

## Maíz asociado con frijol, canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) y calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) en Villaflores, Chiapas

### Maize associated with beans, canavalia (*Canavalia ensiformis* L.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch) in two communities of Chiapas

José Galdámez Galdámez<sup>1</sup>, Carlos E. Aguilar Jiménez, Antonio Gutiérrez Martínez, Juan A. Morales Cabrera, Santiago Mendoza Pérez y Franklin Martínez Aguilar

#### RESUMEN

El objetivo fue estimar la materia seca de maíz como alternativa para el mejoramiento de suelos agrícolas. Se determinó el rendimiento de grano, el Uso Equivalente de la Tierra (UET) y la Tasa de Asimilación Neta (TAN) con el método funcional. La investigación se realizó en secano de 2009, en los ejidos Dr. Domingo Chanona y Cristóbal Obregón, del municipio de Villaflores, Chiapas, México. Se utilizó el diseño bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas. Se manejaron residuos de cosecha en parcela grande y sistemas de cultivo en parcela chica. Los resultados indican que el mayor rendimiento de grano, (7.13 t ha<sup>-1</sup>), se tuvo con maíz solo y el menor (3.57 t ha<sup>-1</sup>), con el sistema maíz-calabaza-canavalia. En el ejido Cristóbal Obregón, la biomasa seca fue mayor con el sistema maíz-calabaza con residuos de cosecha y en el ejido Dr. Domingo Chanona con maíz-calabaza-canavalia. En el ejido Cristóbal Obregón, la mayor eficiencia fotosintética (TAN) ocurrió en maíz-calabaza, y en el ejido Dr. Domingo Chanona con maíz-calabaza-frijol. El UET fue mayor en Cristóbal Obregón con el sistema maíz-canavalia y en el ejido Dr. Domingo Chanona con maíz-calabaza-canavalia con valores de 2.8 y 2.6, respectivamente. Se concluye que el agroecosistema asociado y con residuos de cosecha es más eficiente en el aprovechamiento de la radiación solar vía grados día de desarrollo (GDD-10); en consecuencia, se genera mayor cantidad de materia seca; además, los cultivos asociados son más eficientes en el uso de la tierra, mejoran la fertilidad del suelo, generan alimento y representan una oportunidad de generación de empleo familiar.

**Palabras clave:** Zea mays, Phaseolus vulgaris, materia seca, rendimiento, tasa de asimilación neta.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to estimate the dry matter of corn as an alternative for the improvement of agricultural soils. The grain yield, the equivalent use of land (UET), and the rate of net assimilation (TAN) with the functional method were determined. The research was carried out in dry land in 2009, in the ejidos Dr. Domingo Chanona and Cristobal Obregon of the municipality of Villaflores, Chiapas, Mexico. The experimental design was random complete blocks with divided plots. Residues of harvest in the large plots and harvest systems in small plots were considered. Results show that the greater yield of grain, 7.13 t ha<sup>-1</sup>, was achieved with only corn; and the scarcest, 3.57 t ha<sup>-1</sup>, with the corn-pumpkin-canavalia system. In Obregon, the dry biomass was greater with the corn-pumpkin system with residues of harvest, and in Chanona, with corn-pumpkin-canavalia. In Obregon, the greater photosynthetic efficiency occurred in the corn-pumpkin system, and in Chanona, with corn-pumpkin-beans. The UET was greater in Obregon with the corn-canavalia system, and in Chanona, with corn-pumpkin-canavalia with values of 2.8 and 2.6, respectively. It is concluded that the associate agroecosystem with harvest residuals is more efficient in profiting from solar radiation via degrees day of development (GDD-10); it consequently generates a greater amount of dry matter. Furthermore, the associate crops are more efficient in the use of land, they improve soil fertility, generate food and represent an opportunity of creation of family jobs.

**Key words:** corn, pumpkin, canavalia, grain yield, agroecosystem.

#### INTRODUCCIÓN

El crecimiento, desarrollo y producción de un cultivo depende de su naturaleza genética y de los mecanismos físicos y fisiológicos. El crecimiento es susceptible de medirse, ya que es un proceso cuantitativo y puede expresarse en términos de peso seco, altura y diámetro de tallo, y está relacionado con el aumento en masa del organismo; el rendimiento puede referirse a la cantidad total de biomasa seca producida por la planta, incluyendo la raíz, a lo que se denomina rendimiento biológico o biomasa, o puede referirse exclusivamente a aquellos órganos útiles al

hombre, en cuyo caso se le llama rendimiento agronómico (Werner y Leihner, 2005). En maíz se ha encontrado que a mayor producción de biomasa seca después de floración, el rendimiento de grano es mayor (Rivetti, 2007). El área foliar es de suma importancia por la intercepción y transmisión de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), al aumentar el área foliar aumenta la tasa de rendimiento de materia seca, la cual guarda una relación lineal con el incremento de la cantidad de luz interceptada por esa superficie foliar (Días et al., 2007; Salisbury y Ross, 2000). Romo y Arteaga (1990) señalaron que el maíz es eficiente y puede llegar a convertir has-

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Autónoma de Chiapas. Carretera Ocozacoautla-Villaflores. Tel. y Fax 01 (965) 65-2-14-77. Correo-e: josegalda@yahoo.com.mx

ta 1.05% de la radiación solar incidente en biomasa seca, incluyendo grano, rastrojo y raíces, si las condiciones son apropiadas. Sin embargo, la tasa de crecimiento puede verse disminuida si el índice de área foliar es baja. Tinoco et al. (2008) señalaron que el rendimiento de grano de maíz tiende a una relación lineal con el índice de área foliar, pero esta relación únicamente se conserva hasta un índice foliar de 3.3 y la acumulación de materia seca continúa hasta 45 días después de la floración femenina; sin embargo, se ha encontrado que la tasa de biomasa seca acumulada es baja después de esa fecha (García y López, 2002). El área foliar se considera como el factor primario en la determinación del crecimiento, así, el incremento de área foliar en maíz es función de los grados día de desarrollo (GDD) acumulados. Después de la floración, la planta sigue acumulando biomasa seca hasta una humedad del grano de 30% (Borra's et al. 2007; Inge et al., 2004).

En maíz, el rendimiento de grano representa el objetivo central de la producción de biomasa como alimento animal y humano; además, representa el objetivo principal desde el punto de vista agrícola para el mejoramiento agroecológico del suelo (Muñoz, 1989). Tollenaar y Bruildema (1988) consignaron que el grano de maíz constituye aproximadamente 80% de la biomasa seca; la disminución del peso de la planta y aumento del peso seco del grano, se atribuye a los fotosintatos acumulados en los órganos como el tallo y hojas, que son trasladados hacia los granos. En el análisis de agroecosistemas, se considera como estructura a la distribución de la biomasa en los diferentes componentes de los cultivos (raíz, tallo, hojas y grano) y por dinámica a los cambios en el tiempo (Krishnamurthy, 1984).

Como todos los cultivos, el maíz requiere de ciertas temperaturas para desarrollar sus funciones vitales (Izarra et al., 2009). García y López (2002) señalaron que una planta normal empieza a acumular biomasa a 10 °C, aproximadamente, aumenta la cantidad hasta llegar a 25 °C y disminuye a cero después de 40 °C. Antonio (2004) y García y López (2002) indicaron que todas las plantas deben acumular determinada cantidad de temperatura medida en términos de GDD; para una especie cultivada en diferentes regiones climáticas, los GDD acumulados deben ser aproximadamente los mismos, sólo que serán cubiertos en diferentes periodos de tiempo, dependiendo del régimen térmico que se pre-

sente. La temperatura en términos de GDD, es una medida indirecta del aprovechamiento de la energía solar por los patrones de cultivo para la producción de biomasa seca y depende de la especie de cultivo que se trate y de la condición del mismo, determinado por el manejo agronómico, de la densidad de población, del hecho de que el cultivo se siembre solo o asociado con otro y de cuál sea ese otro cultivo, y de sus estadios de desarrollo (Rivetti, 2007). Terrance et al. (2004) y Lindquist et al. (2005) indican que existe evidencia de que hay una relación entre la radiación interceptada durante la estación total de crecimiento y la producción anual de biomasa seca. El análisis de acumulación de biomasa como una función de los GDD es útil en la elaboración de modelos de crecimiento, cuando se analiza la relación que existe entre los elementos del clima y del tiempo atmosférico, y la distribución de productos fotosintetizados en órganos de la planta en cada una de sus etapas fenológicas (Idinoba et al., 2002). Una vía para el análisis de la influencia de los factores ambientales y de otros cultivos, sobre el crecimiento, desarrollo y producción de la planta o plantas de interés alimenticio o forrajero, es integrar sobre el tiempo la fotosíntesis neta, y esto se conoce como análisis del crecimiento, considerado como el punto de unión entre el registro de producción de las plantas y su relación con algunos procesos fisiológicos; esto permite conocer la formación y acumulación de biomasa y evaluar el efecto de diferentes factores internos y externos al agroecosistema. En estudios agroecológicos se usa como indicador del equilibrio entre la comunidad de plantas y su hábitat; sirve para evaluar el efecto de diferentes prácticas agronómicas y como indicadores de calidad del suelo y de sostenibilidad agrícola (Rodríguez, 1986). El análisis del crecimiento permite medir el éxito de una especie vegetal, dentro de ciertas condiciones ambientales, así como el grado de competencia intra e inter específica en policultivos, midiendo el rendimiento de biomasa por planta bajo diferentes densidades de siembra y aprovechamiento de la radiación solar (Idinoba et al., 2002). Hunt (2003) señaló que el análisis del crecimiento, en forma general, incluye el cálculo de los parámetros: tasa de crecimiento del cultivo, tasa de crecimiento relativa y absoluta, tasa de asimilación neta, razón de área foliar, área foliar específica, razón del peso foliar, duración del área foliar, índice de área foliar, relación

vástago/raíz e índice de cosecha. Entre éstos, la tasa de asimilación neta (TAN) de una planta en un instante cualquiera en el tiempo (t), se define como el incremento de material vegetal (dW) por unidad de material asimilatorio (A) por unidad de tiempo; la ecuación 1 es la que se propone para su cálculo:

$$TAN = \frac{1}{A} \cdot \frac{dW}{dt}, \quad g \text{ cm}^{-2} \text{ t}^{-1} \quad (1)$$

Los valores de la TAN permiten comparar cuantitativamente las ventajas de las diferentes arquitecturas foliares en la utilización de la energía solar incidente o en términos de elementos del tiempo atmosférico, como los GDD; también sirve para evaluar los efectos de distintas prácticas agrícolas sobre el crecimiento de cualquier especie (Sonntag et al., 2007; Méndez et al., 2004).

Con el método tradicional, la tasa de asimilación neta promedio para un periodo de t1 a t2 está dada por la ecuación 2.

$$\overline{TAN} = \frac{(W_2 - W_1)}{(A_2 - A_1)} \cdot \frac{(\ln A_2 - \ln A_1)}{(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

En donde "A, W y t" son: área foliar, peso seco de la planta y el tiempo para dos muestreos consecutivos, respectivamente. Los únicos supuestos para llegar a esta fórmula son: que el periodo de tiempo de t1 a t2, A y W estén relacionados linealmente y que A y W no sean funciones discontinuas en el tiempo. También se puede usar el método funcional, el cual consiste en generar modelos de regresión con el uso de la biomasa de todos los muestreos disponibles (Hunt et al., 2002; Woo et al., 2004; Shipley, 2006).

Patterson (1982) y Werner y Leihner (2005) señalan que las funciones del análisis del crecimiento pueden ser calculadas utilizando un índice de temperatura como divisor, en lugar de utilizar el tiempo cronológico. Por lo anterior, la tasa de eficiencia térmica (TET) es una medida de la eficiencia en el uso de los GDD para la producción de la materia seca y se obtiene por analogía a la TAN; la TET indica cuánta materia seca se produce por unidad de área foliar y por unidad de calor acumulado.

Bajo el enfoque agroecológico, un agroecosistema sostenible será aquel que además de considerar la conservación de los recursos naturales como el suelo, tenga presente el mejoramiento de

los mismos en el tiempo, hasta alcanzar un estado óptimo de producción medido en términos de biomasa seca, en este caso, los componentes básicos del agroecosistema son los intercultivos fundamentados con el uso de leguminosas, con las cuales se utilizan de manera eficiente los recursos naturales externos, radiación solar, temperatura, precipitación pluvial, entre otros (Altieri, 1992), cuya influencia se mide con la TAN como indicador de sostenibilidad agrícola (Werner y Leihner, 2005). En suelos pobres, además del enfoque de restauración de la fertilidad, los policultivos permiten el uso eficiente de la tierra (UET), y se evalúa como un indicador del mejoramiento del uso de la tierra; es un indicador de presión sobre el suelo para romper capas duras a través de las raíces e inducir la producción sostenible y la seguridad alimentaria, valores mayores que la unidad significa que el sistema se recupera de las perturbaciones existentes (Tolera et al., 2005; Vahdettin et al., 2006); por lo que los objetivos de esta investigación fueron:

1. Realizar el análisis de la producción de materia seca y crecimiento del maíz asociado al frijol, canavalia y calabaza
2. Determinar el uso equivalente de la tierra de los policultivos: maíz-frijol, maíz-canavalia, maíz-calabaza, maíz-frijol-calabaza y maíz-calabaza-canavalia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la microcuenca del río El Tablón, en el municipio de Villaflores, Chiapas, México, en los ejidos Dr. Domingo Chanona y Cristóbal Obregón, localizados a los 16° 19' de latitud norte y 93° 20' de longitud oeste, con una altura que fluctúa entre los 620 y 680 m sobre el nivel del mar. respectivamente; presentan un clima del tipo Awo (w') í' g, característico de zonas subtropicales secas con lluvias en verano, con el mes más caliente antes de junio y con una oscilación térmica entre 5 y 7 °C; la precipitación pluvial media anual es del orden de 1 100 mm, la temperatura media anual es de 24.5 °C (García, 1987); los suelos son de textura arena francosa y franco arenosa, por lo general son suelos delgados y muy pobres (Galdámez, 1998).

### Sitios experimentales

El sitio experimental en el ejido Cristóbal Obregón, es terreno ondulado con una pendiente de

5 a 8%, pH de 5.9 y un contenido de materia orgánica de 1.35%, indicando que es un suelo ligeramente ácido y pobre; el sitio experimental en el ejido Dr. Domingo Chanona es de topografía plana, con un pH de 5.1 y un contenido de materia orgánica de 1.8%, los cuales indican que también se trata de un suelo ligeramente ácido y pobre. Estas condiciones ofrecen la oportunidad agroecológica de realizar la aportación de materia orgánica de los policultivos para mejorar su fertilidad física, química y biológica.

El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Los factores de estudio fueron: asociación de cultivos, y aplicación de residuos de cosecha. Los niveles de estudio de cada factor fueron: los sistemas maíz (*Zea mays* L.) híbrido H-90, canavalia (*Canavalia ensiformis* L.), frijol de mata sesentano (*Phaseolus vulgaris* L.) y calabaza cáscara dura (*Cucurbita moschata* Duch) como cultivos solos, y las asociaciones: maíz-canavalia, maíz-frijol, maíz-calabaza, maíz-canavalia-calabaza, maíz-frijol-calabaza. Los niveles de manejo de residuos de cosecha de maíz fueron: con residuos y sin residuos. En las parcelas grandes se manejaron los residuos de cosecha y en las parcelas chicas los sistemas de cultivo. Los sistemas de cultivo maíz-frijol-canavalia, maíz-frijol-canavalia-calabaza y canavalia-calabaza, no se consideraron por ser sistemas que no son prácticos y son difíciles de ser adoptados y practicados por los campesinos.

La preparación del suelo se realizó bajo cero labranza, veinte días antes de la siembra se aplicaron los residuos de cosecha de maíz en las unidades experimentales que así correspondían, tratando de cubrir 70% de la superficie del terreno. La siembra se realizó en forma manual a espeque, el 15 de junio de 2009 en el ejido Cristóbal Obregón y 27 de junio del mismo año en el ejido Dr. Domingo Chanona.

La densidad de población de maíz fue de 50 mil plantas por hectárea; 0.8 m entre surcos y 0.5 m entre matas. El frijol se sembró el mismo día que el maíz a 0.3 m entre matas y entre las hileras de maíz, la densidad de población fue de 100 mil plantas por hectárea. Se utilizaron 2.0 kg ha<sup>-1</sup> de semilla de calabaza mezclada con el maíz, la densidad de calabaza fue de 3 500 plantas por hectárea, en los sistemas en los que intervino se sembró a 1.60 m entre hileras y 2.5 m entre matas. La canavalia se sembró a una densidad de 50 mil plantas por hectárea, cada mata tuvo dos

plantas y la separación entre ellas fue de 0.50 m, se sembró una hilera de canavalia entre dos de maíz, una vez que éste emergió. La fertilización sólo se realizó al maíz, con la fórmula 120-50-00, como fuente de nitrógeno se utilizó el fosfonitrato (33% de N) y como fuente de fósforo el fosfato diamónico (18 46 00). Se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en el momento de la siembra y la otra mitad del nitrógeno a los 45 días después de la siembra.

El control de arvenses se realizó en ambos sitios con una aplicación de Glifosato equivalente a 680 g de i. a kg<sup>-1</sup>, posteriormente y antes de la floración se efectuó en forma manual con coa.

La cosecha de todos los cultivos se realizó en forma manual en diferentes fechas conforme ocurrió la madurez por sitio. El frijol a los 90 y 92 días después de la siembra, el maíz y la calabaza a los 120 y 122 días y la canavalia a los 180 y 182 días después de la siembra. Se consideró como parcela útil a dos surcos centrales de cada cultivo, se eliminaron las matas de cabecera para disminuir el efecto de orilla. Los surcos restantes se utilizaron para el muestreo de plantas para determinar biomasa seca. Las variables evaluadas fueron fenológicas y agronómicas, de estas últimas: número de granos por hilera, número de hileras por mazorca, número de granos por mazorca, peso de 100 granos y rendimiento de grano. En frijol y canavalia, número de vainas por planta, número de granos por vaina y peso de grano por planta y rendimiento de grano. En calabaza, número y peso de frutos, peso de 100 granos y peso de semilla seca. El área foliar del maíz se determinó con el integrador foliar marca LI-COR.

### **Producción de biomasa seca**

El muestreo de plantas con competencia completa de maíz, frijol, calabaza y canavalia se realizó cada quince días a partir de la siembra y hasta el final del ciclo biológico. Se tomaron de tres a cinco plantas de cada cultivo, por sistema de cultivo y por repetición. Alrededor de cada mata se abrían cepas hasta la profundidad radical, después de extraerlas se eliminaba la tierra en recipientes con agua y después se lavaban con una piceta.

En este artículo sólo se expondrá con respecto al maíz. Todas las plantas de maíz se sometían a secado en una estufa a una temperatura de 75-80 °C hasta peso constante. Las primeras muestras de plantas secas se pesaron en una balanza

electrónica ET 300B con precisión de  $\pm 0.001g$ . Las siguientes con una balanza granataria Ohaus con  $\pm 0.1 g$  de precisión, posteriormente se obtenía el peso seco promedio por órgano, total de la planta y total por sistema de cultivo.

### Análisis de varianza

Se efectuó para rendimiento de grano y materia seca de los diferentes órganos de las plantas, de acuerdo con el diseño experimental que se utilizó y la comparación múltiple se basó en la prueba de Tukey y DMS para ambas localidades.

#### Análisis de regresión

Para determinar el modelo matemático que describiera los cambios observados en el peso seco de los diferentes órganos, la biomasa total y área foliar del maíz, primero se graficaron los da-

tos observados de pesos secos y área foliar, para ver la tendencia de cada uno de ellos, se probaron varios modelos y se tomó en cuenta aquel que se ajustó mejor a los datos observados, tomando como criterio de elección el valor del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) que explicó en qué proporción los GDD definieron a la biomasa seca y área foliar producida por el maíz; el complemento al 100% fue explicado por el efecto de otros factores como los bióticos. Con el programa Excel se elaboró la base de datos y con el programa Curfit se realizó el análisis de regresión entre la variable independiente (X), grados día de desarrollo base diez (GDD), acumulado cada quince días, a partir de la siembra y como variables dependientes (Y) a la biomasa acumulada total. Con este procedimiento se definieron los parámetros de las funciones y la estimación de datos. Los modelos más

**Cuadro 1.** Modelos matemáticos de biomasa seca total del maíz en el ejido Cristóbal Obregón

Sistema de cultivo	Residuo	Modelo	r <sup>2</sup>
Maíz solo	con	$y = -1.524998 + 4.959524 x + 4.57381 x^2$	0.98
	sin	$y = -33.05357 + 31.16429 x - 0.752381 x^2$	0.98
Maíz-frijol	con	$y = -13.87322 + 10.4125 x + 1.914881 x^2$	0.99
	sin	$y = -15.84286 + 16.82738 x + 2.955952 x^2$	0.96
Maíz-calabaza	con	$y = 45.30357 - 31.20833 x + 7.196429 x^2$	0.98
	sin	$Y = b_0 x^{b_1}, Y = 2.569813 X^{2.225489}$	0.97
Maíz-canavalia	con	$y = 11.05357 - 8.589286 x + 4.910714 x^2$	0.99
	sin	$y = -11.5 + 10.57143 x + 1.928571 x^2$	0.99
Maíz-calabaza-frijol	con	$y = -52.07143 + 48.55953 x - 1.321429 x^2$	0.92
	sin	$y = -1.124999 + 6.547619E-02 x + 3.351191 x^2$	0.98
Maíz-calabaza-canavalia	con	$y = 26.80358 - 18.72024 x + 5.041667 x^2$	0.99
	sin	$y = -1.124999 + 6.547619E-02 x + 3.351191 x^2$	0.98

**Cuadro 2.** Modelos matemáticos de biomasa seca total del maíz en el ejido Dr. Domingo Chanona

Sistema de cultivo	Residuo	Modelo	r <sup>2</sup>
Maíz solo	con	$y = -25.03571 + 14.9131 x + 2.805952 x^2$	0.97
	sin	$y = -64.27322 + 40.48036 x - 0.5196428 x^2$	0.90
Maíz-frijol	con	$y = -37.87679 + 25.53155 x + 0.9077381 x^2$	0.96
	sin	$y = 16.00001 + 37.90476 x - 0.1666667 x^2$	0.99
Maíz-calabaza	con	$y = -2.194649 - 1.042262 x + 4.374405 x^2$	0.97
	sin	$y = -12.34464 + 9.239881 x + 2.008929 x^2$	0.99
Maíz-canavalia	con	$y = -35.57143 + 25.01191 x + 1.22619 x^2$	0.97
	sin	$y = -42 + 32 x + 1.785714 x^2$	0.99
Maíz-calabaza-frijol	con	$y = 1.857149 - 8 x + 4.309524 x^2$	0.98
	sin	$y = -8.357149 - 0.9404762 x + 4.964286 x^2$	0.97
Maíz-calabaza-canavalia	con	$y = -39.73214 + 29.47024 x + 0.4702381 x^2$	0.97
	sin	$y = -1.392856 + 2.202381 x + 2.940476 x^2$	0.98

adecuados y significativos ( $P \leq 0.05$ ) fueron de tipo polinómico cuadrático y la función potencia o alométrica (Cuadros 1 y 2).

Los grados día de desarrollo (GDD) se obtuvieron con el método residual (ecuación 3) en donde:

$$\text{GDD} = \frac{T_{\text{max}} + T_{\text{min}}}{2} - T_b \quad (3)$$

Cuando  $T_{\text{máx}}$  fue mayor de 30 °C se consideró como  $T_{\text{máx}}$  a 30 °C. La temperatura base fue de 10 °C determinada con el método del mínimo coeficiente de variación y para el maíz V 537 sembrado en Villaflores (Galdámez, 1998).

### Análisis del crecimiento

Con los datos ajustados del peso seco y área foliar del maíz, se procedió a realizar el análisis del crecimiento con el método funcional, utilizando los modelos que se generaron con la regresión, se obtuvo la primera derivada para su uso en el cálculo de la TAN con la ecuación 4.

$$\text{TAN} = \frac{1}{A} \cdot \frac{dW}{dX}; \text{ g dm}^{-2} \times \text{m}^{-1} \quad (4)$$

X = Grados día de desarrollo, GDD-10.

Comprender cómo los cultivos múltiples utilizan el recurso tierra y el grado en que el microambiente de este sistema difiere en relación con el monocultivo, es una base científica para elegir cultivares que se adapten al sistema en las diferentes áreas agroecológicas, esto ha motivado a la aplicación del índice "Uso Equivalente de la Tierra" como un indicador de la eficiencia de los cultivos múltiples en el aprovechamiento de la tierra. Con relación al rendimiento de grano de los cultivos utilizados, se determinó con la ecuación 5.

$$\text{UET} = \frac{\text{MA}}{\text{MS}} + \frac{\text{FA}}{\text{FS}} + \frac{\text{CA}}{\text{CS}} + \frac{\text{CANA}}{\text{CAS}} \quad (5)$$

En donde:

MA, FA, CA, y CANA = Rendimiento de grano de los cultivos asociados.

MS, FS, CS, CAS = Rendimiento de grano de los cultivos solos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambas localidades la temperatura máxima por lo general fue mayor de 30 °C pero menor de 35 °C, la temperatura mínima fluctuó alrededor de 20 °C en ambos sitios, la precipitación pluvial durante el ciclo biológico de los cultivos en Cristóbal Obregón fue de 864 mm y en el ejido Dr. Domingo Chanona de 713 mm. La evapotranspiración potencial (ETP) en ambos sitios fueron similares con 276.8 mm para el ejido Cristóbal Obregón y 265.2 mm para el ejido Dr. Domingo Chanona. La sequía intraestival tuvo una duración de 10 días en el mes de septiembre, pero no fue evaluado el efecto en la producción de maíz.

En ambos ejidos, la emergencia del maíz, frijol, canavalia y calabaza ocurrió a los 5, 5.4, 5.5 y 6 días después de la siembra, respectivamente. En ambos ejidos y en todos los sistemas experimentados con y sin residuos de cosecha, el inicio y fin de espigamiento y anthesis, ocurrieron en promedio a los 65, 70, 67 y 70 días, respectivamente. Los estados: lechoso, masoso y madurez fisiológica del maíz ocurrieron a los 87, 91 y 126 días, respectivamente.

Con el análisis de varianza se encontró que para el ejido Cristóbal Obregón, hubo diferencia estadística significativa para longitud de mazorca, número de granos por hilera y mazorca, peso de totomoxtle por planta, peso de mazorca, grano por planta, y rendimiento de grano; pero no hubo diferencia estadística para el ejido Chanona. En el ejido Cristóbal Obregón, la comparación múltiple de la DMS indicó que la longitud de mazorca fue mayor en maíz monocultivo (13.2 cm) y maíz-calabaza-frijol (13 cm) y menor en los sistemas maíz-calabaza (11.3 cm) y maíz-calabaza-canavalia (11.3 cm). Esto coincide con Rivetti (2007), en el sentido de que la asociación de cultivos contribuye a la disminución de biomasa seca incluyendo a la mazorca de maíz.

Con la DMS se encontró que el número de granos por hilera y número de granos por mazorca, fue mayor con los sistemas maíz monocultivo (28.7 y 43.7, respectivamente) y maíz-calabaza-frijol (27.8 y 42.3, respectivamente), los menos sobresalientes fueron maíz-calabaza (26 y 36) y maíz-calabaza-canavalia (21.7 y 32.0, respectivamente). En general, se aprecia que con el maíz monocultivo se tuvo mayor longitud de mazorca, número de granos por hileras y granos por mazorca, estas variables fueron menores con el sistema maíz-calabaza-canavalia, las cua-

les condujeron a un menor número de granos por mazorca, lo cual coincide con Idinoba et al. (2002) y Rivetti (2007) debido a la competencia inter e intra específica que se establece en los policultivos. El peso del totomoxtle por planta y peso de mazorca con totomoxtle, resultaron significativos, la comparación múltiple de la DMS indicó que fue mayor con el maíz solo (31.7 y 250.4 g, respectivamente), seguido de maíz-frijol y menor con el sistema maíz-calabaza-canavalia con 25 y 143.8 g, respectivamente. La diferencia fue significativa para peso de mazorcas y de granos por planta. Con la comparación múltiple de la DMS se muestra que el peso de mazorcas fue mayor con el maíz solo y maíz-frijol (211.7 y 197.5 g, respectivamente) y el peso de grano fue mayor en maíz solo y maíz-frijol (184.2 y 163.3 g, respectivamente). El menor peso de ambas variables ocurrió con el sistema maíz-calabaza-canavalia con 119.6 y 97.1 g, respectivamente. Este comportamiento es claro, porque con el sistema maíz-frijol, la competencia entre ambos cultivos sólo ocurre antes de la floración del maíz, después de cosechar el frijol, el maíz queda solo. En contraste, con la calabaza y canavalia la competencia continúa hasta la cosecha. Este comportamiento es abordado en función de otros factores por Rivetti (2009), Terrance et al. (2004) y Lindquist et al. (2005).

El rendimiento de grano de maíz fue significativo en el ejido Cristóbal Obregón, la comparación múltiple de Tukey indicó que estadísticamente fue mayor e igual en maíz unicultivo hasta maíz-calabaza, y menor con el sistema maíz-calabaza-canavalia como se muestra en el Cuadro 3. Se observó que a mayor competencia intra e interespecífica después de la floración, el rendimiento fue menor, esto concuerda con Días et al. (2007), García y López (2002), Salisbury y Ross (2000) y Romo y Arteaga (1990) en términos de producción de biomasa seca como cultivos individuales o monocultivo.

**Cuadro 3.** Rendimiento de maíz por unidad de superficie en el ejido Cristóbal Obregón

Sistema de cultivo	Rendimiento de maíz (t ha <sup>-1</sup> )
Maíz unicultivo	7.13 A
Maíz-frijol	6.70 AB
Maíz-calabaza-frijol	5.66 AB
Maíz-canavalia	5.23 AB
Maíz-calabaza	4.31 AB
Maíz-calabaza-canavalia	3.57 B

Letras iguales son estadísticamente iguales  $\alpha=0.05$ ;  $q=4.45$ ; Tukey= 3.3465

## Dinámica de la producción de biomasa seca

Para ambos sitios experimentales, los modelos explicativos del área foliar fueron cuadráticos y significativos ( $P \leq 0.05$ ), los cuales indican cierto grado de confiabilidad de las regresiones entre biomasa seca y los grados día de desarrollo, base 10. Lo cual concuerda con investigadores como Galdámez (1998), Yzarra (2009), Antonio (2004) y García y López (2002), quienes encontraron una marcada relación entre producción de biomasa seca y grados día de desarrollo.

En el ejido Cristóbal Obregón, el mayor peso de biomasa seca ocurrió con el grano del maíz unicultivo maíz-calabaza, maíz-canavalia y maíz-calabaza-canavalia con y sin residuo de cosecha; en cambio, en el sistema maíz-calabaza-frijol con residuos de cosecha, el mayor peso seco ocurrió con la raíz. Sin residuo de cosecha, el mayor peso seco ocurrió con el grano. En maíz-frijol con residuo, el mayor peso ocurrió con el grano, pero sin residuo el mayor peso se tuvo con el tallo. El menor peso seco se tuvo con el tallo en maíz solo con residuo; en tanto que en maíz solo sin residuo, maíz-frijol con residuo, maíz-calabaza con residuo y sin residuo, el menor peso seco se tuvo con las hojas. El menor peso seco de raíz se tuvo con los sistemas: maíz-frijol, maíz-calabaza, maíz-canavalia, maíz-calabaza-frijol y maíz-calabaza-canavalia sin residuos, así como en maíz-canavalia y maíz-calabaza-canavalia con residuos. Este comportamiento significa que entre mayor sea la competencia intra e interespecífica, el órgano más afectado es la raíz. García y López (2002) señalan que la tasa de biomasa seca disminuye si la competencia después de la floración es alta, tal como ocurrió cuando se asociaron tres cultivos, pero el más afectado por su importancia económica es el grano.

Para el ejido Dr. Domingo Chanona, hasta el momento de la floración, en todos los sistemas de producción y manejo de residuos, el comportamiento de la biomasa producida en cada órgano de las plantas de maíz siguió la misma tendencia e inmediatamente después de la floración en maíz solo con y sin residuos de cosecha fue mayor el peso de tallo (103 g) y raíz (92 g) que el peso de grano (34 g) y hojas (26 g), en tanto que asociado con frijol, el peso de raíz fue mayor que el peso de grano y tallo, con residuos de cosecha fue menor el peso de hojas, y sin residuo fue menor el peso de grano. En el sistema maíz-calabaza con y sin residuos fue mayor el

peso de grano de maíz y menor el peso de raíz y hojas; en el sistema maíz-canavalia con residuos fue mayor el peso de grano de maíz y menor el peso de raíz, en tanto que en maíz-canavalia sin residuos fue mayor el peso de tallo seguido del peso de grano y menor el peso de raíz. En el sistema maíz-calabaza-frijol fue mayor el peso de grano con residuos y menor el peso de raíz y hojas sin residuos. En el sistema maíz-calabaza-canavalia con residuos, el mayor peso de biomasa seca ocurrió con el tallo seguido de raíz, y el menor peso seco se presentó con el grano; con el mismo sistema pero sin residuos, el mayor peso de materia seca ocurrió con el grano seguido del tallo. Las hojas fueron los órganos que menor peso tuvieron.

Con relación a la biomasa seca total de la planta de maíz incluyendo la raíz, en el ejido Cristóbal Obregón fue como sigue: el mejor sistema con mayor peso de biomasa seca fue maíz-calabaza-canavalia, y el sistema con menor peso fue maíz-frijol quedando con pesos intermedios de mayor a menor los sistemas: maíz-calabaza, maíz-calabaza-frijol, maíz canavalia y maíz solo, en ese orden, respectivamente.

En el ejido Dr. Domingo Chanona, en plena floración, la biomasa seca total del maíz por sistema de cultivo y con residuos de cosecha fue mejor maíz-calabaza-canavalia, y cuando no se incorporaron los residuos de cosecha, el menor peso se presentó con el sistema maíz unicultivo, con un peso ligeramente mayor a los sistemas maíz-calabaza-frijol y maíz-calabaza, presentando mayores pesos pero a la vez iguales a los sistemas maíz-frijol, maíz-canavalia y maíz-calabaza-canavalia. En madurez fisiológica, el mayor peso se obtuvo con el sistema maíz-calabaza-canavalia quedando el maíz unicultivo con un menor peso.

La producción de biomasa seca por unidad de superficie es importante para la alimentación animal, y contribuir al mejoramiento de la fertilidad física, química y biológica del suelo. Incluyendo la raíz, se encontró en el ejido Cristóbal Obregón que la mayor biomasa seca entre unicultivos ocurrió en maíz con residuos de cosecha (17.8 t ha<sup>-1</sup>). En el mismo ejido, entre policultivos la mayor cantidad de biomasa seca se obtuvo con el sistema maíz-calabaza con y sin residuos de cosecha (33.5 y 29.4 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), seguido de maíz-canavalia con esquilmo (19.1 t ha<sup>-1</sup>). En el ejido Dr. Domingo Chanona, el mejor sistema fue maíz-calabaza sin residuos (18.7 t ha<sup>-1</sup>). Se encontró que el poli-

cultivo modifica la producción de biomasa seca de sus componentes por la competencia intra e interespecífica, así, el maíz solo superó a los policultivos con y sin residuos de cosecha de ambos ejidos antes de la floración, con excepción de los sistemas maíz-canavalia y maíz-calabaza, ambos con residuos de cosecha y maíz-calabaza sin residuos en el ejido Cristóbal Obregón, así como maíz-calabaza-canavalia sin residuos del ejido Dr. Domingo Chanona, los cuales superaron al maíz solo con residuos de cosecha del ejido Cristóbal Obregón. Entre ejidos, la producción de biomasa seca fue mayor en el ejido Cristóbal Obregón con 14.5 t ha<sup>-1</sup> con el uso de residuos de cosecha y 11.7 t ha<sup>-1</sup> sin residuos de cosecha. Este último, similar al obtenido en el ejido Dr. Domingo Chanona sin residuos de cosecha. Estos comportamientos tienen relación con la densidad de población y menor energía solar interceptada conforme se incrementa la competencia entre cultivos asociados, tal como lo mencionan Terrance et al. (2004), Lindquist et al. (2005) e Idinoba et al. (2002).

### **Análisis del crecimiento**

La Tasa de Asimilación Neta del maíz en el ejido Cristóbal Obregón, en general fue alta al inicio del ciclo biológico y fue disminuyendo conforme creció la planta (Figuras 1 y 2), esto concuerda con Hunt (2003) y Hunt et al. (2003) de que la TAN es alta cuando las plantas son pequeñas y la mayoría de las hojas están expuestas a la radiación solar en forma directa, pero conforme el cultivo crece y el índice de área foliar (IAF) se incrementa, la TAN disminuye. En el ejido Cristóbal Obregón, el sistema con mayor eficiencia fotosintética fue maíz-calabaza, seguido de maíz-canavalia y la menor TAN se tuvo con el sistema maíz-calabaza-frijol, todos con esquilmo, lo que indica que el maíz asociado sí es eficiente para la captura y aprovechamiento de la radiación solar. Sin embargo, se nota que la competencia entre el maíz, calabaza y frijol disminuye la eficiencia fotosintética debido a la competencia por nutrientes y esto repercute en la producción de biomasa y grano. Con ambos manejos de residuos de cosecha, el sistema con mayor TAN fue maíz-calabaza con valores de 0.024 g dm<sup>-2</sup> GDD<sup>-2</sup> durante los primeros 30 días, sin residuos de cosecha, la menor TAN se tuvo con maíz solo. El sombreado de las hojas inferiores de los cultivos son senescentes, otras también infe-

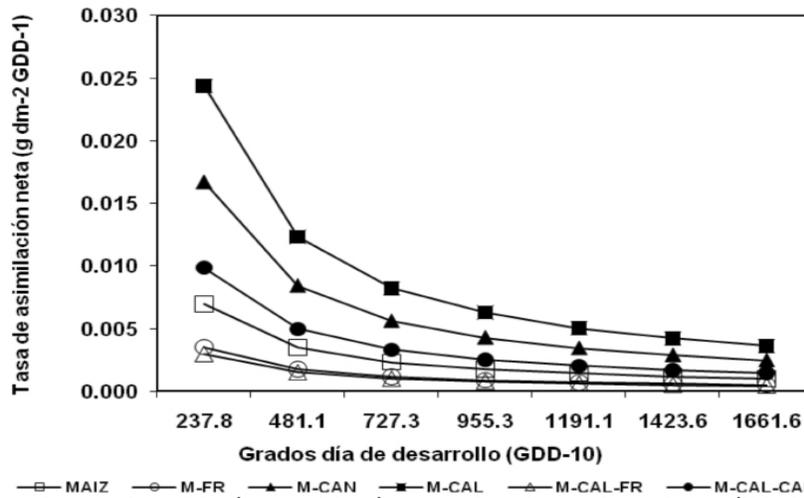


Figura 1. Tasa de Asimilación Neta del maíz con residuos de cosecha, ejido Cristóbal Obregón

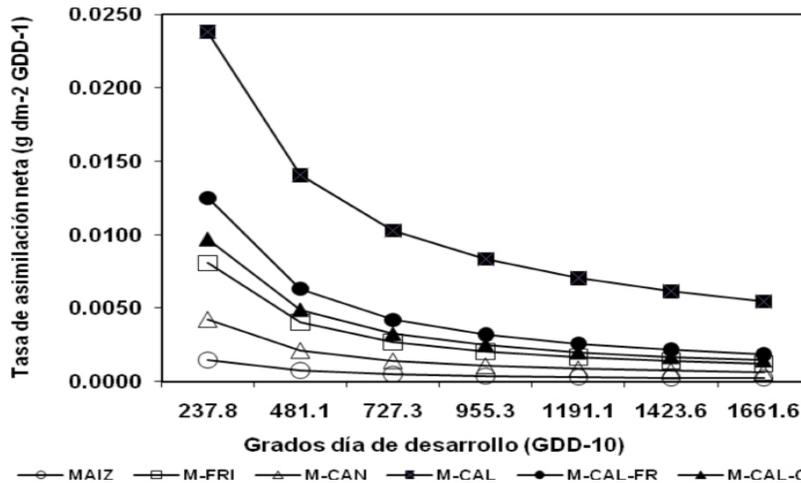


Figura 2. Tasa de Asimilación Neta del maíz sin residuos de cosecha, ejido Cristóbal Obregón

riores son improductivas de reducida capacidad fotosintética por el sombreado, de tal manera que la tasa de asimilación neta disminuye. En el ejido Dr. Domingo Chanona, la TAN también fue mayor al inicio del crecimiento y decreció con el tiempo (Figuras 3 y 4), debido a que el área foliar decrece de abajo hacia arriba de las plantas, también la TAN decrece en ese orden. En ambos manejos de residuos, el sistema con mayor TAN fue maíz-calabaza-frijol con valores de 0.019 y 0.020 g dm<sup>-2</sup> GDD<sup>-1</sup>, seguido de maíz-calabaza y menor con maíz solo. La respuesta obtenida está relacionada con el manejo agronómico, las densidades de población y la naturaleza genética de las especies relacionadas como lo señalan Rivetti (2007), Terrance et al. (2004), Lindquist et al. (2005) e Idinoba et al. (2002). La TAN obtenida señala que es más conveniente aso-

ciar hasta dos especies, maíz-calabaza, o maíz-canavalia, o maíz-frijol; su comportamiento en el tiempo indica que es útil para evaluar el efecto de diferentes prácticas agroecológicas, como indicadores de calidad del suelo y de sostenibilidad agrícola, como lo mencionan Rodríguez (1986), Idinoba et al. (2002), Sonnentag et al. (2007) y Méndez et al. (2004).

### Uso equivalente de la tierra

El UET fue mayor en el ejido Cristóbal Obregón con el sistema maíz-canavalia y en el ejido Dr. Domingo Chanona con el sistema maíz-calabaza-canavalia con valores de 2.8 y 2.6, respectivamente (Cuadro 4). La asincronía de las etapas críticas durante el ciclo biológico de los cultivos asociados fue favorable como en el caso de

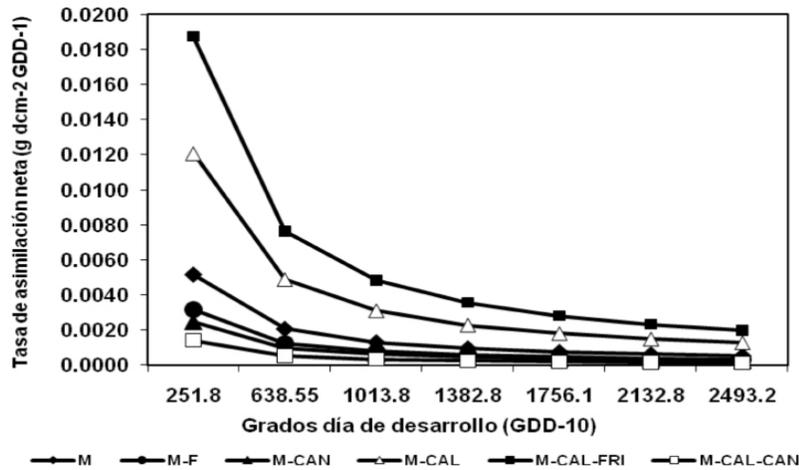


Figura 3. Tasa de Asimilación Neta del maíz con residuos de cosecha, ejido Dr. Domingo Chanona

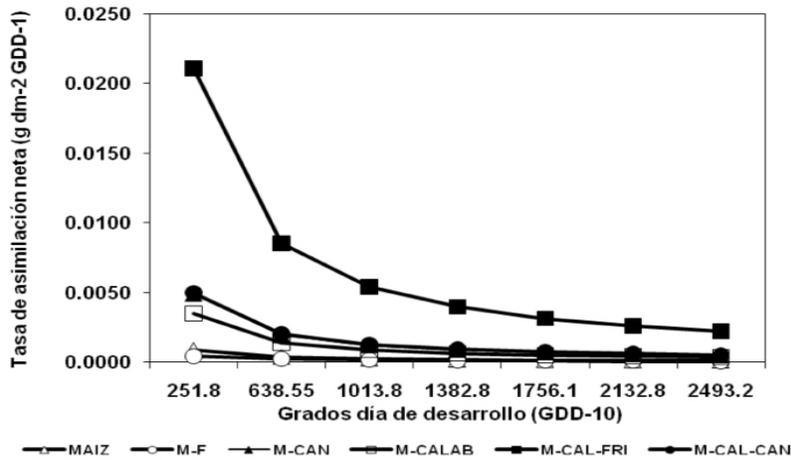


Figura 4. Tasa de Asimilación Neta del maíz sin residuos de cosecha, ejido Dr. Domingo Chanona

maíz-calabaza-canavalia y maíz-calabaza-frijol, en donde las etapas fenológicas floración y llenado de grano no coincidieron, la humedad fue favorable al inicio pero al final hubo sequía que afectó al rendimiento de grano y a los diferentes órganos de la planta. De esto resulta que la mayor eficiencia en el uso de la tierra ocurrió con el sistema maíz-canavalia en el ejido Cristóbal Obregón y con los sistemas maíz-calabaza-canavalia y maíz-calabaza en el ejido Dr. Domingo Chanona (Cuadro 4). Esto probablemente ocurrió debido a los diferentes ritmos de crecimiento, incremento en el aprovechamiento de la radiación solar y complementación nutricional, como lo señala Krishnamurthy (1984). Resulta que las asociaciones maíz-calabaza-canavalia y maíz-calabaza-frijol, no son prácticas usuales por los agricultores; sin embargo, una vez más son los policultivos que demuestran ser una op-

ción para el mejoramiento de la productividad de la tierra. En ambos ejidos existe alta probabilidad de adoptar los sistemas maíz-calabaza, maíz-canavalia y maíz-frijol, aunque con este último se tuvo menor UET, pero aceptable (1.6 y 2.1). Estos indicadores significan que con una hectárea de estos sistemas se incrementa la eficiencia del uso de la tierra en 60% y 110%, respectivamente. En el caso del sistema maíz frijol, existe la posibilidad de que una vez cosechado el frijol, se puede sembrar frijol en relevo al maíz, una vez que éste ha llegado a la madurez fisiológica y si la humedad del suelo lo permite. Valores mayores que la unidad, como ocurrió en este estudio, indican que el sistema se recupera de las perturbaciones existentes, y se mejoran las funciones de la tierra, como lo mencionan Tolera et al. (2005) y Vahdettin et al. (2006),

**Cuadro 4.** Uso Equivalente de la Tierra por sistema de cultivo, ejidos Cristóbal Obregón y Dr. Domingo Chanona

Sistema de cultivo	Ejido	Rendimientos relativos				
		Maíz	Frijol	Calabaza	Canavalia	UET
Maíz-frijol	Obregón	0.9	0.7	-	-	1.6
	Chanona	1.3	0.8	-	-	2.1
Maíz-calabaza-frijol	Obregón	0.8	0.5	0.9	-	2.2
	Chanona	1.1	0.5	0.6	-	2.2
Maíz-canavalia	Obregón	0.7	-	-	2.1	2.8
	Chanona	1.0	-	-	0.9	1.9
Maíz-calabaza	Obregón	0.6	-	0.6	-	1.2
	Chanona	0.9	-	1.6	-	2.5
Maíz-calabaza-canavalia	Obregón	0.5	-	0.5	0.6	1.6
	Chanona	0.7	-	0.8	1.1	2.6

## CONCLUSIONES

Los policultivos son más eficientes en el aprovechamiento de radiación solar a través de los grados día de desarrollo para producir materia seca, comparada con el monocultivo. Esta bondad biológica puede ser aprovechada por los agricultores para producir una dieta diversificada, y biomasa para uso forrajero o para el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

La Tasa de Asimilación Neta como indicador fisiológico, muestra cómo el maíz asociado a la calabaza y canavalia fue eficiente en el aprovechamiento de la radiación solar vía GDD, para la producción de materia seca por unidad de área foliar presente. Sin embargo, el rendimiento de grano disminuye en forma significativa cuando se asocia en la misma superficie con calabaza y canavalia, debido a la mayor área foliar de éstas y presentes hasta la cosecha del maíz, lo cual no ocurre cuando se asocia con la calabaza y frijol, ya que este último es de mejor follaje y su crecimiento ocurre hasta antes de la floración del maíz.

Con respecto al uso equivalente de la tierra, todos fueron mayores que la unidad, pero fueron mejores los sistemas maíz-canavalia, maíz calabaza y maíz-frijol. Estos sistemas ofrecen la oportunidad de generación de empleo familiar, una dieta diversificada y mejoramiento de la calidad de las tierras agrícolas.

Con lo anterior, se cumplen los objetivos planteados en esta investigación.

## REFERENCIAS

- Altieri, M.A. (1992). El rol ecológico de la biodiversidad en agroecosistemas, en: Agroecología y desarrollo. CLADES. Santiago, Chile, 2-11.
- Antonio, C.V. (2004). Detección no destructiva de los periodos críticos del maíz. Instituto Politécnico Nacional.
- Borra's, L., Westgate, M.E., Astini, J.P. & Echarte, L. (2007). Coupling time to silking with plant growth rate in maize. *Field Crops Research*, 102:73-85.
- Días, V.T., Pérez D.N.W., Páez, O.F., Aldo L.G. y Partidas, R.L. (2007). Evaluación del crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) en función de dos técnicas de riego y diferentes niveles de nitrógeno. *Revista Ciencias técnicas agropecuarias*, año/vol. 16, número 004. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba, 84-87.
- Galdámez, G.J. (1998). Productividad del maíz asociado con frijol y calabaza, en dos localidades de Villaflores, Chiapas. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados. 287 p.
- García, P.A.D. y López, C.C. (2002). Temperatura base y tasa de extensión foliar del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 25. Número 004: 381-386.
- García, E. (1987). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. México: Instituto de Geografía. UNAM, 219 p.
- Hunt, R. (2003). Growth analysis, individual plants, in: Thomas, B., D.J. Murphy y D. Murray (eds). *Encyclopaedia of applied plant sciences*, pp. 579-588. Londres: Academic Press.
- Hunt, R.D.R., Causton, B., Shipley & Askew, A.P. (2002). A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90:485-488.
- Idinoba, M.E., Idinoba, P.A. & Gbadegesin, A.S. (2002). Radiation interception and its efficiency for dry matter production in the three crop species in the transitional humid zone of Nigeria. *Agronomie* 22(7):273-281.
- Inge, J.S., Fleck, K., Nackaerts, B., Muys, P., Coppin, Marie Weiss & Baret, F. (2004). Review of methods for in situ leaf area index determination. *Agricultural and Forest Meteorology*, 121:19-35.
- Krishnamurthy, L. (1984). Análisis de la estructura, función, dinámica y manejo del agroecosistema de cultivos asociados. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 400 p.
- Lindquist, J.T., Arkebauer, D., Walters, K., Cassman & Dobermann, A. (2005). Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal*, 97:72-78.
- Méndez, M.A., Ligarreto, G.A., Hernández, M.S., Melgarejo, L.M. y González, V. (2004). Evaluación agronómica de 4 accesiones de ají amazónico del banco de germoplasma ex situ del Instituto Sinchi. *Agronomía Colombiana* 21(3):165-174.

- Muñoz, O.A. (1989). Estimaciones de la resistencia a sequía, en: El agua en las plantas cultivadas. A. Larque-Saavedra (Com.). Colegio de Posgraduados, 15-18.
- Patterson, D.T. (1982). Effects of lights and temperature on weed/crop growth and competition, in: *Biometerology in integrated pest management* (eds.: J.L. Hatfield & I.J. Thomason). Academic Press, New York, 407-420.
- Rivetti, A.R. (2007). Producción de maíz bajo diferentes regímenes de riego complementario en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. II. Producción de materia seca Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXIX. Nº 1. Año 2007: 29-39.
- Rodríguez, Z.C. (1986). Fotosíntesis, transpiración, eficiencia en el uso del agua, análisis de crecimiento de cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. Tesis Doctoral. 424 pp.
- Romo, G.J. y Arteaga, R. (1990). Meteorología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 442 pp.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. (2000). Fotosíntesis: aspectos ambientales y agrícolas, en: De la Fuente, C. (ed). Capítulo 12: Fisiología de las plantas 2. Bioquímica vegetal. Madrid: Paraninfo Thomson Learning, 523:410-411.
- Shiple, P. (2006). Net assimilation rate, specific leaf area and leaf mass ratio: which is most closely correlated with relative growth rate? A meta-analysis. *Functional Ecology*, 20, 565-574.
- Sonnentag, O.J., Talbot, J.M., Chen, & N.T. Roulet (2007). Using direct and indirect measurements of leaf area index to characterize the shrub canopy in an ombrotrophic peatland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144:200-212.
- Terrance, D.M., Liebman, C., Cambardella & Richard, T. (2004). Corn growth responses to composted and fresh solid swine manures. *Crop Science*, 44:177-184.
- Tinoco, A.C.A., Ramírez, F.A., Villarreal, F.E. y Ruiz C.A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 34, Núm. 3:271-278.
- Tollenaar, M. & Bruulsema, T.W. (1988). Efficiency of maize dry matter production during periods of complete leaf area expansion. *Agronomy Journal*, 80:580-585.
- Tolera, A., Tamado, T., & Pant, L.M. (2005). Grain yield and LER of maize-climbing Bean Intercropping as Affected by Inorganic, organic fertilizers and population density in Western Oromiya, Ethiopia. *Asian Journal of Plant Sciences* 4 (5):458-465.
- Vahdettin, C., Necat T., Yesim, T. & Dogan, Y. (2006). The effect of intercropping sowing systems with dry bean and maize on yield and some yield components. *Journal of Agronomy* 5 (1):53-56.
- Werner, R. y Leihner, D. (2005). Análisis del crecimiento vegetal, pp. 4-20. Villalobos R.E. (ed.). Volumen siete. Editorial Universidad de Costa Rica, Turrialba. 41 p.
- Woo, R.J.L., Vázquez, A.R., Olivares, S.E., Zavala, G.F., González, G.R., Valdez, C.R., Gallegos, V.C. (2004). Análisis de crecimiento en maíz (*Zea mays* L.) aplicando lodos activados y urea. Recuperado en octubre 20, 2010. Proviene de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2302673>
- Yzarra, W., Trebejo I. y Noriega V. (2009). Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) en la costa central del Perú. *Revista Peruana Geo-Atmosférica* (1):1-10.