

PRODUCCIÓN DE VAINA VERDE EN FRIJOL CHINO Y TIPO DE ESPALDERA EN CLIMA CÁLIDO

Patricio Apáez-Barrios; José Alberto Salvador Escalante-Estrada*;

Ma. Teresa Rodríguez-González

Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo. km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco Estado de México. C. P. 56230. Tel. 01 (595) 95 2 0200 ext. 1330. Correo-e: jasee@colpos.mx (*Autor para correspondencia).

RESUMEN

El frijol chino (FCH) es importante en la alimentación humana, consumido en grano y vaina verde. La especie tiene cultivares de crecimiento determinado e indeterminado. Estos últimos requieren de espaldera convencional, lo cual incrementa los costos de producción, por lo que se requieren alternativas para reducir estos. El objetivo del estudio fue determinar en diferentes tipos de espaldera, el crecimiento y rendimiento de vaina verde y la rentabilidad económica del FCH. La siembra se realizó el 8 de junio de 2009 en Cocula, Guerrero. Se evaluó el tiempo de ocurrencia de las fases fenológicas, rendimiento de vaina verde (RVV), número de vainas (NV), longitud y diámetro de vaina (LV y DV), número de hojas verdes (NHV), índice de área foliar (IAF), duración del área foliar (DAF), eficiencia en el uso del agua (EUA), evapotranspiración (ETc) y rentabilidad económica, en espaldera convencional (FS), de maíz (FM) y girasol (FG). Durante el ciclo del cultivo, la media de la temperatura máxima fue de 38 °C y mínima de 20 °C, y la precipitación, de 738 mm. Con FS se logró el RVV (1,501 g·m⁻²), NV (149 m⁻²) y EUA (5.4 g·m⁻²·mm⁻¹) más alto, que se relacionó con un mayor NH (334 m⁻²), IAF (1.3) y DAF (57 días). Con FM se logró el mayor ingreso neto (\$ 28,784.00). La producción de vaina verde en este lugar se logró con 278 mm de evapotranspiración del cultivo y 1,770 °C de calor acumulado de siembra a último corte.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Vigna unguiculata*, espaldera convencional, espaldera viva, análisis económico.

GREEN POD PRODUCTION IN COWPEA AND SUPPORT SYSTEMS IN WARM CLIMATE

ABSTRACT

The cowpea is an important human food crop, eaten as grain and green pods. The species has determinate and indeterminate growth cultivars. The latter require a conventional trellis, which increases production costs and thus creates the need for cheaper alternatives. The aim of the study was to determine, in different types of trellises, green pod growth and yield and cowpea profitability. Planting took place on June 8, 2009 in Cocula, Guerrero. The following were evaluated: time of occurrence of the phenological phases, green pod yield (GPY), pod number (PN), pod length and diameter (PL and PD), number of green leaves (NGL), leaf area index (LAI), leaf area duration (LAD), water use efficiency (WUE), evapotranspiration (ETc) and economic profitability in conventional, maize and sunflower trellises (CT, MT and ST, respectively). During the crop cycle, the average maximum temperature was 38 °C and the minimum was 20 °C, with 738 mm of precipitation. CT presented the highest GPY (1,501 g·m⁻²), PN (149 m⁻²) and WUE (5.4 g·m⁻²·mm⁻¹), which was associated with greater NGL (334 m⁻²), LAI (1.3) and LAD (57 days). MT achieved the highest net income (\$ 28,784.00), followed by MT and ST. Green pod production at the site was achieved with 278 mm of crop evapotranspiration and 1,770 °C of heat units accumulated from planting to final cut.

ADDITIONAL KEYWORDS: *Vigna unguiculata*, conventional trellis, living trellis, economic analysis.

INTRODUCCIÓN

El frijol chino (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es una leguminosa tropical-subtropical consumida como verdura, la cual se ha sembrado en diversas regiones de países en desarrollo, en donde representa casi la mitad del total de proteína en la dieta alimenticia (Singh y Rachie, 1985). Este género está ampliamente distribuido en México y es un alimento de importancia en poblaciones indígenas de los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Yucatán y Tamaulipas. En este último 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 (FCH) llega a medir hasta 75 cm de longitud y tiene un contenido de proteína 30 % superior con respecto al frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Lorenz y Maynard, 1988).

Dentro del FCH existen cultivares de crecimiento indeterminado que llegan a alcanzar hasta cuatro metros de longitud, por lo que para mantener la planta erguida se requiere el uso de espaldera o tutor (Summerfield, 1974). Esto permite hacer un uso más eficiente del espacio y facilitar las labores culturales, como la aplicación de insecticidas y la cosecha (Villareal, 1980). Además, permiten la recolección de frutos limpios y sanos al no estar en contacto con el suelo (Cannock, 1990). El uso de espaldera convencional (postes de madera o concreto) eleva los costos de producción, pero también aumenta significativamente el rendimiento, calidad del producto y facilita la cosecha (Villareal, 1980).

Una alternativa para reducir costos de producción es el uso de espalderas vivas, donde la especie componente, además de producir los beneficios comunes (aporte de nutrientes, 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 y son ampliamente utilizadas en los trópicos y subtrópicos, ya que proporcionan un ingreso adicional al agricultor en la misma unidad de superficie (Quiroz y Douglas, 2003). También hay una mayor eficiencia en el uso de recursos edáficos y climáticos (Willey, 1979).

En México, se considera que la práctica de sembrar diferentes especies compartiendo simultáneamente el mismo espacio se ha realizado desde tiempos anteriores a la conquista, y en la actualidad se sigue empleando por las ventajas que tiene. Una herramienta útil para evaluar la eficiencia de estos sistemas de producción es el uso equivalente de la tierra (UET), que se calcula como la suma de los rendimientos relativos (RR) de las especies incluidas en el sistema, con relación a los rendimientos de los monocultivos (Willey y Osiru, 1972). Cuando la UET es menor o igual a uno no existen ventajas en la asociación sobre la siembra en monocultivo, y cuando la UET es superior a uno se requie-

INTRODUCTION

The cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) is a tropical-subtropical legume consumed as a vegetable. It has been planted in various regions of developing countries, where it accounts for almost half of the total protein in the human diet (Singh and Rachie, 1985). This genus is widely distributed in Mexico and is a staple food for indigenous people in the states of Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Tabasco, Veracruz, Yucatan and Tamaulipas. In the latter it has been planted successfully during the past two decades, and pod production is exported to the United States (Díaz and Leal, 1992). The cowpea pod can grow to 75 cm in length and has a 30 % higher protein content than the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (Lorenz and Maynard, 1988).

There are indeterminate-growth cowpea cultivars that can reach up to four meters long, so to keep the plant erect requires the use of a trellis or support system (Summerfield, 1974). This allows more efficient use of space and facilitates cultural practices, such as insecticide application and harvesting (Villareal, 1980). They also allow the harvesting of clean and healthy fruits as a result of not being in contact with the ground (Cannock, 1990). Using a conventional trellis (wood or concrete posts) raises production costs, but also significantly increases yield and product quality and facilitates harvesting (Villareal, 1980).

An alternative method to reduce production costs is through the use of living trellises, where the component species, in addition to producing the common benefits (nutrient contribution, soil protection and additional products), provides the additional function of serving as a support system for the agricultural crop (Badelman, 1990). Using living trellises has the advantage of increasing the diversity of products harvested per unit area and are widely used in the tropics and subtropics, as they provide additional income to the farmer in the same unit area (Quiroz and Douglas, 2003). There is also greater efficiency in the use of soil and climate resources (Willey, 1979).

In Mexico, it is believed that the practice of planting different species simultaneously in the same space has been done since before the conquest, and it is still used today due to its advantages. A useful tool to evaluate the efficiency of these production systems is the land equivalent ratio (LER), calculated as the sum of the relative yields (RY) of the species included in the system, relative to monoculture yields (Willey and Osiru, 1972). When the LER is less than or equal to one, there is no advantage of intercropping over the planting of a single crop, and when the LER is greater than one a larger land area is required for the single crops to achieve a similar yield to the associated crop.

In addition to maize (*Zea mays* L.), sunflower (*Helianthus annuus* L.) can also be used as a living trellis with cowpea. Sunflower has desirable characteristics such as an erect stem, allowing it to be a good support (Escalante,

re mayor área de terreno para que los unicultivos logren un rendimiento similar a la siembra asociada.

Además del maíz (*Zea mays* L.), otra alternativa de espaldera viva del FCH es el girasol (*Helianthus annuus* L.). Éste tiene características deseables como tallo erecto, que le permite ser un buen soporte (Escalante, 1995), así como la capacidad de profundizar del sistema radical para mayor penetración y arraigo del frijol. Si el FCH es sembrado en suelos alcalinos sufre severos daños debido a la baja disponibilidad de nutrimentos por el pH elevado, pero al ser sembrado junto con girasol, la raíz de esta especie libera iones H^+ que bajan el pH, lo que permite el aprovechamiento de los micronutrientes por parte del FCH.

Con la asociación frijol cv. Michoacán-girasol cv. Victoria, Morales *et al.* (2006) obtuvieron mayor biomasa y rendimiento de grano (2,926 y 638 $g \cdot m^{-2}$, respectivamente), que con el unicultivo de frijol (1,336 y 289 $g \cdot m^{-2}$, respectivamente). Por otra parte, Dahmardeh *et al.* (2009) encontraron que el FCH en espaldera de maíz incrementa el rendimiento de forraje (6 $kg \cdot m^{-2}$) con respecto a la espaldera convencional (4 $g \cdot m^{-2}$). En contraste, la calidad forrajera disminuyó en 6 % de proteína, al tener 13 % en espaldera de maíz y en espaldera convencional 19 %. Por otra parte, Jana *et al.* (2000) al evaluar la eficiencia de la asociación frijol-maíz, encontraron una reducción del 67 al 85 % en el rendimiento de frijol en asociación comparado con el unicultivo. Garduño *et al.* (2009) señalan que el rendimiento de frijol ejotero se redujo 170 $g \cdot m^{-2}$ con espaldera de girasol (866 $g \cdot m^{-2}$) con respecto a la convencional (1,036 $g \cdot m^{-2}$). No obstante, la rentabilidad económica por hectárea fue mayor en espaldera de girasol (\$ 57,956.00) que en la convencional (\$ 29,746.00).

Los objetivos del presente estudio fueron determinar en frijol chino si el tipo de espaldera afecta el crecimiento, el rendimiento de vaina verde, la dinámica de producción de vaina por corte, la eficiencia en el uso del agua, el uso equivalente de la tierra y la rentabilidad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo primavera-otoño de 2009, bajo condiciones de temporal, en el campo experimental del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, en Cocula, Guerrero. (18° 14' N, 99° 39' O y una altitud de 640 m). El clima es AW_0 , 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, con pH de 7.1, conductividad eléctrica de 0.23 $dS \cdot m^{-1}$, materia orgánica de 1.7 %, 0.1 % de N total y 14 ppm de fósforo.

1995), and the root system's ability to go deeper for greater penetration and rooting of the bean. If cowpea is planted in alkaline soils, it suffers severe damage due to the low availability of nutrients as a result of the high pH, but by being planted along with sunflower, the root of this species releases hydrogen ions that lower the pH, allowing the cowpea plant to use the micronutrients.

By intercropping Michoacán bean cultivar with Victoria sunflower cultivar, Morales *et al.* (2006) obtained higher biomass and grain yield (2,926 and 638 $g \cdot m^{-2}$, respectively) than with bean monoculture (1,336 and 289 $g \cdot m^{-2}$, respectively). On the other hand, Dahmardeh *et al.* (2009) found that cowpea in a maize trellis increases forage yield (6 $kg \cdot m^{-2}$) relative to the use of a conventional trellis (4 $g \cdot m^{-2}$). By contrast, the forage quality decreased by 6% protein, having 13 % in the maize trellis and 19 % in the conventional trellis. On the other hand, Jana *et al.* (2000), in evaluating the efficiency of the bean-maize association, found a reduction of 67 to 85 % in bean yield in the intercrop compared with the monocrop. Garduño *et al.* (2009) note that the yield of string beans decreased 170 $g \cdot m^{-2}$ with a sunflower trellis (866 $g \cdot m^{-2}$) as compared to a conventional one (1,036 $g \cdot m^{-2}$). However, the profitability per hectare was higher in the sunflower trellis (\$ 57,956.00) than in the conventional one (\$ 29,746.00).

The objectives of this study were to determine whether in cowpea the type of trellis affects growth, green pod yield, the dynamics of pod production per cut, water use efficiency, the land equivalent ratio and crop profitability.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the spring-autumn cycle of 2009, under rainfed conditions at Guerrero state's Colegio Superior Agropecuario (Agricultural College) experimental field in Cocula, Guerrero (18° 14' N, 99° 39' W and at an altitude of 640 m). The climate is AW_0 , corresponding to warm subhumid with summer rains, with an average annual temperature of 26.4 °C, and an average temperature of 23.4 °C in the coldest month. The temperature swing from one month to another is from 5 to 7 °C. Average annual rainfall is 767 mm (García, 2005). The soil is a vertisol that expands when wet and contracts when dry, characteristic of the presence of montmorillonite clay, with a pH of 7.1, electrical conductivity of 0.23 $dS \cdot m^{-1}$, organic matter of 1.7 %, 0.1 % total N and 14 ppm of phosphorus.

Treatments consisted of planting cowpea in three support systems: a) conventional trellis (wooden support systems, CT), b) H-516 maize trellis (MT), and c) Victoria sunflower cultivar trellis (ST). Planting took place on June 8, 2009, at a population density of 6.2 plants $\cdot m^{-2}$ (40 x 80 cm). It was fertilized with 100 kg N $\cdot ha^{-1}$ (ammonium sulfate), 100 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ (diammonium phosphate) and 100 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ (potassium chloride), applying all the phosphorus and potassium and half of the nitrogen at 15

Los tratamientos consistieron en la siembra de FCH en tres sistemas de tutoreo: a) espaldera convencional (tutores de madera, FS), b) espaldera de maíz H-516 (FM), y c) espaldera de girasol cv. Victoria (FG). La siembra se realizó el 8 de junio de 2009, a una densidad de población de 6.2 plantas·m⁻² (40 x 80 cm). Se fertilizó con 100 kg N·ha⁻¹ (sulfato de amonio), 100 kg P₂O₅·ha⁻¹ (fosfato diamónico) y 100 kg K₂O·ha⁻¹ (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 estudio se registró la temperatura máxima y mínima, la evaporación y la precipitación diaria. Las fases fenológicas registradas para el FCH 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).

Se realizaron cinco cortes de vaina con intervalos de nueve días, en los que se cosecharon aquellas cuya longitud fue mayor a 35 cm (Villeda, 1994) para obtener el rendimiento de vaina verde (RVV; g·m⁻²), número de vainas (NV·m⁻²), longitud (LV) y diámetro de vaina (DV). Para evaluar el crecimiento del cultivo, 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 peciolo) con un integrador de área foliar (LI-COR 3100), el índice de área foliar (IAF), número de hojas verdes (NHV) y duración del área foliar total (DAF).

El IAF y la DAF se estimaron según el criterio presentado por Escalante y Kohashi (1993), a través de las siguientes ecuaciones:

$$IAF = \frac{AF}{NP} \cdot \frac{DP}{100 \text{ dm}^2}$$

Donde:

IAF = índice de área foliar, AF = área foliar (dm²), NP = número de plantas muestreadas (plantas), DP = densidad de plantas (plantas·m⁻²).

$$DAF = \frac{(IAF_1 + IAF_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

Donde:

DAF = duración del área foliar (días), IAF₁ = índice de área foliar en un tiempo inicial, IAF₂ = índice de área foliar en un tiempo final, t₁ = tiempo inicial (días), t₂ = tiempo final (días).

Para conocer el requerimiento térmico e hídrico del FCH con relación a su desarrollo fenológico y al tipo de espaldera, se calcularon las unidades calor acumuladas por el cultivo mediante el método residual, utilizando la siguiente ecuación (Snyder, 1985):

days after planting (dap), and the rest at 45 dap. The experimental design was a randomized complete block with four replications. The experimental unit was 5.0 x 2.4 m. During the study, maximum and minimum temperature, evaporation and daily precipitation were recorded. The phenological phases recorded for cowpea were days to emergence (E), days to onset of anthesis (R6), days to first cut (C1) and days to last cut (C5) (Escalante and Kohashi, 1993).

There were five pod cuts at nine-day intervals, in which those whose length was greater than 35 cm (Villeda, 1994) were harvested to obtain green pod yield (GPY; g·m⁻²) and pod number (PN·m⁻²), length (PL) and diameter (PD). To evaluate crop growth, destructive sampling was conducted on two plants within the useful plot at 29, 75 and 100 dap, and leaf area (excluding petioles) was measured with a leaf area integrator (LI-COR 3100). Additionally, leaf area index (LAI), number of green leaves (NGL) and total leaf area duration (LAD) were recorded.

LAI and LAD were estimated according to the criteria presented by Escalante and Kohashi (1993) through the following equations:

$$LAI = \frac{LA}{NP} \cdot \frac{PD}{100 \text{ dm}^2}$$

Where:

LAI = leaf area index, LA = leaf area (dm²), NP = number of plants sampled (plants), PD = plant density (plants·m⁻²).

$$LAD = \frac{(LAI_1 + LAI_2)(t_2 - t_1)}{2}$$

Where:

LAD = leaf area duration (days), LAI₁ = leaf area index at an initial time, LAI₂ = leaf area index at a final time, t₁ = initial time (days), t₂ = final time (days).

To meet the thermal and water requirement of cowpea in relation to its phenological development and to the type of trellis, the crop's accumulated heat units were calculated by the residual method, using the following equation (Snyder, 1985):

$$HU = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - TB$$

Where:

HU = heat units, T_{max} = daily maximum temperature (°C), T_{min} = daily minimum temperature (°C), TB = base or threshold temperature (10 °C) (Barrios and López, 2009).

Crop evapotranspiration (ETc) (mm·d⁻¹) was calculated from the evaporation from a Class "A" pan, using 0.75 as the coefficient for the evaporimeter and Kc values based on the percentage of crop development (Allen *et al.*, 2006). Water use efficiency (WUE) was calculated as:

Donde:

$$UC = \frac{T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}}}{2} - TB$$

UC = unidades calor, $T_{\text{máx}}$ = temperatura máxima diaria ($^{\circ}\text{C}$), $T_{\text{mín}}$ = temperatura mínima diaria ($^{\circ}\text{C}$), TB = temperatura base o umbral (10°C) (Barrios y López, 2009).

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) ($\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$) 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 (Allen *et al.*, 2006). Se calculó la eficiencia en el uso del agua (EUA), como:

$$EUA = \frac{\text{rendimiento de vaina}}{\text{evapotranspiración estacional}}$$

El uso equivalente de la tierra se determinó mediante la ecuación siguiente:

$$UET = \frac{RMGA}{RMGU} + \frac{RFA}{RFU}$$

Donde:

UET = uso equivalente de la tierra, RMGA = rendimiento del maíz o girasol en asociado, RMGU = rendimiento del maíz o girasol en unicultivo, RFA = rendimiento del FCH en asociación y RFU = rendimiento del FCH en unicultivo.

Se realizó el análisis de varianza a las variables respuesta. Para aquellas que resultaron estadísticamente significativas se hizo la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$). Adicionalmente, se aplicó un análisis económico discreto al rendimiento de vaina en FCH y grano en maíz y girasol para determinar el mayor ingreso neto del agrosistema, utilizando la siguiente relación (Volke, 1982):

$$IN = YPy - (SCV + CF)$$

Donde:

IN = ingreso neto, Y = rendimiento ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), P_y = precio de vaina y grano ($\text{pesos}\cdot\text{kg}^{-1}$), SCV = suma de costos variables ($\text{pesos}\cdot\text{ha}^{-1}$), CF = costos fijos ($\text{pesos}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Ingreso total = Rendimiento precio por kg de vaina (\$ 4.17), grano de maíz (\$ 3.90) y grano de girasol (\$ 4.43).

Los costos fijos incluyen preparación del terreno, deshierbes, control de plagas y enfermedades y fertilización. Los costos variables incluyen malla, polines (estos insumos tienen vida media de cinco años, por lo que se consideró depreciación al 20 % anual), acomodo de guía, cortes de vaina, y cosecha de maíz y girasol.

$$WUE = \frac{\text{pod yield}}{\text{seasonal evapotranspiration}}$$

Land equivalent ratio was determined through the following equation:

$$LER = \frac{AMSY}{MMSY} + \frac{ACY}{MCY}$$

Where:

LER = land equivalent ratio, AMSY = associated maize or sunflower yield, MMSY = monoculture maize or sunflower yield, ACY = associated cowpea yield and MCY = monoculture cowpea yield.

Analysis of variance was performed on the response variables. For those that were statistically significant, Tukey's comparison of means test ($\alpha = 0.05$) was performed. Additionally, discrete economic analysis was applied to pod yield in cowpea and grain yield in maize and sunflower to determine the highest net income of the agrosystem, using the following relationship (Volke, 1982):

$$NI = YPy - (SVC + FC)$$

Where:

NI = net income, Y = yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), P_y = price of pod and grain ($\text{pesos}\cdot\text{kg}^{-1}$), SVC = sum of variable costs ($\text{pesos}\cdot\text{ha}^{-1}$), FC = fixed costs ($\text{pesos}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Total income = Yield price per kg of pod (\$ 4.17), maize grain (\$ 3.90) and sunflower seed (\$ 4.43).

Fixed costs include site preparation, weeding, pest and disease control and fertilization. Variable costs include mesh, posts (these inputs have an average life of five years, so 20 % depreciation per annum was considered), guiding arrangement, pod cuts, and harvesting of corn and sunflower.

RESULTS AND DISCUSSION

Green pod yield (GPY)

Cowpea GPY showed significant changes due to the type of trellis (Figure 1). GPY with MT fell by 60 %, and with ST by 68 % compared to CT (Table 1). This can be attributed to competition for nutrients and light (Vandermeer, 1992). As for living trellises, MT exceeded ST by 25 %. The reductions found in this study are similar to those reported by other authors (Jana *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2003; Garduño *et al.*, 2009).

Number of green pods (PN)

The $\text{PN}\cdot\text{m}^{-2}$ showed significant changes due to the trellis (Table 1). CT obtained $149\text{ pods}\cdot\text{m}^{-2}$, MT $84\text{ pods}\cdot\text{m}^{-2}$, and ST $59\text{ pods}\cdot\text{m}^{-2}$ (Table 1). This suggests that if the nutrition and water supply is optimal, competition for light is

CUADRO 1. Rendimiento de vaina verde (RVV), número de vainas verdes (NV), longitud (LV) y diámetro de vaina (DV), eficiencia en el uso del agua (EUA) y uso equivalente de la tierra (UET) del frijol chino en función del tipo de espaldera en Cocula, Guerrero, Verano 2009.

TABLE 1. Green pod yield (GPY), green pod number (PN), pod length (PL) and diameter (PD), water use efficiency (WUE) and land equivalent ratio (LER) of cowpea based on type of trellis in Cocula, Guerrero, Summer 2009.

Espaldera / Trellis	RVV / GPY (g·m ⁻²)	NV / PN (m ²)	LV / PL (cm)	DV / PD (cm)	EUA / WUE (g·m ⁻² ·mm ⁻¹)	UET/ LER
FS / CT	1501 a ²	149 a	42 a	0.8 a	5.4 a	1.0 b
FM / MT	604 b	84 b	37 a	0.9 a	2.2 b	1.2 a
FG / ST	482 c	59 c	40 a	0.9 a	1.7 c	0.9 c
Media general / Mean	862	97	40	0.9	3.1	1.0
DMSH / HSD	95.5	12.0	7.4	0.2	0.37	0.07

FS: espaldera convencional, FM: espaldera de maíz, FG: espaldera de girasol. ²Medias con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey; $\alpha = 0.05$. DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

CT: conventional trellis, MT: maize trellis, ST: sunflower trellis. ²Means with the same letter within each column are equal according to Tukey's test at $\alpha = 0.05$. HSD = honestly significant difference.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de vaina verde (RVV)

El RVV del FCH mostró cambios significativos por efecto del tipo de espaldera (Figura 1). El RVV con FM se redujo 60 %, y con FG, 68 % en relación a FS (Cuadro 1). Esto puede atribuirse a la competencia por nutrimentos y luz (Vandermeer, 1992). En cuanto a espalderas vivas, FM superó en 25 % a FG. Las reducciones encontradas en este estudio son semejantes a las reportadas por otros autores (Jana *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2003; Garduño *et al.*, 2009).

Número de vainas verdes (NV)

El NV·m⁻² mostró cambios significativos debido a la espaldera (Cuadro 1). Con FS se obtuvieron 149 vainas·m⁻²; con FM, 84 vainas·m⁻², y con FG, 59 vainas·m⁻² (Cuadro 1). Esto sugiere que si es óptima la nutrición y suministro de agua, la competencia por luz es una de las causas de reducción en NV del FCH cuando se siembra con espaldera viva de maíz y girasol.

Longitud (LV) y diámetro de vaina (DV)

En LV y DV no se observaron cambios significativos por el tipo de espaldera (Cuadro 1). Dichos valores son semejantes en longitud (43 cm) a los reportados por Jiménez (2004) en FCH cultivar Blanca y a lo reportado por Ávila *et al.* (2010) para el diámetro (0.8 y 0.9 cm) en cultivares de FCH. Esto indica que la LV y DV son parámetros que no son afectados por la competencia interespecífica en cultivos asociados.

Rendimiento por corte

En la Figura 1 que presenta la dinámica de producción de vaina verde, se observa que la mayor producción de vaina se encontró a los 82 días después de la siembra (dds), y representó el 40, 37, y 38 % del rendimiento total para FS, FM y FG, respectivamente. En todos los cortes la producción de vaina del FCH en espaldera convencional

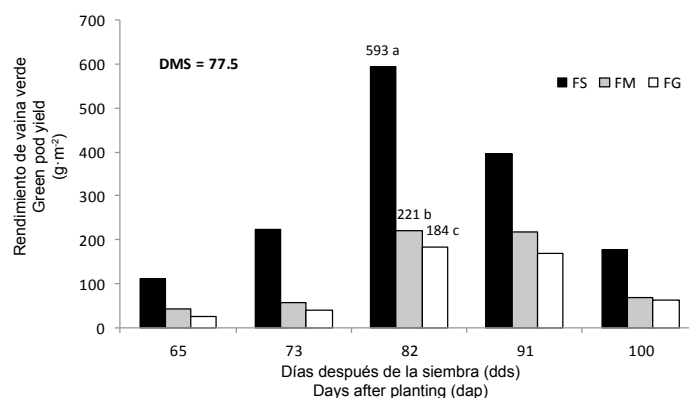


FIGURA 1. Rendimiento de vaina verde por corte en espaldera convencional y viva en Cocula, Guerrero, Verano, 2009. DMS: diferencia mínima significativa, FS: espaldera convencional, FM: espaldera de maíz y FG: espaldera de girasol.

FIGURE 1. Green pod yield per cut in conventional and living trellises in Cocula, Guerrero, Summer, 2009. LSD: least significant difference, CT: Conventional trellis, MT: maize trellis and ST: sunflower trellis.

one of the causes of reduced PN in cowpea when it is planted with a living maize and sunflower trellis.

Pod length (PL) and diameter (PD)

No significant changes were observed in PL and PD based on the type of trellis (Table 1). These values are similar in length (43 cm) to those reported by Jiménez (2004) in White cowpea cultivar and to that reported by Ávila *et al.* (2010) for diameter (0.8 and 0.9 cm) in cowpea cultivars. This indicates that PL and PD are parameters that are not affected by interspecific competition in associated crops.

Yield per cut

Figure 1, which presents the dynamics of green pod production, shows that increased pod production was found at 82 days after planting (dap), and accounted for 40, 37, and 38 % of total yield for CT, MT and ST, respectively. In all cuts, cowpea pod production was greater in the conventional trellis than in the living trellises. GPY in MT was

superó al de espaldera viva. El RVV de FM fue superior a FG en todos los cortes. Rodas (2001) señala que en 16 cultivares de FCH realizó ocho cortes, y el mayor RVV se encontró a los 80 dds (5° corte), resultados que son semejantes al del presente estudio.

Eficiencia en el uso del agua

La eficiencia en el uso del agua (EUA) mostró cambios significativos por efecto del tipo de espaldera (Cuadro 1). Esto puede atribuirse a que el cultivo utilizado como espaldera viva presentó alta competencia por los insumos agrícolas con el FCH. En este estudio se observa que es mayor en girasol que en maíz. Tendencias similares reportan Jana *et al.* (2000), quienes observaron mayor competencia del maíz con respecto al frijol en el agrosistema asociado. También se ha determinado que el mijo (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) y la mostaza (*Brassica juncea* (L.) Coss.) presentan mayor competencia que el trigo (*Triticum aestivum* L.) cuando se siembran asociados (Willey, 1979; Singh y Gupta, 1993).

Uso equivalente de la tierra

Con FM se logró el mayor uso equivalente de la tierra (UET), superando en 20 % al FS (Cuadro 1). El UET más bajo con FG puede deberse a la mayor competencia por insumos que ejerció el FCH sobre el girasol, y que se tradujo en un rendimiento más bajo en este último. Estos resultados concuerdan con los de Hernández *et al.* (1998) y Morales *et al.* (2006).

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 (DAF) mostraron cambios significativos por efecto del tipo de espaldera (Cuadro 2). El NHV e IAF aumentó a partir de la emergencia del cultivo hasta alcanzar el valor máximo a los 100 dds (Cuadro 2). El NHV del FS (334 hojas·m⁻²) superó al de espaldera viva. El FM y FG presentaron 148 y 159 hojas·m⁻², respectivamente. Así mismo, el IAF del FS fue el más alto (1.3) a los 100 dds, seguido del FG (0.8), y el valor más bajo se obtuvo con FM (0.7). Tendencias similares encontraron Garduño *et al.* (2009), quienes, al evaluar la biomasa y rendimiento de frijol ejotero en monocultivo y asociado con girasol, obtuvieron valores más altos de IAF en monocultivo (3.5) que en asociación (3.4).

La más alta DAF correspondió a FS con 57 días, seguido de FG con 29 días y FM con 25 días (Cuadro 2). Los valores más bajos de NHV, IAF y DAF encontrados en FCH en espaldera viva respecto a la convencional pueden atribuirse a la competencia por insumos para el crecimiento generado por el maíz y girasol cuando se siembran con el FCH. Al respecto, Sarandón y Chamorro (2003) mencionan que las especies involucradas en una siembra asociada, dado que comparten un mismo espacio, limitan los insumos

higher than that in ST in all cuts. Rodas (2001) points out that in eight cuts made in 16 cowpea cultivars, the highest GPY was found at 80 dap (5th cut), results that are similar to those in this study.

Water use efficiency (WUE) showed significant changes due to type of trellis (Table 1). This can be attributed to the fact that the crop used as a living support system presented high competition for agricultural inputs with cowpea. This study shows that it is higher in sunflower than in maize. Similar trends are reported by Jana *et al.* (2000), who observed greater competition by maize than bean in an associated agrosystem. It has also been determined that millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.) and mustard (*Brassica juncea* (L.) Coss.) present more competition than wheat (*Triticum aestivum* L.) when intercropped (Willey, 1979; Singh and Gupta 1993).

Land equivalent ratio

MT achieved the highest land equivalent ratio (LER), exceeding CT by 20 % (Table 1). The lowest LER with CT may be because cowpea exerted greater competition for inputs than sunflower, which resulted in a lower yield in the latter. These results are consistent with those of Hernández *et al.* (1998) and Morales *et al.* (2006).

Number of green leaves, leaf area index and leaf area duration

The number of green leaves (NGL), leaf area index (LAI) and leaf area duration (LAD) showed significant changes due to the type of trellis (Table 2). The NGL and LAI increased from crop emergence until reaching their maximum value at 100 dap (Table 2). The NGL with CT (334 leaves·m⁻²) exceeded that of living trellis. The MT and ST had 148 and 159 leaves·m⁻², respectively. Likewise, the LAI of CT was the highest (1.3) at 100 dap, followed by ST (0.8), and the lowest value was obtained with MT (0.7). Similar trends were found by Garduño *et al.* (2009), who, in assessing the biomass and yield of string beans in monocrop and associated with sunflower, obtained higher LAI values in monocrop (3.5) than in association (3.4).

The highest LAD was with CT at 57 days, followed by ST at 29 days and MT at 25 days (Table 2). The lower NGL, LAI and LAD values found in cowpea with living as opposed to conventional trellis can be attributed to competition for inputs for growth generated by maize and sunflower when planted with cowpea. In this regard, Sarandón and Chamorro (2003) note that the species involved in an intercropping arrangement, since they share the same space, limit the inputs needed for growth that do not meet demand, which is reflected in more limited growth and yield. In this sense, Francis *et al.* (1978) found 35 % reductions in the size of the bean plant canopy in the living trellis compared to the monocrop. This is attributed to the intense competition for soil resources and photosynthetically active radiation that is established between these species (Cammarena and Cerrate, 1980).

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 en Cocula, Guerrero, Verano 2009.

TABLE 2. Number of green leaves (NGL), leaf area index (LAI) and leaf area duration (LAD) of cowpea based on type of trellis in Cocula, Guerrero, Summer 2009.

Espaldera / Trellis	NHV / NGL (m ⁻²)			IAF / LAI			DAF / LAD (días / days)
	29	75	100	29	75	100	
	días después de la siembra / days after planting						
FS / CT	57 a ^z	230 a	334 a	0.23 a	1 a	1.3 a	57 a
FM / MT	25 b	100 b	148 b	0.05 c	0.4 c	0.7 c	25 b
FG / ST	24 b	107 b	159 b	0.09 b	0.5 b	0.8 c	29 c
Media general / Mean	36	146	213	0.13	0.6	0.9	37
DMSH / HSD	1.53	26.9	17.8	0.01	0.04	0.06	1.5

FS: espaldera convencional, FM: espaldera de maíz, FG: espaldera de girasol. ^aMedias con la misma letra dentro de cada columna iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $\alpha = 0.05$. DMSH = diferencia mínima significativa honesta.

CT: conventional trellis, MT: maize trellis, ST: sunflower trellis. ^aMeans with the same letter within each column are equal according to Tukey's test at $\alpha = 0.05$. HSD = honestly significant difference.

mos necesarios para el crecimiento que no satisfacen la demanda, que se refleja en un crecimiento y rendimiento más limitado. En este sentido, Francis *et al.* (1978) encontraron reducciones del 35 % en el tamaño del dosel vegetal del frijol en espaldera viva respecto al monocultivo. Esto lo atribuyen a la competencia intensa por recursos del suelo y radiación fotosintéticamente activa que se establece entre estas especies (Cammarena y Cerrate, 1980).

Finalmente, se observó que mayor rendimiento de vaina en FCH en espaldera convencional con respecto a la espaldera viva se relaciona con mayor número de vainas ($r = 0.97$), eficiencia en el uso del agua ($r = 0.99$), número de hojas ($r = 0.97$), índice de área foliar ($r = 0.93$) y duración del área foliar ($r = 0.95$).

Elementos de clima y fenología

En la Figura 2, que presenta la temperatura máxima (T_{máx}), temperatura mínima (T_{mín}) (media decenal) y la precipitación estacional (suma decenal), se observa que durante la estación de crecimiento el promedio de T_{máx} osciló entre 38 y 33 °C y la T_{mín} entre 22 y 20 °C. La temperatura más alta ocurrió en la segunda decena después de la emergencia y posteriormente disminuyó conforme avanzó el ciclo de cultivo. La precipitación acumulada durante la estación de lluvia fue de 1,190 mm, de la cual 738 mm (62 % del total) ocurrieron durante el desarrollo del experimento (8 de junio a 16 de septiembre de 2009). De ésta, 387 mm (52 %) se presentó en la época de floración y último corte de vaina.

En FCH, tanto en espaldera convencional como en espaldera viva, las fases fenológicas ocurrieron en tiempo similar. Así, la emergencia de plántulas sucedió cinco días después de la siembra (dds); el inicio de floración (R6) ocurrió a los 50 dds, cuando se tuvo la precipitación más baja; el primer corte (C1), a los 65 dds, y el último corte (C5) a los 100 dds (Figura 2). Al respecto, Davis y García (1983), Guzmán (1985) y Garduño *et al.* (2009) encontraron que la

Finally, it was observed that higher pod yield in cowpea in a conventional trellis compared to a living trellis is associated with greater water use efficiency ($r = 0.99$), number of pods ($r = 0.97$), number of leaves ($r = 0.97$), leaf area index ($r = 0.93$) and leaf area duration ($r = 0.95$).

Climate and phenology elements

Figure 2, which gives the maximum temperature (T_{max}), minimum temperature (T_{min}) (ten-day average) and seasonal precipitation (ten-day sum), shows that during the growing season the average T_{max} varied between 38 and 33 °C and the T_{min} between 22 and 20 °C. The highest temperature occurred in the second ten-day period after emergence and then decreased as the crop cycle progressed. The cumulative rainfall during the rainy season was 1,190 mm, of which 738 mm (62 % of the total) occurred during the course of the experiment (June 8 to September 16, 2009). Of this, 387 mm (52 %) occurred at the time of flowering and the last pod cut.

In cowpea, in both the conventional and living trellises, the phenological phases occurred at a similar time. Thus, seedling emergence occurred at five days after planting (dap); the beginning of flowering (R6) occurred at 50 dap, when rainfall was the lowest; the first cut (C1) at 65 dap and the final cut (C5) at 100 dap (Figure 2). In this regard, Davis and García (1983), Guzmán (1985) and Garduño *et al.* (2009) found that the duration of bean's phenological phases were not changed by planting it with sunflower as opposed to planting it as a monocrop. Ávila *et al.* (2006) found that in semiarid climate the Sesenteño cowpea cv. reached flowering (R6) at 75 dap and pod filling at 105 dap.

Crop evapotranspiration

Crop evapotranspiration (ET_c) was similar in the trellis types studied (278 mm at last cut), and its dynamics followed a linear trend (Figure 3). ET_c was distributed in the pheno-

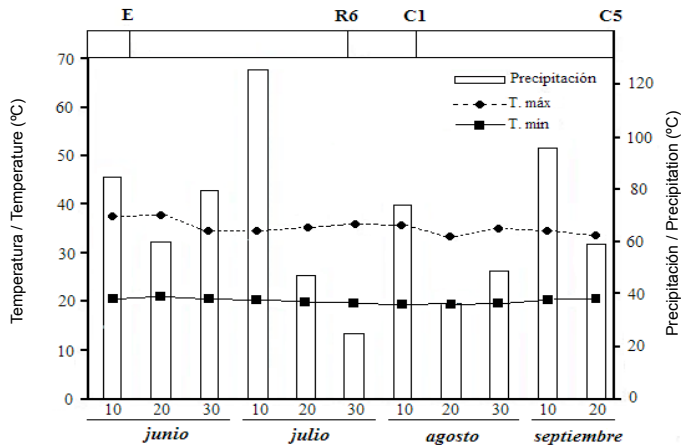


FIGURA 2. Temperatura máxima (T. máx), temperatura mínima (T. mín) (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo del cultivo de frijol chino en espaldera inerte y asociado con maíz y girasol en Cocula, Guerrero, 2009. E: emergencia, R6: inicio de antesis, C1: primer corte, C5: último corte.

FIGURE 2. Maximum temperature (T. max), minimum temperature (T. min) (ten-day average) and precipitation (ten-day sum) during the crop cycle of cowpea in inert trellis and associated with maize and sunflower in Cocula, Guerrero, 2009. E: emergence, R6: onset of anthesis, C1: first cut, C5: last cut.

duración de las fases fenológicas del frijol no se modificaron al sembrarlo con girasol respecto al monocultivo. Ávila *et al.* (2006) encontraron que en clima semiárido el FCH cv. Sesenteño llegó a floración (R6) a los 75 dds y llenado de vaina a los 105 dds.

Evapotranspiración del cultivo

La evapotranspiración del cultivo (ETc) fue similar en los tipos de espaldera estudiados (278 mm de siembra al último corte), y su dinámica siguió una tendencia lineal (Figura 3). La ETc se distribuyó en las fases fenológicas de la siguiente manera: 15 mm a emergencia, 114 mm a inicio de floración, 171 mm a primer corte (C1) y 278 mm a último corte (C5). Valores semejantes reportan Labarca *et al.* (1999) con una ETc acumulada de 301 mm. Esto indica que entre el primer y último corte el cultivo estuvo sujeto a mayor demanda evaporativa, lo cual pudo limitar la producción de vaina debido al déficit hídrico, producto de una precipitación más baja (Figura 2).

Unidades Calor

El calor acumulado medido a través de las unidades calor (UC, °C) fue similar entre tratamientos. La dinámica de UC de la siembra al corte cinco se ajustó a una relación lineal (Figura 3). Las UC tanto en espaldera convencional como viva fueron de 101 °C a la emergencia, 901 °C a inicio de floración, 1,168 °C a primer corte y 1,770 °C a último corte. Al respecto, Guangyao *et al.* (2006), al evaluar la habilidad de competencia de FCH de diferentes hábitos de crecimiento en clima mediterráneo, encontraron un valor medio de UC de 1,500 °C, que es cercano al encontrado en el presente estudio.

logical phases as follows: 15 mm at emergence, 114 mm at first flowering, 171 mm at first cut (C1) and 278 mm at last cut (C5). Similar values were reported by Labarca *et al.* (1999), who observed a cumulative ETc of 301 mm. This indicates that between the first and last cut the crop was subjected to high evaporative demand, which could limit pod production due to water deficit, the result of lower rainfall (Figure 2).

Heat Units

The accumulated heat measured through heat units (HU, °C) was similar among treatments. The HU dynamics of the planting at the fifth cut was adjusted to a linear relationship (Figure 3). The HU, in both the conventional and living trellises, were 101 °C at emergence, 901 °C at the beginning of flowering, 1,168 °C at first cut and 1,770 °C at final cut. In this regard, Guangyao *et al.* (2006), in assessing the competition ability of cowpea of different growth habits in Mediterranean climate, found an average HU value of 1,500 °C, which is close to that found in this study.

Economic profitability depending on the type of trellis

Table 3 presents the economic analysis for GPY in cowpea and grain in corn and sunflower. CT generated the highest GPY (15,010 kg·ha⁻¹). However, it showed the highest variable and total cost and lower net income than MT, which, although it had a lower GPY (6,040 kg·ha⁻¹), was offset by the corn grain yield (3,097 kg·ha⁻¹) and a lower variable and total cost compared to CT. ST showed the lowest profitability. Similar trends were found by Garduño *et al.* (2009). Using living trellises provides two food sources (pod and grain) and low production costs, while a conventional trellis requires heavy investment and available capital, which is not common for subsistence farmers.

CONCLUSIONS

Using a conventional trellis for cowpea resulted in better growth, yield and water use efficiency than with living trellises.

Between the two living trellises for cowpea, maize outperformed sunflower in growth and yield.

Green pod production is achieved with 278 mm of crop evapotranspiration and 1,770 °C of heat accumulated from planting to final cut.

Cowpea pod length and diameter are not affected by the type of trellis.

Most green pod production occurs in the third cut at 82 days after planting.

The highest profitability was found with the use of maize trellis.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank the National Science and Technology Council (CONACYT) for the support granted to carry out this research. Registration No. 222753 (2008).

End of English Version

CUADRO 3. Rendimiento, ingresos totales, costos fijos, variables y totales, e ingresos netos para tres agrosistemas en Cocula, Guerrero, verano de 2009.

TABLE 3. Yield, total income, fixed, variable and total costs, and net income for three agrosystems in Cocula, Guerrero, summer 2009.

Agrosistemas Agrosystems	Rendimiento de vaina Pod yield (kg·ha ⁻¹)	Rendimiento de grano / Grain yield (kg·ha ⁻¹)	Ingreso / income total (\$)	Costos fijos/Fixed costs (\$)	Costos variables/ Variable costs (\$)	Costos totales/ Total costs (\$)	Ingreso neto/Net income (\$)
FS / CT	15,010	0	62,592	3,158	34,385	37,543	25,049
FM / MT	6,040	3,097	40,982	3,158	9,040	12,198	28,784
FG / ST	4,820	1,109	26,121	3,158	8,290	11,448	14,673

FS = espaldera convencional, FM = espaldera de maíz y FG = espaldera de girasol. / FS = espaldera convencional, FM = espaldera de maíz y FG = espaldera de girasol.
CT = conventional trellis, MT = maize trellis and ST = sunflower trellis.

Rentabilidad económica en función del tipo de espaldera

En el Cuadro 3 se presenta el análisis económico para el RVV en FCH y grano en maíz y girasol. El FS generó el mayor RVV (15,010 kg·ha⁻¹). Sin embargo, mostró el costo variable y total más alto y un ingreso neto menor que el FM, el cual, no obstante que tuvo un RVV más bajo (6,040 kg·ha⁻¹), se compensó con el rendimiento de grano de maíz (3,097 kg·ha⁻¹) y un costo variable y total más bajo en comparación con el FS. El FG mostró la menor rentabilidad económica. Tendencias similares encontraron Garduño *et al.* (2009). 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 capital disponible, que no es común para los agricultores de subsistencia.

CONCLUSIONES

Con el uso de espaldera convencional para frijol chino se obtuvo mejor crecimiento, rendimiento y eficiencia en el uso del agua que con espalderas vivas.

Dentro de las espalderas vivas para frijol chino, el maíz superó en crecimiento y rendimiento al girasol.

La producción de vaina verde se logra con 278 mm de evapotranspiración del cultivo y 1,770 °C de calor acumulado de siembra a último corte.

La longitud y diámetro de vaina del frijol chino no se ven afectados por el tipo de espaldera.

La mayor producción de vaina verde ocurre en el tercer corte a los 82 días después de la siembra.

La mayor rentabilidad económica se encontró con el uso de espaldera de maíz.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de esta investigación. Registro Núm. 222753 (2008).

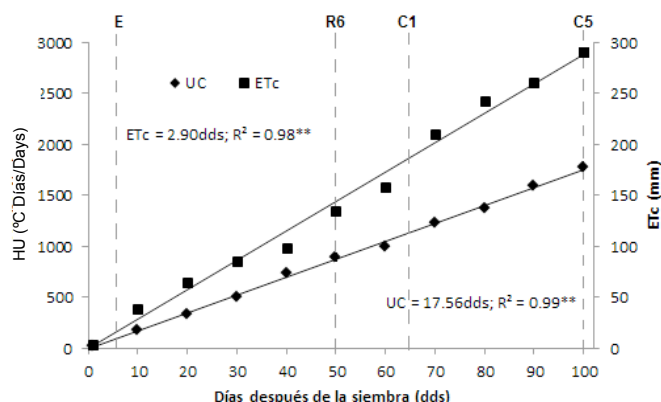


FIGURA 3. Unidades calor (UC) y evapotranspiración (ETc) acumuladas en frijol chino en espaldera convencional y viva en Cocula, Gro. Verano de 2009. E: emergencia, R6: inicio de anthesis, C1: primer corte de vaina, C5: último corte de vaina.

FIGURE 3. Accumulated heat units (HU) and evapotranspiration (ETc) in cowpea in conventional and living trellis in Cocula, Gro. Summer 2009. E: emergence, R6: onset of anthesis, C1: first pod cut, C5: last pod cut.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje 56. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 298 p. [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s.pdf)
- ÁVILA, S. N. Y.; MURILLO, A. B.; ESPINOSA, V. J. L.; PALACIOS, E. A.; GUILLÉN, T. A.; LUNA, P. R.; GARCÍA, H. L. 2010. Modelos de predicción del rendimiento de grano y caracterización de cinco cultivares de frijol yorimón. Tropical and Subtropical Agroecosystems 12(1): 11-18. <http://www.redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/939/93913074002.pdf>
- ÁVILA, S. N. Y.; MURILLO, A. B.; PALACIOS, E. A.; TROYO, D. E.; GARCÍA, J. L.; LARRINAGA, J. A.; MELLADO, B. M. 2006. Caracterización y obtención de funciones para la producción de biomasa en cinco cultivares de frijol yorimón: II Método destructivo. Técnica Pecuaria en México.

- 44(1): 119-128. <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200603030684.pdf>
- BARRIOS G., E. J.; LÓPEZ C., C. 2009. Temperatura base y tasa de extensión foliar en frijol. *Agrociencias* 43(1): 29-35. <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2009/ene-feb/art-4.pdf>
- BADELMAN, A. 1990. Woody legumes as live support systems in yam cultivation. I. The tree-crop interface. *Agroforestry Systems* 10: 47-59. doi: 10.1007/BF00118727
- CAMMARENA, P.; CERRATE, A. 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 sin espalderas. UNALM, Lima, Perú. 42 p.
- DAHMARDEH, M.; BARATALI, A.; SYASAR, B.; RAMROUDI, M. 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. doi: 10.3923/ajps.2009.235.239
- DAVIS, J.; GARCÍA, S. 1983. Competitive ability and growth habit of indeterminate beans and maize for intercropping. *Field Crop Research* 6: 59-75. doi: 10.1016/0378-4290(83)90048-5
- DÍAZ, F. A.; LEAL, F. 1992. Status of horticulture in northern Tamaulipas, México. *Subtropical Plant Sci.* 45: 58-59. http://subplantsci.org/SPSJ/v45%201992/SPSJ_45_58-59_Diaz-Franco&Leal-de%20la%20Luz.pdf
- ESCALANTE, E. J. A. 1995. Aprovechamiento del recurso agua en cultivos de secano. *Agroproductividad* 12: 28-32.
- ESCALANTE, E. J. A.; KOHASHI, S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx. 84 p.
- FRANCIS, C.; PRAGER, M.; LAING, D.; FLOR, C. A. 1978. Genotype x environment interactions in climbing bean cultivars in monoculture and associated with maize *Crop Sci.* 18: 242-246. doi: 10.2135/cropsci1978.0011183X001800020012x
- GARCÍA, E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 217 p.
- GARDUÑO, G. J.; MORALES, R. E.; GUADARRAMA, V. S.; ESCALANTE, E. J. A. 2009. Biomasa y rendimiento de frijol con potencial ejotero en unicultivo y asociado con girasol. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15 (1): 33-39. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v15n1/v15n1a6.pdf>
- GUANGYAO, W.; MILTON, E. M.; JEFF, D. E.; MARCHIS, E. C. S. 2006. Competitive ability of cowpea genotypes with different growth habit. *Weed Science* 54(4): 775-782. doi: 10.1614/WS-06-011R.1
- 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.
- HERNÁNDEZ, A.; SANTOS, R.; CASANOVA, A. 1998. Clasificación y principios básicos de los sistemas de cultivos múltiples o policultivos. *Agricultura Orgánica (La Habana)* 4(2): 6-11.
- JANA, A. C.; KRARUP, P. B.; FUENTES, R. P. 2000. Eficiencia de la asociación maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agro Sur* 28(1): 71-80. http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022000000100006&script=sci_arttext
- 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.; MORA, S. C.; SILVA, S. F.; BRACHO, B.; CASTRO, C. R.; MAVARES, O.; HIGUERA, A. 1999. Optimización de riego en frijol *Vigna unguiculata* (L.) Walp en suelos de la altiplanicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agro. (LUZ)* 16(3): 306-317. <http://revistas.luz.edu.ve/index.php/fagro/article/viewFile/9559/9244>
- LORENZ, D.; MAYNARD, D. 1988. Handbook for vegetable growers (3th ed). John Wiley & Sons. New York. 456 p.
- MORALES, R. E. J.; ESCALANTE, E. J. A.; TIJERINA, E. L.; VOLKE, H. V.; SOSA, M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. *Terra Latinoamericana* 24(1): 55-64. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/573/57311494007.pdf>
- QUIROZ, A. I.; DOUGLAS, M. 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. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S1316-33612003000200007&script=sci_arttext
- 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.; CHAMORRO, A. M. 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. doi: 10.1016/0168-1923(85)90095-4
- SINGH, B. B.; AJEIBE, A. H.; TARAWALI, A. S.; FERNANDEZ, R. S.; ABUBAKAR, M. 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research* 84: 169-177. doi: 10.1016/S0378-4290(03)00148-5
- SINGH, R.; GUPTA, P. 1993. Aggressivity, 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.; RACHIE, K. 1985. Cowpea: research, production and utilization. John Wiley & Sons Ltd. Chichester. Pp. 3-9.
- 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 1, Competition and Yield Advantages. Field Crop Abstracts 32(1): 1-10
- WILLEY, R. W.; OSIRU, D. S. 1972. Studies on mixture of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant populations. J. Agric. Sci. 79: 519-529. doi: 10.1017/S0021859600025909