es el uso indiscriminado de éstos, ocasionando contaminación al ambiente (Morales, 2010). Una alternativa para reducir esto es el uso de biofertilizantes, los cuales son productos que contienen uno o varios microorganismos del suelo que colaboran en la nutrición de la planta, pueden ser aplicados a la semilla o al suelo con el fin de incrementar su número, asociarse directa o indirectamente al sistema radical, favorecer su interacción e incrementar el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta hospedera (Aguirre *et al.*, 2009). En este sentido, las micorrizas son una asociación simbiótica mutualista entre raíces de plantas superiores y grupos de hongos del suelo. Donde la planta le suministra carbono, energía y un nicho ecológico, a la vez que los hongos le proporcionan a la planta nutrimentos minerales (poco móviles como fósforo), estimulan la síntesis de reguladores del crecimiento, aumenta la tasa fotosintética, ajuste osmótico cuando hay sequía, incrementa la fijación de N por bacterias simbióticas y resistencia a plagas (Bethlenfalvay y Linderman, 1992). La colonización de raíces por micorrizas es estimulada por *Rhizobium* y a la vez el hongo favorece la nodulación e incrementa el número de nódulos en plantas micorrizadas. La asociación de micorrizas y *Rhizobium* en leguminosas hacen posible que éstas puedan crecer bajo limitados regímenes de N y P (Bethlenfalvay y Newton, 1991). En cultivos como maíz, frijol común, melón, chile, se han comprobado los beneficios de los biofertilizantes (Salas y Blanco, 1999; Padilla *et al.*, 2006; Colmenárez y Pineda, 2007). Sin embargo, en frijol chino los estudios son limitados. El frijol chino de crecimiento indeterminado requiere para su óptimo desarrollo el uso de soporte o espalderas, las cuales por lo general son estructuras metálicas, de madera o concreto. Sin embargo, demandan un mayor gasto y aumentan los costos de producción (Delgado *et al.*, 1994). En este sentido, el uso de espalderas vivas son alternativas para reducir costos. El maíz por poseer un tallo erecto puede servir como espalderas viva y con ello se puede garantizar el abasto



de frijol chino y maíz para autoconsumo, ya que el este último ha sido alimento, moneda y religión para el pueblo mexicano y es la base de la dieta alimentaria de la mayor parte de la población, siendo para 15 millones de mexicanos el único medio de subsistencia (Gordillo, 1990). La mayoría de los estudios del frijol chino se han realizado en climas cálidos considerado el mejor ambiente para el desarrollo de este cultivo (Medina *et al.* 1996; Sangakkara, 1998; y Singh *et al.*, 2003). Sin embargo, es de interés determinar el comportamiento que presenta en clima templado. El objetivo del presente estudio fue determinar la influencia del tipo de espaldera, biofertilizantes y elementos del clima sobre la fenología, biomasa, rendimiento y componentes del frijol chino y la rentabilidad del cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el verano de 2009 bajo condiciones de temporal en dos climas, a) Cocula, Gro. (18° 19'N, 99° 39'O y 640 msnm), de clima AW<sub>0</sub> (w) (i) g, que corresponde a cálido subhúmedo con lluvias en verano, suelo de textura arcillosa, con pH de 7.1, conductividad eléctrica de 0.23 dS m<sup>-1</sup> y materia orgánica de 1.69%; y b) Montecillo, Méx. (19° 29'N, 98° 54'O y 2250 msnm), de clima BS<sub>1</sub>, que corresponde a clima templado con un régimen de lluvias en verano (García, 2005), suelo de textura arcillosa, pH de 8.0, conductividad eléctrica de 0.69 dS m<sup>-1</sup> y materia orgánica de 0.86%. En cada clima se realizó la siembra de frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) en: a) espaldera convencional (polines y malla melonera, FS), b) espaldera de maíz (FM), y estos mismos tratamientos pero inoculados con biofertilizante, c) espaldera convencional con biofertilizante (FSB) y espaldera de maíz con biofertilizante (FMB), la inoculación se hizo a la semilla de frijol chino y maíz, se diluyó primeramente el adherente en 1.5 litros de agua, en un recipiente se agregó la semilla, posteriormente se añadió el adherente diluido y se mezcló. Una vez que la semilla se humedeció se agregó el paquete de Micorrizafer (*Glomus sp.*) y Rhizofer (*Rhizobium etli*) de la empresa biofabrica siglo XXI, se dejó secar la semilla sobre una lona para posteriormente sembrarla. La siembra en Montecillo, Méx. (Clima Templado), se realizó el 15 de junio y en Cocula, Gro. (Clima Cálido), el 08 de junio, se establecieron las dos especies a una densidad de 6.2 (40 x 80 cm) plantas m<sup>-2</sup>. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental de 5.0 x 2.4 m. Se fertilizó con 100-100-100 de N, P y K, aplicando todo el fósforo y potasio y la mitad de nitrógeno a los 15 días después de la siembra (dds) y el resto a los 45 dds. Durante el desarrollo del cultivo se registró la temperatura máxima (T<sub>máx.</sub>, °C) y mínima

( $T_{\text{mín.}}$ , °C), evaporación (Ev., mm) y precipitación diaria (P., mm), así como las etapas fenológicas de días a emergencia (E), días a inicio de antesis (R6) y días a madurez fisiológica (R9) para el frijol chino (Escalante y Kohashi, 1993). Para cada etapa fenológica se determinó las unidades calor (UC, °C) mediante el método residual (Snyder, 1985), cuya ecuación es la siguiente:  $UC = (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - TB$ , donde  $T_{\text{máx}}$  = temperatura máxima diaria (°C),  $T_{\text{mín}}$  = temperatura mínima diaria (°C) y  $TB$  = temperatura base o umbral 6 °C para el frijol chino (Barrios y López, 2009). La evapotranspiración del cultivo (ETc) ( $\text{mm d}^{-1}$ ), se calculó a partir de la evaporación del tanque tipo “A”, utilizando 0.75 ( $K_e$ ) como coeficiente para el evaporímetro y valores de  $K_c$  en función del porcentaje de desarrollo del cultivo, a partir de la siguiente relación:  $ETc = Ev * K_e * K_c$  (Doorembos y Pruitt, 1986). A la cosecha, se registró la biomasa aérea total (materia seca BT,  $\text{g m}^{-2}$ ), el índice de cosecha (IC,  $RG/BT$ , %), rendimiento de semilla (RG, peso de semilla al 10% de humedad,  $\text{g m}^{-2}$ ), y componentes del rendimiento como; número de semillas por  $\text{m}^2$  (NS), peso de 100 semillas (P100S), número de vainas por  $\text{m}^2$  (NV) y semillas por vaina (SV), la eficiencia en el uso del agua para biomasa total (EUAB,  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ) y rendimiento de semilla (EUAS,  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$ ), se calcularon considerando las relaciones  $EUAS = RG/ETc$  y  $EUAB = BT/ETc$ . A estas variables se les aplicó un análisis de varianza combinado clima \* espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B), y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad a aquellas que presentaron significancia estadística. Adicionalmente, se aplicó un análisis económico discreto a las variables rendimiento de grano en frijol chino y maíz, utilizando la siguiente relación:  $IN = YPy - (\sum X_i P_i + CF)$ , donde IN = ingreso neto, Y = rendimiento ( $\text{kg ha}^{-1}$ ),  $P_y$  = precio por kilogramo,  $\sum X_i P_i$  = suma de costos variables, CF = costos fijos (Volke, 1982).

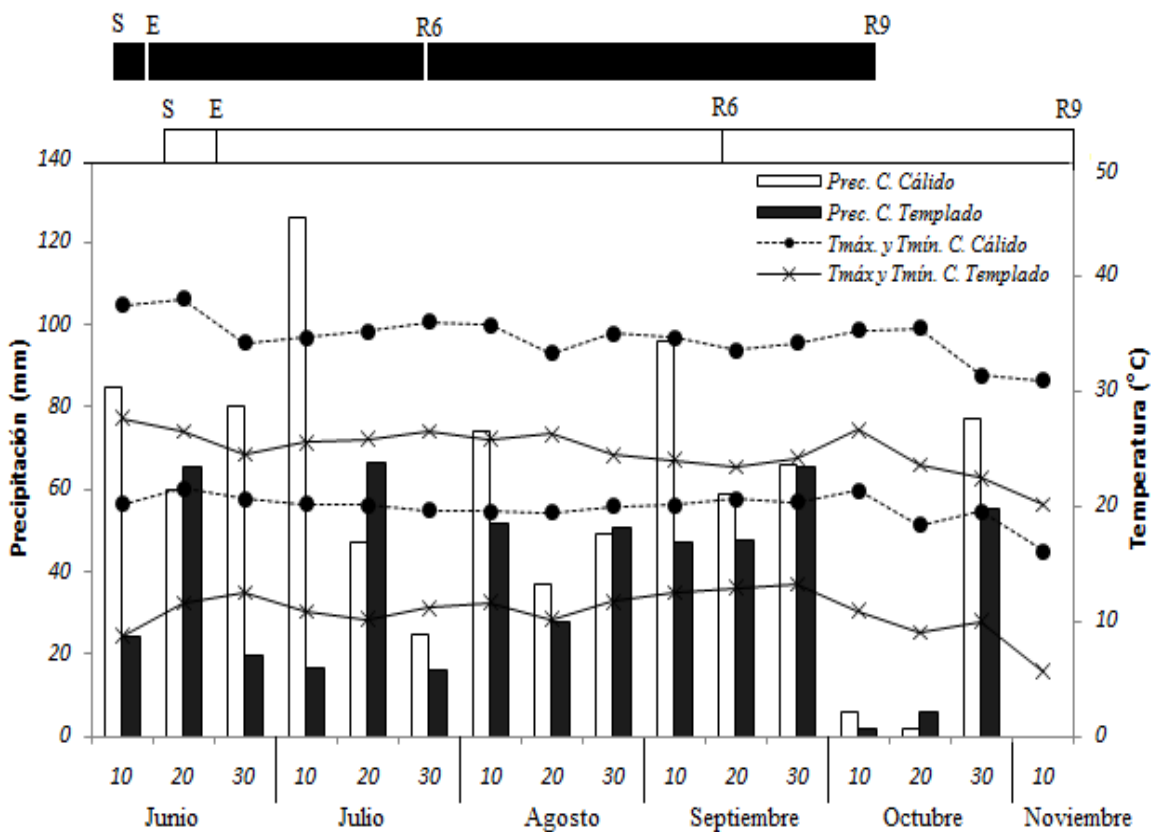
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Fenología y elementos del clima

La fenología del frijol chino no fue afectada por el tipo de espaldera y biofertilizante, pero sí por el clima. Así, el ciclo de crecimiento fue más corto en clima cálido que en el templado (125 y 150 días, respectivamente). En clima cálido, el periodo de siembra a emergencia (E, 5 días), a inicio de floración (R6, 50 días) y a madurez fisiológica (R9, 125 días) se acortó en 2, 45 y 25 días, respecto al clima templado (7,95, 150 días a E, R6 y R9, respectivamente). Esto se relacionó con la temperatura más alta prevaleciente en clima cálido que fue para  $T_{m\acute{a}x}$  entre 38 y 31 °C y  $T_{m\acute{i}n}$  entre 21 y 16 °C, la precipitación acumulada desde la siembra a madurez fisiológica fue de 810 mm, ocurriendo la mayor precipitación de floración a madurez fisiológica (57%). Mientras que en clima templado la  $T_{m\acute{a}x}$  fue entre 28 y 20 °C y la  $T_{m\acute{i}n}$  entre 13 y 6 °C, y la precipitación fue de 611 mm (33% menor que en clima cálido). En ambos climas, durante la etapa reproductiva el frijol chino estuvo sometido a un déficit hídrico (Figura 1), lo que provocó una menor expresión del rendimiento. Tendencias similares encontró Peltzet (2005) en soya. Morales *et al.* (2006), al evaluar el agrosistema frijol común – girasol, encontraron que las etapas fenológicas ocurrieron en tiempo similar en relación a los unicultivos. Por otra parte, Uribe *et al.* (2007), al estudiar la respuesta del maíz a la aplicación de biofertilizantes no encontraron diferencias en la fenología del cultivo respecto al testigo. Estos resultados contrastan con lo reportado por Fulchieri y Frioni (1994) quienes señalan que los biofertilizantes contribuyen a una reducción del ciclo del cultivo.

### Unidades calor

La acumulación de unidades calor (UC) con relación a los días después de la siembra y la fenología se ajustó a una relación lineal (Figura 2A). La acumulación de UC en los tratamientos o tipos de espaldera y biofertilizante fue similar, pero diferente para cada clima. En clima cálido las UC para la etapa vegetativa (EV), reproductiva (ER) y todo el ciclo (CC) fueron de 905, 1303 y 2208 °C respectivamente, mientras que en clima templado, las UC acumuladas fueron más bajas en 117, 943 y 1060 °C para EV, ER y CC respectivamente (788, 360 y 1148 °C, para EV, ER y CC, respectivamente). Resultados similares reporta Morales *et al.* (2005) para frijol común en unicultivo y asociado con girasol.



S, E, R6 y R9 = se presentan en materiales y métodos

**Figura 1. Distribución de la precipitación (suma decenal), temperatura máxima y mínima (media decenal) durante el desarrollo del cultivo de frijol chino en espaldera convencional y de maíz en climas contrastantes. Verano de 2009.**

### Evapotranspiración

No se observaron cambios en cuanto a la evapotranspiración (ETc) del frijol chino entre tipo de espaldera y biofertilizante (Figura 2B). En clima cálido la ETc para la etapa vegetativa (EV), reproductiva (ER) y todo el ciclo del cultivo (CC) fueron de 183, 258 y 441 mm, respectivamente. En contraste, en clima templado, la ETc fue más baja (en ER fue de 130 y para CC de 377 mm) pero superior en EV (247 mm). En clima cálido, en un tiempo más corto del cultivo, la ETc acumulada fue solo inferior en la EV con 64 mm, debido a que en clima templado la floración se retrasó debido a la baja temperatura. Valores superiores reportan Flores *et al.*, (2005), quienes en clima cálido al evaluar seis genotipos de *Vigna* encontraron una ETc de 539 mm, lo cual se relacionó con una mayor precipitación ocurrida en el sitio (>1000 mm).

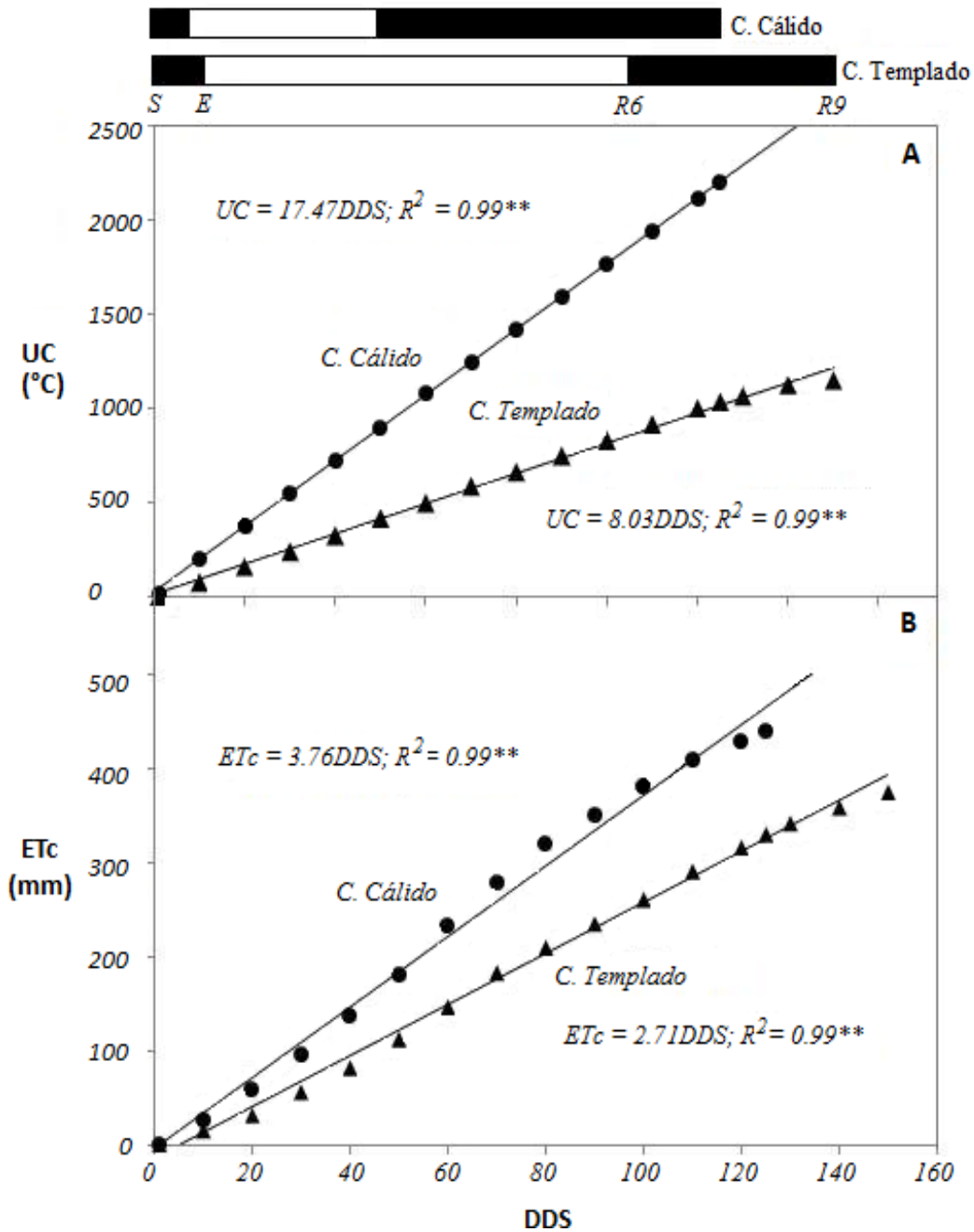


Figura 2. Unidades calor (A) y evapotranspiración acumuladas (B) durante el desarrollo del frijol chino en climas contrastantes.

## Rendimiento de grano y sus componentes

El rendimiento de grano (RG), número de semillas por m<sup>2</sup> (NS), número de vainas por m<sup>2</sup> (NV) y semillas por vaina (SV), mostraron cambios significativos por efecto de clima (C), tipo de espaldera (E), biofertilizante (B) y la interacción (C\*E\*B). El peso de 100 semillas (P100S) y el número de semillas por vaina (SV) mostraron cambios significativos por efecto del clima (Cuadro 1 y Figura 3).

En clima cálido se encontró el RG, NS, P100S, NV y SV más altos. El incremento en clima cálido respecto al templado fueron de 69 g m<sup>-2</sup>, 296 semillas por m<sup>2</sup>, 12 g en el peso de 100 semillas, 15 vainas por m<sup>2</sup> y 9 semillas por vaina. El frijol chino con biofertilizante superó en 17 g m<sup>-2</sup>, 70 granos m<sup>-2</sup> y 5 vainas m<sup>-2</sup> al testigo. Con espaldera convencional se encontró el RG, NS y NV más alto y el incremento respecto a la espaldera viva de maíz fue de 31 g m<sup>-2</sup>, 177 semillas m<sup>-2</sup> y 11 vainas m<sup>-2</sup> (Cuadro 1). En la interacción clima \* espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B), el frijol chino sembrado en clima cálido con espaldera convencional y biofertilizante (FSB), presentó el mayor RG, NS, y NV superó al de clima templado en 120 g m<sup>-2</sup>, 566 semillas por m<sup>2</sup>, 30 vainas por m<sup>2</sup>. El frijol sembrado con maíz en clima templado presentó el RG, NS y NV más bajo (Figura 3). La disminución en los rendimientos de frijol chino en espaldera viva no solo puede explicarse por las relaciones de competencia, sino también por la variación en los elementos del clima que afecta los procesos metabólicos. Así, al tener dos especies en el mismo espacio, disminuye la aireación y por tanto su acción refrescante, el flujo de CO<sub>2</sub> y el barrido de la humedad, la respiración del frijol chino puede incrementarse debido al aumento de la temperatura y a su vez el sombreado de la espaldera viva sobre el frijol, puede disminuir la fotosíntesis y de esta manera acelerar la senescencia foliar (Vélez *et al.*, 2007). Al respecto, Quiroz y Douglas, (2003) señalan que el unicultivo de gandul (*Cajanus cajan*) mostró incrementos del orden del 6, 15 y 5% en el NV, NS y RG respecto al asociado. El aumento en el rendimiento del frijol chino al inocularlo con *Glomus* y *Rhizobium etli* se atribuye a que se aumenta la absorción de potasio, calcio, zinc, magnesio y especialmente de fósforo (Martínez y Dibut, 1996) y la fijación de cantidades considerables de nitrógeno (Dileep y Dubet, 1992). Alarcón *et al.* (2008), reportan incrementos de 31 y 55% en el rendimiento de camote (*Ipomoea batatas*) al inocularlo con biofertilizante respecto al testigo. Mientras que Fernández (1999), al estudiar el efecto del inoculante micorrizógeno EcoMic sobre el rendimiento del arroz (*Oryza sativa*), sorgo (*Sorghum vulgare*) y maíz (*Zea mays*), lograron incrementos en el rendimiento del

15 al 30%. En frijol común, Hernández *et al.* (1999) reportan incrementos de 46% al inocularlo con *Rhizobium*.

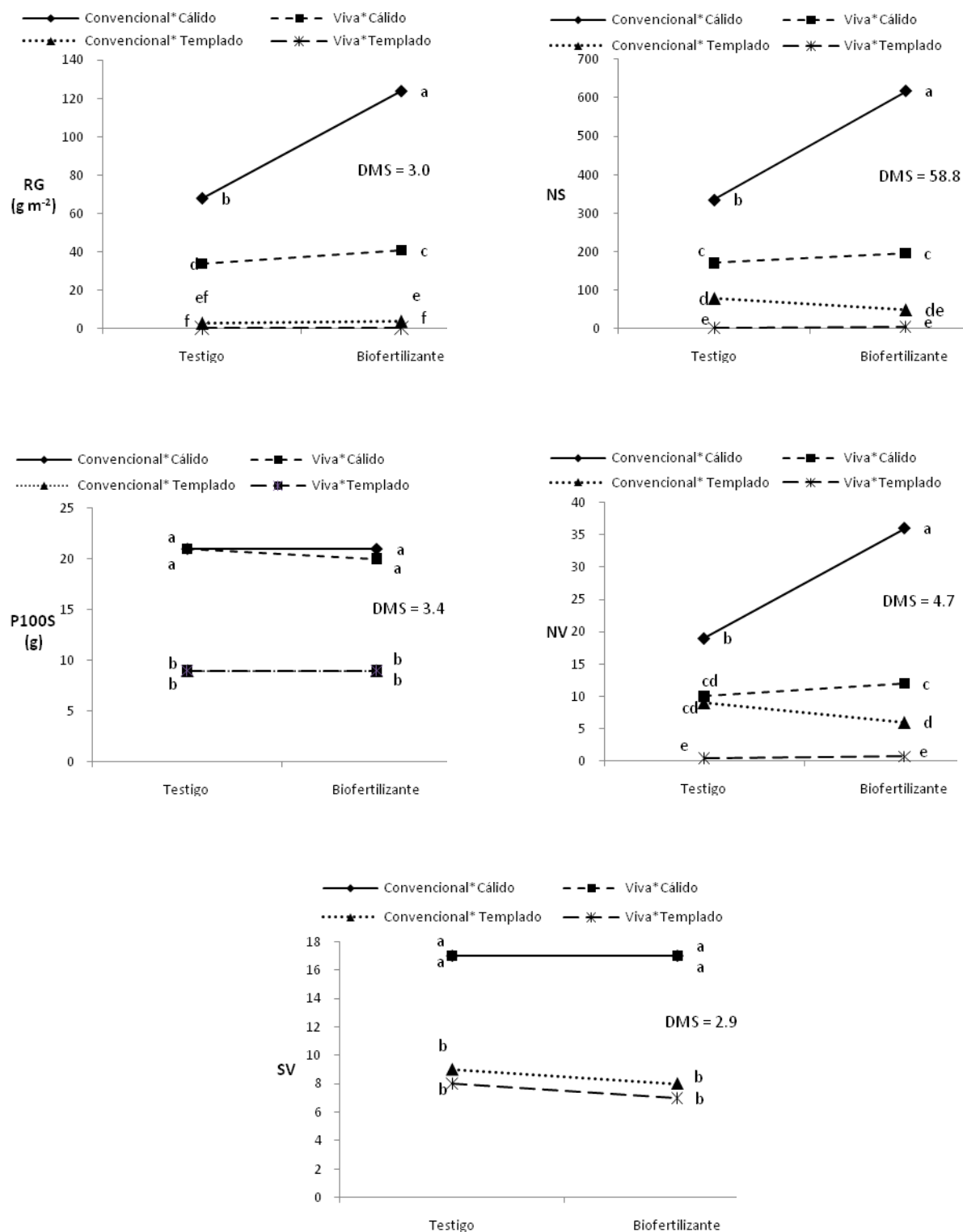
**Cuadro 1. Rendimiento de granos (RG, g m<sup>-2</sup>) y componentes del rendimiento de frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.**

Factor	Espaldera	Biofer.	RG	NS	P100S	NV	SV
<b>Clima</b>	Cálido		67 a <sup>¶</sup>	330 a	21 a	19 a	17 a
	Templado		2 b	34 b	9 b	4 b	8 b
<b>Biofer.</b>	Con		43 a	217 a	15 a	14 a	13 a
	Sin		26 b	147 b	15 a	9 b	12 a
<b>espaldera</b>	Conv		50 a	271 a	15 a	17 a	13 a
	Viva		19 b	94 b	15 a	6 b	12 a
	Cálido * Convencional		96 a	476 a	21 a	27 a	17 a
	Cálido * Viva		37 b	184 b	21 a	11 b	17 a
	Templado * Convencional		4 c	65 c	9 b	7 c	8 b
	Templado * Viva		0.4 c	4 d	9 b	0.6 d	7 b
	Calido * con biofertilizante		83 a	407 a	21 a	24 a	17 a
	Cálido * sin biofertilizante		51 b	253 b	21 a	15 b	17 a
	Templado * con biofertilizante		1.5 c	41 c	9 b	4 c	8 b
	Templado * sin biofertilizante		2.3 c	27 d	9 b	3 c	7 b
Media General			34.4	182	15	11.5	12
Probabilidad ad F (Tukey 0.05)	Clima		** (1.4)	** (33.3)	** (1.3)	** (3.4)	** (1.3)
	Espaldera		** (1.0)	** (17.4)	NS (1.0)	** (1.3)	NS (0.8)
	Biofertilizante		** (1.0)	** (17.4)	NS (1.0)	** (1.3)	NS (0.8)
	Clima * Espaldera		** (6.7)	** (28.9)	** (5.2)	** (3.1)	** (3.8)
	Clima * Biofer		** (4.9)	** (8.5)	** (1.5)	** (3.3)	** (1.8)

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) \*\*\* =  $P \leq 0.01$  y 0.05, respectivamente, NS = no significativo.

DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.

NS = número de semillas por m<sup>2</sup>, P100S = peso de cien semillas (g), NV = número de vainas por m<sup>2</sup> y SV = semillas por vaina.



**Figura 3. Rendimiento de grano (RG) y componentes del rendimiento de frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.**



## **Biomasa total**

La biomasa total (BT) del frijol chino presentó diferencias estadísticas significativas por efecto del clima (C), espaldera (E), biofertilizante (B) e interacción clima \* espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B) (Cuadro 2 y Figura 4).

La mayor BT se logró en clima cálido ( $218 \text{ g m}^{-2}$ ) y superó en 58% a la siembra en clima templado ( $126 \text{ g m}^{-2}$ ), lo que se atribuye a las bajas temperaturas del clima templado ( $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en relación al cálido ( $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Este último se encuentra dentro de la temperatura óptima para el desarrollo del frijol chino que está entre  $25$  y  $28 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Rodríguez *et al.*, 1996). Con biofertilizante se produjo la mayor BT del frijol chino ( $176 \text{ g m}^{-2}$ ), con incrementos de  $29 \text{ g m}^{-2}$  respecto al no inoculado ( $147 \text{ g m}^{-2}$ ). El frijol chino en espaldera convencional superó en  $131 \text{ g m}^{-2}$  a la espaldera de maíz (Cuadro 2). En la interacción clima \* espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B), en clima cálido el frijol chino en espaldera convencional produjo la mayor BT ( $342 \text{ g m}^{-2}$ ), superando en 51% a la siembra en clima templado ( $175 \text{ g m}^{-2}$ ). En clima cálido el frijol chino en espaldera viva con biofertilizante ( $170 \text{ g m}^{-2}$ ) superó al sembrado en clima templado ( $79 \text{ g m}^{-2}$ ) (Figura 4). La menor BT en frijol chino con espaldera viva y sin biofertilizante se atribuye a que en la asociación maíz-frijol, el maíz resulta dominante sobre el frijol reflejándose esto en una más baja BT (Jana *et al.*, 2000). Johansen *et al.* (1994), señalan que las micorrizas arbusculares, aumentan la superficie de absorción de nutrimentos y su consecuente traslocación al follaje y a las raíces. Asimismo, diversos autores indican que la bacterización aumenta la productividad (Abbass y Okon, 1993; Martínez y Dibut, 1997). Los resultados del presente estudio concuerdan con lo reportado por Díaz y Quiroz (1995), quienes al evaluar la asociación maíz frijol, reportan una disminución del 54% en la BT del frijol respecto al monocultivo. Wani (1990) encontró en sorgo incremento significativo del 25% en el rendimiento de forraje al inocularlo con *Glomus fasciculatum* respecto al testigo. Mientras que Hernández *et al.* (1999) en frijol común inoculado con *Rhizobium* reporta incrementos en BT de 52% respecto al testigo.

## **Índice de cosecha**

El índice de cosecha (IC) del frijol chino, presentó diferencias estadísticas significativas por efecto del clima (C), tipo de espaldera (E), biofertilizante (B) e interacción ambiente \* tipo de espaldera \* biofertilizante (A \* E \* B) (Cuadro 2 y Figura 4).

En clima cálido se encontró el IC más elevado (32%) que en clima templado (1%), esto se atribuye a que el menor número de semillas y vainas presentados en este clima derivó en una menor asignación de materia seca hacia el grano (Escalante y Rodríguez, 2009-2010). El frijol chino con biofertilizante presentó el mayor IC (18%), y superó en 3% al frijol chino sin biofertilizante (15%). El frijol chino en espaldera convencional (17%) presentó mayor IC en relación a la espaldera de maíz (16%) (Cuadro 2). En la interacción clima \* tipo de espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B), el mayor IC se encontró en frijol chino sembrado en clima cálido con espaldera convencional y biofertilizante (FSB, 36%), que superó en 34% al sembrado en clima templado. El menor IC se encontró en clima templado en espaldera de maíz con y sin biofertilizante (1%) (Figura 4). El mayor IC encontrado en el frijol en espaldera convencional con biofertilizante respecto a la espaldera viva y sin biofertilizante se atribuye en particular al efecto de sombreado que ejerce el maíz sobre el frijol chino que provoca una reducción en la producción de flores y mayor abscisión de flores y vainas (Jiang y Egli, 1993). Además las plantas inoculadas con biofertilizante presentan una mayor superficie de absorción radical de agua y nutrientes en comparación con las no inoculadas (Bashan y Levanony, 1990). Esto contrasta con lo reportado por Fukai (1993) quién en siembra de maíz con haba encontró que en cultivos asociados el IC fue superior al monocultivo de ambas especies.

### **Eficiencia en el uso del agua**

La eficiencia en el uso del agua del frijol chino para semilla (EUAS) y biomasa total (EUAB) presentaron diferencias estadísticas significativas por efecto del clima (C), tipo de espaldera (E) e interacción clima \* tipo de espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B) (Cuadro 2 y Figura 4).

En clima cálido se encontró la EUAS más alta ( $0.16 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) y EUAB ( $0.5 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) en comparación con clima templado ( $0.005$  y  $0.335 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ , respectivamente). El frijol chino inoculado con biofertilizante mostró la mayor EUAS ( $0.1 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ) y EUAB ( $0.42 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ ), que superó en  $0.04$  y  $0.07 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$  al frijol chino sin biofertilizante. En espaldera convencional el frijol chino presentó incrementos en la EUAS y EUAB del orden de  $0.07$  y  $0.31 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ , respecto a la espaldera de maíz (Cuadro 2). En la interacción clima \* tipo de espaldera \* biofertilizante (C\*E\*B), la más alta EUA, se encontró en la siembra de frijol chino en clima cálido con biofertilizante, con incrementos de  $0.27$  y  $0.31 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$  para EUAS y EUAB respecto al sembrado en clima templado y de  $0.13$  y  $0.21 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ , en relación al frijol

chino en espaldera convencional sembrado en clima cálido. El frijol chino en espaldera de maíz con biofertilizante sembrado en clima cálido mostró una EUAS y EUAB superior en 0.13 y 0.12  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$  al sembrado en clima templado y superó en 0.13 y 0.17  $\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$  a la espaldera de maíz sin biofertilizante sembrado en clima templado (Figura 4). La mayor EUA del frijol chino en espaldera convencional con biofertilizante está relacionada con una mayor y temprana cobertura del dosel vegetal causada por la mejor distribución de la planta en el espacio que se logra con la espaldera convencional y la mejor nutrición y aprovechamiento del agua por efecto de la micorriza y *Rhizobium etli* (biofertilizante) que aumentan significativamente la absorción de agua y nutrientes debido a un aumento en la superficie radical (Bethlenfalvay y Newton, 1991; Sánchez y Honrubia, 1994).

### **Rentabilidad económica del frijol chino en función del tipo de espaldera**

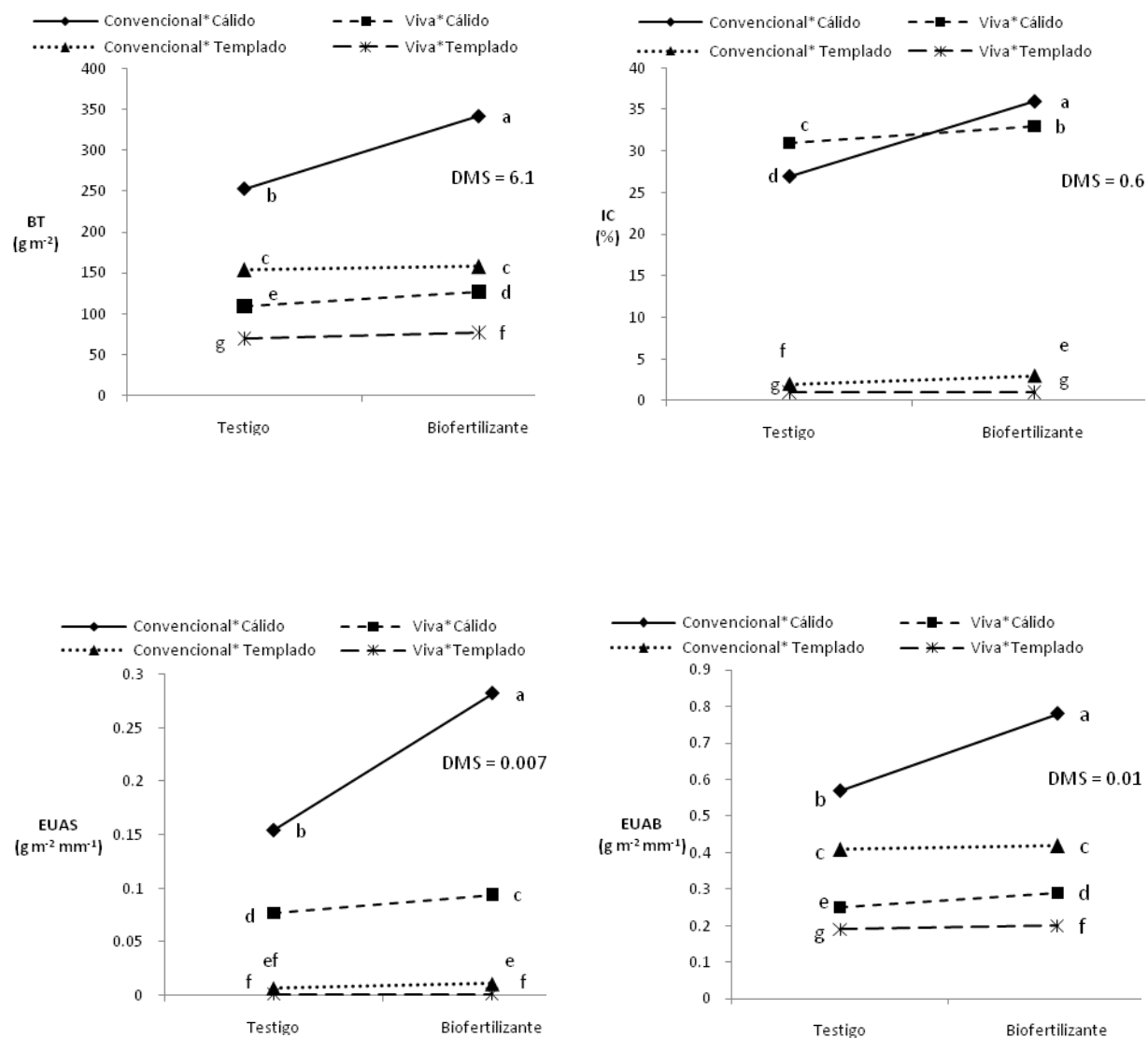
En el cuadro 2 se observa que la siembra de frijol chino con maíz y biofertilizante (FMB) en clima cálido generó el mayor ingreso neto (IN) (\$8,901), seguido del frijol chino con maíz sin biofertilizante (FM) en este mismo clima (\$4,601), mientras que en espaldera convencional (FS) hubo pérdidas (\$-19,910). En clima templado la inversión superó al ingreso por producción de frijol chino. En cuanto a “pérdida” económica la mayor se registró en FS (-\$33,023), seguido de FSB (-\$32,763), y las más bajas correspondieron a la espaldera viva al presentar en FMB (\$-2,111) y en FM (\$-1,605). Al considerar el ingreso del frijol chino más la espaldera viva, el mayor IN se logra con espaldera de maíz con biofertilizante (FMB, \$17,855 y \$15,355, para clima cálido y templado). No obstante que en clima templado, el rendimiento de semilla de maíz con biofertilizante y sin biofertilizante fue superior que en clima cálido, en el caso del frijol chino este fue inferior, lo cual provocó una disminución en el IN de los tratamientos bajo este clima.

**Cuadro 2. Biomasa total (BT, g m<sup>2</sup>), índice de cosecha (IC, %), Eficiencia en el uso del agua para semilla (EUAS, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) y biomasa total (EUAB, g m<sup>-2</sup> mm<sup>-1</sup>) del frijol chino en función del clima, biofertilizante y tipo de espaldera. Verano 2009.**

<b>Factor</b>	<b>Espaldera</b>	<b>Biof.</b>	<b>BT</b>	<b>IC</b>	<b>EUAS</b>	<b>EUABT</b>
<b>Clima</b>	Cálido		208 a <sup>¶</sup>	32 a	0.15 a	0.47 a
	Templado		115 b	1.3 b	0.005 b	0.30 b
<b>Biofer.</b>	Con		176 a	18 a	0.10 a	0.42 a
	Sin		147 b	15 b	0.06 b	0.35 b
<b>espaldera</b>	Conv		227 a	17 a	0.11 a	0.54 a
	Viva		96 b	16 b	0.04 b	0.23 b
	Calido * convencional		298 a	32 a	0.22 a	0.67 a
	Cálido * viva		118 b	32 a	0.08 b	0.27 c
	Templado * Convencional		156 b	2 b	0.01 c	0.41 b
	Templado * viva		74 c	0.5 b	0.001 c	0.20 d
	Cálido * con biofertilizante		234 a	34 a	0.188 a	0.53 a
	Cálido * sin biofertilizante		181 b	29 a	0.116 b	0.41 b
	Templado * con biofertilizante		112 c	1 b	0.004 c	0.30 b
	Templado * sin biofertilizante		117 c	2 b	0.006 c	0.31 b
<b>Media General</b>			161	16.5	0.08	0.39
Probabilidad F y DSH <sub>0.05</sub>	Clima		** (1.5)	** (0.5)	** (0.003)	** (0.004)
	Espaldera		** (2.0)	** (0.2)	** (0.002)	** (0.005)
	Biofertilizante		** (2.0)	** (0.2)	** (0.002)	** (0.005)
	Clima * Espaldera		** (40.4)	** (2.7)	** (0.006)	** (0.007)
	Clima * Biofer		** (21.2)	** (5.1)	** (0.02)	** (0.11)

<sup>¶</sup>Promedios seguidos de la misma letra en cada columna, no son diferentes estadísticamente, según Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) \*\* =  $P \leq 0.01$ .

DSH<sub>0.05</sub> = diferencia significativa honesta al 5% de probabilidad de error.



**Figura 4. Biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), eficiencia en el uso del agua para semilla (EUAS) y biomasa total (EUAB) del frijol chino en función del tipo de espaldera y biofertilizante en clima cálido y templado. Verano 2009.**

**Cuadro 3. Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para cuatro agrosistemas en clima cálido y templado. Verano de 2009.**

Clima	Tipo de espaldera	Rend. de semilla (kg ha <sup>-1</sup> )	Ingreso total (\$)	Costo fijo (\$)	Costo variable (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)
Cálido	FS	682	13,640	3,158	30,385	33,543	-19,903
	FM	339	6,780	1,579	600	2,179	4,601
	FSB	1,244	24,880	3,158	30,425	33,583	-8,703
	FMB	556	11,120	1,579	640	2,219	8,901
Templado	FS	26	520	3,158	30,385	33,543	-33,023
	FM	4.7	94	1,579	120	1,699	-1,605
	FSB	41	820	3,158	30,425	33,583	-32,763
	FMB	5.4	108	1,579	640	2,219	-2,111
Cálido	FM	3,436	22,573	3,158	1,560	4,718	17,855
	FMB	4,491	31,188	3,158	1,600	4,758	26,430
Templado	FM	3,440	17,613	3,158	1,560	4,718	12,895
	FMB	3,928	20,113	3,158	1,600	4,758	15,355

Ingreso total = Rendimiento \* precio de grano de frijol chino (\$ 20.00) y grano de maíz (\$ 5.10) Costo fijo = incluye costos de preparación del terreno, deshierbes, control de plagas y enfermedades y la fertilización. Costos variables = incluyen el costo de biofertilizante, malla, polines, acomodo de guía, cosecha de frijol chino y maíz. Costo total = costo fijo + costo variable. Ingreso neto = ingreso total – costo total. FS = espaldera convencional; FM = espaldera de maíz; FSB = espaldera convencional con biofertilizante y FMB = espaldera de maíz con biofertilizante.

## **CONCLUSIONES**

El crecimiento y rendimiento del frijol chino varía en función del tipo de espaldera, biofertilizante y clima de desarrollo. En condiciones de clima templado el frijol chino presenta un ciclo de crecimiento más largo, una evapotranspiración y acumulación de unidades calor más baja, menor biomasa, rendimiento y eficiencia en el uso del agua. El frijol chino con espaldera convencional y biofertilizante presenta mayor rendimiento de semilla, biomasa y eficiencia en el uso del agua que en espaldera de maíz. Con la siembra de frijol chino en espaldera de maíz con biofertilizante se logra la mayor rentabilidad económica. El ingreso neto más bajo se obtiene con la espaldera convencional sin biofertilizante.

## LITERATURA CITADA

- Abbass Z, Y Okon (1993)** Plant growth by *Azotobacter paspali* in rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry 25(8): 1075-1083.
- Aguirre-Medina J F, M B Irizar-Garza, A Durán-Prado, M A Peña del Río, C Loredó-Osti, A Gutiérrez-Baeza (2009)** Los fertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 86 p.
- Alarcón Z A, L J A Morales, E Olivar J, A Vega B, T Boicet F (2008)** Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococum* y *Glomus sp* en el cultivo del boniato (*Ipomoea batatas* (L) Lam). Revista Electrónica Granma Ciencia 12 (2): 9.
- Barrios G E J, C López C (2009)** Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. Agrociencia 43: 29-35.
- Bashan Y, H Levanony (1990)** Current Status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of microbiology 36: 591-608.
- Bethlenfalvay G L, R G Linderman (1992)** Prepace. In Mycorrhizae in sustainable agriculture. Ed. By G.J. Bethlenfalvay and Linderman. Madison, Wisconsin. USA. ASA Special Publication Number 54. pp. 45-70.
- Bethlenfalvay G, W Newton (1991)** Agroecological. Aspect of the mycorrhizal, nitrogen fixing legume symbiosis in. P.B. Cregan and D.L. Keistyer (ed). The rizhosfere and plant growth. Proc. Beltsville symposium XIV: 8-11.
- Colmenares B F A, J B Pineda P (2007)** Relación entre la micorriza, el nivel de fósforo y el desarrollo de la planta de cafeto. XVII Con. Ven. Bot. 584-587.
- Delgado de la Flor F, R Ugás, S Siura (1994)** Hortalizas, Costos de producción. Ediciones UNALM, Lima. 93 p.
- Díaz C, J Rivera, J Quiróz (1995)** Crecimiento y desarrollo del maíz y frijol trepador en monocultivo y asociación. Actualidades Corpoica, Medellín, Regional 4(9): 5-10.



- Dileep B C, H C Dubet (1992)** Seed bacterization with a fluoresens *Pseudomonas* for enhanced plant growth yield and disease control. *Soil Biology and Biochemistry* 24(6): 539-542.
- Doorenbos J, W O Pruitt (1986)** Las necesidades de agua por los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Manual 24 p.
- Escalante E J A, J Kohashi S (1993)** El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.
- Escalante Estrada J A, R González M T (2009-2010)** Biomasa, índice de cosecha, componentes del rendimiento en frijol y nitrógeno. *Revista Ciencias Agrícolas Informa* 19: 5-11.
- FAO (2010)** Estadísticas de hambre en México. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. [En línea]. Disponible en. <http://www.fao.org/hunger/hunger-home/es/>. (verificado el 21 de junio de 2010).
- Fernández F (1999)** Caracterización de la efectividad de un nuevo inoculante micorrizógeno en Poaceas. *Cultivos Tropicales* 20 (2): 9-14.
- Flores C M, P M Madriz, R Warnock P, A Trujillo L (2005)** Evaluación de altura de plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del género *Vigna* en dos localidades de Venezuela *Rev. Fac. Agron.* 22 (4): 354-368.
- Fukai S (1993)** Intercropping, basis of productivity. *Fields Crop Res.* 34:239-245.
- Fulchieri M, Frioni L (1994)** Azospirillum inoculation on maize (*Zea mays*) in central Argentina. *Soil. Biol. Biochem* 26: 921-923.
- García E (2005)** Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.
- Graham P, C Vence (2003)** Legumes: Importance and constraints to greater use. *Plant physiology* 31: 872-877.
- Gordillo A G (1990)** La industrialización y comercialización de maíz en México. El maíz en la década de los 90. Ayuntamiento de Zapopan, Jal., México. pp. 261-274.

- Hernández G, M Sánchez, V Toscano, N Méndez, M Mullings (1999)** Efecto de inoculo de *Rhizobium* en frijol común (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Mesoamericana* 10: 59-62.
- INEGI (2010)** Crecimiento de la población Mexicana. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. [En línea]. Disponible en. <http://www.inegi.org.mx>. (Verificado el 21 de junio de 2010).
- Jana A C, P Barriga B, A Krarup H, R Fuentes P (2000)** Eficiencia de la asociación maíz (*Zea mays*) y Frejol (*Phaseolus vulgaris*). *Agro Sur* 28: 71-80.
- Jiang H, Egli D B (1993)** Shade induces changes in flower and pod number and flower and pod abscission in soybean. *Agronomy Journal* 85: 221-225.
- Johansen A, I Jakobsen, E S Jensen (1994)** Hyphal N. transport by a VAM fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. *Plant and soil* 160: 1-9.
- Martínez R, B Dibut (1997)** Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible. En: INIFAT. Curso Taller. “Gestión media ambiente del desarrollo rural. Cuba, INIFAT. pp: 63-81.
- Medina F, C William, J Bracho, M Mann, E Douglas (1996)** Efecto de la edad y el genotipo sobre el crecimiento del área foliar en el frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 13: 61-72.
- Morales I M (2010)** Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. Procuraduría Agraria. pp: 93-119.
- Morales R E J, J A Escalante E, L Tijerina C, V Volke H, E Sosa M (2005)** Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoamericana* 24: 55-64.
- Padilla E, M Esqueda, A Sánchez, R. Troncoso R, A Sánchez (2006)** Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(4): 321-239.

- Peltzer H F (2005)** Efecto de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de genotipos de soja en siembra de primavera. INTA EEA Marcos Juárez Cordoba, Argentina. pp. 53-59.
- Quiroz A I, M Douglas (2003)** Rendimiento en grano y eficiencia de una asociación maíz (*Zea mays*) y Quinchoncho (*Cajanus cajan*) con o sin fertilización. Bioagro 15(2): 121-128.
- Rodríguez N, L Mora, M Marín, D Esparza, A del Villar (1996)** Análisis del desarrollo foliar del frijol (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) variedad ojo negro y tres de sus mutantes en los alrededores de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 13: 521-531.
- Salas, E A, F A Blanco (1999)** Efecto de la inoculación con *Glomus manihotis* y de la fertilización con dos fuentes de fósforo sobre el rendimiento y la nodulación radical de frijol en untisol no esterilizado, bajo condiciones de campo. Agronomía Costarricense 23(2): 187-192.
- Sánchez D M, M Honrubia (1994)** Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plant. In: Impact of Arbuscular Mycorrhizas on sustainable Agricultura and Natural System pp: 78-167.
- Sangakkara U R (1998)** Growth and yield of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) as influenced by seed characters, soil moisture and Season of planting. J. Agronomy & Crop Science 180: 137-142.
- Singh B B, H A Ajeigbe, S A Tatawali, S F Rivera, M Abubakar (2003)** Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. Field Crops Research 84: 169-177.
- Snyder R L (1985)** Hand calculating degree days. Agri. For. Meteorol. 35: 353-358.
- Uribe V G, J Petit, E R Dzib (2007)** Respuesta del cultivo de maíz a la aplicación de biofertilizantes en el sistema roza-tumba y quema en suelo alfisol (Chac-lu'um, nomenclatura maya), en Yucatán, México. Agricultura andina 13: 3-18.

**Vélez V L D, J Clavijo P, G A Ligarreto M (2007)** Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays* L.) y frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) Rev. Fac. Nac. Agr. Medellin 60(2): 3965-3984.

**Volke H V (1982)** Optimización de insumos de la producción en la agricultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 61 p.

**Wani S P (1990)** Inoculation with associative nitro gen fixing bacteria: role in cereal grain production improvement. Indian Journal of Microbiology 30: 363.