



## MAÍZ EN ASOCIACIÓN Y ROTACIÓN CON FABÁCEAS EN SUELOS ÁCIDOS DE LA SABANA DE HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO

[MAIZE IN ASSOCIATION AND ROTATION WITH FABACEAE IN ACID SOIL OF THE SAVANNA OF HUIMANGUILLO, TABASCO, MEXICO]

Samuel Córdova-Sánchez<sup>1\*</sup>, Raúl Cárdenas-Navarro<sup>1</sup>,  
Juan José Peña-Cabriales<sup>2</sup>, Sergio Salgado-García<sup>3</sup>,  
Mepivoseth Castelán-Estrada<sup>3</sup> and Cristian Lobbit-Phillipe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; emails \*: sacorsa\_1976@hotmail.com, rcardenasnavarro@gmail.com, plobit@gmail.com

<sup>2</sup>Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN), Campus Guanajuato; email: jpena@ira.cinvestav.mx

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. LPI-2 Agroecosistemas Sustentables; email: salgados@colpos.mx, mcastelan@colpos.mx

\*Corresponding author

### SUMMARY

Associating crops is an alternative to improving the fertility of acid soils in the humid tropics. The aim of this study was to evaluate the performance of maize (*Zea mays* L.) grown in rotation and in association with *Fabaceae* in acid soils of savanna. The treatments were established with a design of a randomized complete block, with four replicates. The variables evaluated in maize were dry matter, grain yield and total nitrogen; in the *Fabaceae* were fresh matter, dry matter, nodules, total nitrogen and fixed nitrogen. Results show that four genotypes of maize in association had higher grain yield, dry matter and total nitrogen, in relation to control. Maize associated with *C. cajan* showed higher dry matter production of plant, maize husk and total dry matter. Corn HQ4-C had higher dry matter content, grain and total nitrogen. The native maize had the highest dry matter production. Moreover, the *Fabaceae* in association presented the highest values in all variables respect to controls not associated. In the maize variety S03 the *Fabaceae* had the highest number of nodules, total nitrogen and fixed nitrogen.

**Key words:** acid soils, dry matter; nitrogen; savanna; yield.

### RESUMEN

La asociación de cultivos es una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos ácidos del trópico húmedo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento del maíz (*Zea mays* L.) cultivado en asociación y rotación con fabáceas en suelos ácidos de sabana. Los tratamientos se establecieron en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en el maíz fueron materia seca, rendimiento de grano y nitrógeno total; en las fabáceas fueron materia fresca, materia seca, nódulos, nitrógeno total y nitrógeno fijado. Los resultados muestran que los cuatro genotipos de maíz en asociación presentaron mayor rendimiento de grano, materia seca y nitrógeno total respecto a sus testigos. Los maíces asociados a *C. cajan* presentaron mayor producción de materia seca de planta, de brácteas y materia seca total. El maíz HQ4-C presentó mayor contenido de materia seca, grano y nitrógeno total. El maíz criollo presentó la más alta producción de materia seca. Por otra parte, las fabáceas en asociación presentaron los valores más altos en todas las variables evaluadas, respecto a sus testigos no asociados. Con la variedad de maíz S03 las fabáceas presentaron el más alto número de nódulos, nitrógeno total y nitrógeno fijado.

**Palabras clave:** materia seca; nitrógeno; rendimiento; sabana; suelos ácidos.

### INTRODUCCIÓN

La utilidad de asociar fabáceas fijadoras de nitrógeno con el cultivo de maíz es que mejoran la fertilidad de

los suelos, a la vez que los protegen de la erosión. La fertilidad de los suelos ácidos es mejorada por el reciclaje de P y K, más los aportes de N que las fabáceas hacen mediante la fijación biológica de

nitrógeno (FBN), lo que crea mayor disponibilidad de estos macronutrientes en el suelo. La asociación de cultivos permite mayor eficiencia en el uso de la tierra; más aún si se asocian especies capaces de incorporar N<sub>2</sub> atmosférico en su metabolismo. Esto aumenta el contenido de N en el suelo el cual puede ser aprovechado por cultivos de interés económico, tales como el maíz, para contribuir a satisfacer las necesidades de alimentos en un mundo con población creciente (Marcano *et al.*, 2001). Es por ello que los agricultores al incorporar los recursos locales y mejorar los procesos ecológicos, así como del material genético en cada lugar, podrían obtener mayores cosechas. El enfoque de la producción agrícola sustentable es muy diferente al de la revolución verde y tiende a ser más aceptable desde el punto de vista sociocultural porque recupera conocimientos locales. El mismo se basa en técnicas amigables con el ambiente que no modifican radicalmente los sistemas, aun cuando pueden mejorar la producción (González y Acosta, 2007). El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de dos especies de fabáceas en sistemas de asociación y rotación con cuatro genotipos de maíz en suelos ácidos de sabana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de los experimentos

Los experimentos se desarrollaron en un suelo de sabana localizado en el municipio de Huimanguillo, Tabasco, México, a una altitud de 25 msnm, en las coordenadas UTM 434246.3503 X y 1979627.538 Y. El sitio presenta una pendiente media de 5% donde existe presencia de vegetación herbácea natural; durante los años 90 se cultivó piña (*Ananas comosus* L.) y en los últimos 10 años fue cultivado continuamente con maíz. Previo al establecimiento se eliminaron las malezas con herramientas manuales, posteriormente se hicieron dos pasos de rastra semipesada. La siembra de se efectuó manualmente.

El suelo del sitio experimental es moderadamente ácido (pH 5.2), con baja disponibilidad de S, Ca, Mg, Cu, Zn y B. Se encontró alto contenido de materia orgánica (5.94%), rico en N (0.18 %), medio en K (0.37 cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup>) pobre en P (4.65 mg kg<sup>-1</sup> de suelo) resultado de la alta fijación de este elemento por el Al (Salgado-García *et al.*, 2006). La relación C/N es de 20, lo que indica que hay baja tasa de mineralización (Fassbender, 1984). Los resultados del análisis de suelos se presentan en el Tabla 1.

### Climatología

Como ayuda para la interpretación de las interacciones experimentales (sistema de producción, fabácea, maíz, sistema-fabácea, sistema-maíz y sistema-fabácea-maíz) se consideraron las medias mensuales de las variables climáticas: precipitación (mm), temperatura (°C) y humedad relativa (%). La fuente de los datos fueron los registros de la Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2010); se analizaron los registros correspondientes a los años de duración de los experimentos.

### Precipitación media mensual (mm)

La precipitación pluvial durante el periodo experimental fue mayor durante el ciclo de la asociación fabácea-maíz. Ésta osciló entre 220.60 y 306.80 mm, en contraste con el periodo donde se establecieron los monocultivos de fabáceas que se registraron de 0.00 a 146.40 mm (Grafico 1). Las diferencias de precipitación observadas se explican por la época del año; uno fue establecido en invierno-verano y el otro en otoño-invierno. Moguel y Molina-Enríquez (2000) señalan que en el trópico las estaciones del año son bien marcadas.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del suelo de la parcela experimental para evaluar los efectos de la asociación y rotación fabáceas-maíz, en Huimanguillo, Tabasco.

pH H <sub>2</sub> O	CE	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na	CIC	DA	Textura
1:2	dS m <sup>-1</sup>	%	%	mg kg <sup>-1</sup>		cmol (+) kg <sup>-1</sup>			g cm <sup>3</sup>		
5.2	0.04	5.94	0.18	4.65	0.37	3.09	0.99	0.08	9.98	0.78	Migajón arcillo-limoso

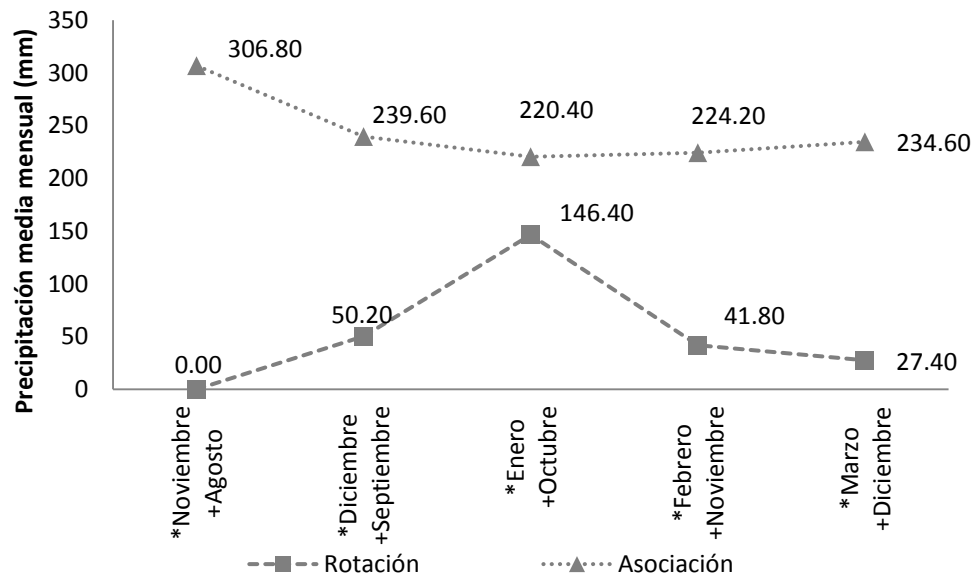


Figura 1. Precipitación media mensual durante los ciclos de rotación y asociación fabácea-maíz en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

**Temperatura media mensual (°C)**

Las temperaturas durante el ciclo de monocultivo de fabáceas y de maíz fluctuaron entre 21.7 y 24.0 °C. Sin embargo, durante ciclo de la asociación fabácea-maíz se registraron temperaturas entre 26.8 y 22.5 °C,

las cuales en promedio estuvieron por debajo del óptimo para el cultivo de maíz, reportado entre 25 y 30 °C. Blacklow (1972) y Vincent (1989) señalan que las tasas de crecimiento y los rendimientos de grano varían en función de las temperaturas.

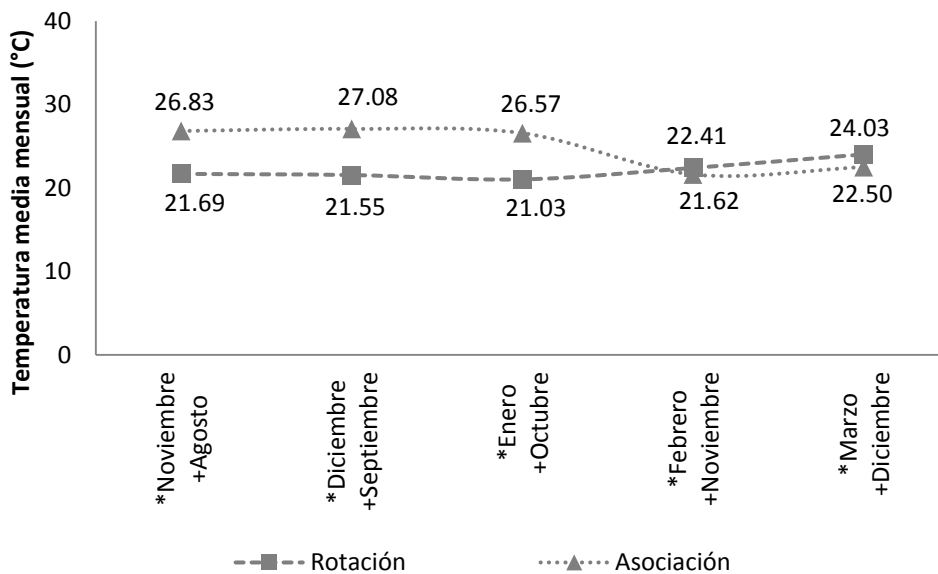


Figura 2. Temperaturas medias mensuales durante el ciclo de rotación y asociación fabácea-maíz en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

## Manejo del experimento

Para establecer el sistema de rotación primero se sembraron las fabáceas en monocultivo y en el ciclo siguiente se sembraron los genotipos de maíz como monocultivo. Para el sistema de asociación, los genotipos de maíz se sembraron primero y 20 días después se sembraron las fabáceas. El maíz se sembró usando una a dos semillas por punto, a 25 cm entre plantas y un metro entre hileras, equivalente a una densidad de  $40 \times 10^3$  plantas  $ha^{-1}$ . Las fabáceas se sembraron de una a dos semillas por punto a 75 cm entre plantas y un metro entre hileras para obtener una densidad de  $13 \times 10^3$  plantas  $ha^{-1}$ . Las fabáceas utilizadas en este experimento fueron *Cajanus cajan* L. y *Mucuna deerengiana* L., cuyas semillas fueron proporcionadas por productores de las rancherías Jolochero y Tamulté de las Sabanas, Villahermosa y productores de la Ranchería Barrial, Tacotalpa. Los genotipos de maíz que se utilizaron fueron CML-269, S03TLW-1 A.B, HQ4-C y Mején (criollo local).

## Diseño experimental y tratamientos

Para evaluar dos sistemas de producción (rotación y asociación), dos fabáceas (*Cajanus cajan* L. y *M. deerengiana* L.) y cuatro genotipos de maíz (CML-269, HQ4-C, S03TLW-1 A.B y el criollo local Mején) los tratamientos se dispusieron en un diseño factorial  $2 \times 2 \times 4$  (Martínez, 1988). Durante la primera etapa se establecieron las fabáceas en campo, se evaluó la nodulación, el N fijado y la producción de biomasa aérea. En una segunda etapa se establecieron los cuatro genotipos de maíz para estimar el efecto de la FBN sobre el rendimiento de grano. En total, el experimento constó de 16 tratamientos más diez testigos, con cuatro repeticiones cada uno (Tabla 2).

La parcela experimental constó de cinco surcos por ocho m de largo, equivalente a  $40 m^2$ . La parcela útil fue de  $21 m^2$ , eliminando un surco de cada lado y 0.5 m en las orillas para evitar el efecto de borde. A los 20 días de la germinación se aplicaron las dosis de fertilización 45–80–40 y 20–80–40 (N-P-K) elaboradas a partir de urea, fosfato triple y cloruro de potasio (Salgado y Núñez, 2010). La fertilización se aplicó sobre el surco, a cinco cm de los tallos.

## Variables de estudio y muestreos

**Número y masa seca de nódulos.** Al inicio de la etapa de floración se muestrearon los nódulos presentes en las raíces de las fabáceas; éstos se separaron, se contaron y pesaron. Posteriormente, se determinó su peso seco; el secado se realizó en una estufa de ventilación forzada a  $60^\circ C$  por 72 h.

**Rendimiento de grano (RG).** A los 130 días después de la germinación (ddg) del maíz, se recolectaron las mazorcas de cada parcela experimental, se registró su número y peso seco de grano (con contenido de 12 % de humedad). A partir de estos datos se calculó el rendimiento de grano en  $t ha^{-1}$ .

**Producción de materia seca (MS) y abono verde.** Al terminar el ciclo vegetativo del maíz, 130 días después de la germinación (ddg), se muestrearon al azar tres plantas por repetición. Para las fabáceas se realizaron los muestreos en la etapa de floración (120 a 145 ddg) tomando al azar tres plantas por repetición de la parcela útil. Todas las muestras se pesaron en fresco; después se secaron a  $60^\circ C$  por 72 h para estimar la producción MS. Posteriormente se molieron las muestras vegetales para realizar los análisis subsiguientes de las plantas.

Tabla 2. Diseño de tratamientos utilizados en la evaluación de dos sistemas de producción Maíz-Fabaceae en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

No.	Tratamiento	Sistema de Cultivo	No.	Tratamiento	Sistema de Cultivo
1	<i>C. cajan</i> L./ CML-269	Rotación	14	<i>M. deerengiana</i> L./ S03TLW-1 A.B	Asociación
2	<i>M. deerengiana</i> L./ CML-269		15	<i>C. cajan</i> L./ Mejen	
3	<i>C. cajan</i> L./ HQ4-C		16	<i>M. deerengiana</i> L./ Mejen	
4	<i>M. deerengiana</i> L./ HQ4-C		17	<i>C. cajan</i> L. (00-00-00)	
5	<i>C. cajan</i> L./ S03TLW-1 A.B		18	<i>M. deerengiana</i> L. (00-00-00)	
6	<i>M. deerengiana</i> L./ S03TLW-1 A.B		19	CML-269 (90–80–40)	
7	<i>C. cajan</i> L./ Mejen		20	HQ4-C (90–80–40)	
8	<i>M. deerengiana</i> L./ Mejen		21	S03TLW-1 A.B (90–80–40)	
9	<i>C. cajan</i> L./ CML-269	22	Mejen (90–80–40)		
10	<i>M. deerengiana</i> L./ CML-269	23	CML-269 (00–80–40)		
11	<i>C. cajan</i> L./ HQ4-C	24	HQ4-C (00–80–40)		
12	<i>M. deerengiana</i> L./ HQ4-C	25	S03TLW-1 A.B (00–80–40)		
13	<i>C. cajan</i> L./ S03TLW-1 A.B	26	Mejen (00–80–40)		

**Nitrógeno total (Nt).** Se utilizaron tres plantas por especie de fabácea y genotipo de maíz de la parcela útil; éstas se secaron a 60°C por 72 h para estimar la producción de MS; posteriormente, se molieron para determinar N total por el método Kjeldahl (Axmann y Zapata., 1990) y así calcular el contenido de N total (%).

**Rendimiento de Nitrógeno total (RNT).** Esta variable se calculó multiplicando el N total (%) por el rendimiento de materia seca (kg ha<sup>-1</sup>), tanto para fabácea como para maíz:

$$RNT = \%NT * RMS$$

Donde;

% NT = Porcentaje de nitrógeno total

RMS = Rendimiento de materia seca

**Nitrógeno derivado de la atmósfera (Ndda).** Esta variable sólo se evaluó en fabáceas, se expresa en porcentaje y se calcula con base al método de la diferencia (Martín et al., 2007)

$$: \% FBN = \frac{( \text{contenido} N \text{ fix} - \text{contenido} N \text{ semilla} \text{ fix} ) - ( \text{contenido} N \text{ control} - \text{contenido} N \text{ semilla} \text{ control} )}{( \text{contenido} N \text{ fix} - \text{contenido} N \text{ semilla} \text{ fix} )}$$

### Análisis estadístico

Para todas las variables se realizaron análisis de varianza de acuerdo a un diseño factorial 2x2x4 y se hicieron pruebas de comparación múltiple de medias mediante Tukey (p ≤ 0.05) empleando el programa de cómputo SAS (1999).

## RESULTADOS

### Materia seca de plantas de maíz

Los resultados del análisis de varianza para la materia seca de planta (hojas, caña y flor masculina) de maíz (Tabla 3), muestran diferencias altamente significativas para el sistema de producción, maíz y las interacciones sistema-maíz y sistema-fabácea-maíz. Además, se observaron diferencias significativas para fabáceas, y no significativas para las interacciones sistema-fabácea, fabácea-maíz y sistema-fabáceas-maíz. Para esta variable, el coeficiente de variación de 21.89 % indica una diferencia relativamente alta en la determinación de la MS del maíz.

### Materia seca de brácteas

Con relación a la materia seca de las brácteas (Tabla 3) se observan diferencias altamente significativas para maíz. Al mismo tiempo se observaron diferencias significativas para fabácea y las interacciones sistema-fabácea y sistema-maíz y no significativas para el sistema de producción y las interacciones fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz. En esta variable se estimó un coeficiente de variación alto, de 18.90 %, lo cual indica una gran variabilidad en la determinación de MS en brácteas en los genotipos de maíz.

### Materia seca de raquis

El análisis de varianza para la MS de raquis indica diferencias altamente significativas para fabácea y la interacción fabácea-maíz (Tabla 3). Además, se observaron diferencias significativas para el sistema de producción, maíz, interacción sistema-fabácea e interacción sistema-fabácea-maíz y no significativas para la interacción sistema-maíz. Con un coeficiente de variación de 20.80 % indicando así, alta variabilidad en la cuantificación de esta variable.

### Rendimiento de grano

Con la relación al rendimiento de grano (RG) se observaron diferencias altamente significativas para el sistema de producción y maíz en monocultivo (Tabla 3). Así mismo se evidenciaron diferencias significativas para fabáceas y la interacción sistema-maíz y no significativas para las interacciones sistema-fabácea, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz, con un coeficiente de variación de 29.44 %, valor considerado aceptable para estudios de campo.

### Materia seca total

El análisis de varianza de la materia seca (MS) total (Tabla 3), indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, fabácea, maíz y para la interacción sistema-maíz, y no significativas para las interacciones sistema-fabácea, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz, con un coeficiente de variación de 15 lo que indica una baja diferencia en esta variable.

Tabla 3. Producción de materia seca (MS) y grano de cuatro genotipos de maíz en asociación y rotación con dos fabáceas, cultivados en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

Sistema de producción (S)	Fabácea (F)	Maíz (M)	Materia seca (MS)				Total
			Planta	Bráctea	Raquis	Grano	
Asociación	<i>M. deerengiana</i>	CML269	3.09	0.61	0.78	3.51	7.98
		HQ4-C	3.41	0.74	0.73	4.25	9.12
		Mejen	3.73	0.56	0.77	2.56	7.61
		S03	3.00	0.49	0.65	2.97	7.11
	C. cajan	CML269	3.13	0.63	0.60	3.59	7.95
		HQ4-C	4.17	0.82	0.95	5.27	11.20
		Mejen	2.86	0.79	0.64	2.74	7.03
		S03	3.75	0.71	0.84	4.05	9.34
Rotación	<i>M. deerengiana</i>	CML269	1.49	0.57	0.54	0.59	3.18
		HQ4-C	3.59	0.74	0.65	2.29	7.26
		Mejen	2.56	0.89	0.45	1.88	5.78
		S03	2.68	0.64	0.47	2.31	6.10
	C. cajan	CML269	1.81	0.55	0.58	1.48	4.42
		HQ4-C	3.95	0.72	0.59	2.51	7.77
		Mejen	3.65	0.87	0.86	1.39	6.77
		S03	3.05	0.70	1.07	2.63	7.46
<b>Media sistemas (S)</b>							
Asociación			3.39a	0.67a	0.74a	3.62a	8.42a†
Rotación			2.85b	0.71a	0.65b	1.89b	6.09b
<b>Media fabáceas (F)</b>							
<i>M. deerengiana</i> L.			2.94b	0.65a	0.63b	2.55a	6.77b
<i>C. cajan</i> L.			3.30a	0.72a	0.76a	2.96a	7.74a
<b>Medias maíz (M)</b>							
CML269			2.38c	0.59c	0.62a	2.29bc	5.88c
HQ4-C			3.78a	0.75ab	0.73a	3.58a	8.84a
Mejen			3.20b	0.78a	0.68a	2.14c	6.80bc
S03			3.12b	0.64bc	0.75a	2.99ab	7.50b
C.V.			21.89	18.90	20.8	29.44	15.06
Prob de F para:							
Sistema			0.01**	0.19NS	0.05*	0.01**	0.01**
Fabácea			0.05*	0.05*	0.01**	0.05*	0.01**
Maíz			0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Interacción (S*F)			0.29NS	0.05*	0.01**	0.38NS	0.86NS
Interacción (S*M)			0.01**	0.05*	0.12NS	0.05*	0.01**
Interacción (F*M)			0.67NS	0.42NS	0.01**	0.44NS	0.18NS
Interacción (S*F*M)			0.05*	0.71NS	0.01**	0.44NS	0.12NS

†Dentro de la columna, valores con distinta literal indica diferencia estadística para fabáceas, maíz y sistema de producción según Tukey (P = 0.05). \*\* Efecto altamente significativo, \* Efecto significativo, NS: no significativo.

### Nitrógeno total en paja de maíz

El análisis de varianza para el rendimiento de nitrógeno total (RNT) en la paja (hoja, caña y espigas) de maíz (Tabla 4), indica diferencias altamente significativas para maíz y la interacción sistema-maíz. Así mismo, se observaron diferencias significativas para la interacción sistema-fabácea y no significativas para el sistema de producción, fabácea y las interacciones fabácea-maíz y sistema-fabácea-

maíz. Para esta variable se presenta un coeficiente de variación de 26.33.

### Nitrógeno total en brácteas

El contenido de nitrógeno total en las brácteas (Tabla 4), indica diferencias significativas para el sistema de producción, y no significativas para fabácea, maíz, y las interacciones sistema-fabácea, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz. El coeficiente para esta

variable fue de 26.42 %, lo que indica que hubo cierta variabilidad en la determinación de esta variable.

### **Nitrógeno total en raquis**

El análisis de varianza para el contenido de nitrógeno total en los raquis (Tabla 4), indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, maíz y las interacciones sistema-maíz y sistema-fabácea-maíz. Así mismo, se muestran diferencias significativas para la interacción fabácea-maíz; no se observaron diferencias para fabácea y la interacción sistema-fabácea. Se encontró así, un coeficiente de variación de 20.66%, el cual indica que hubo poca variabilidad para esta variable.

### **Nitrógeno total en grano**

El contenido de nitrógeno total en grano (NTG) indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción (Tabla 4). También se encontraron diferencias significativas para fabácea, maíz y sus interacciones fabácea-maíz, sistema-fabácea-maíz. No se observaron diferencias significativas para las interacciones sistema-fabácea y sistema-maíz. El coeficiente para esta variable fue de 32.21 %, el cual indica que hubo alta variabilidad en la determinación de esta variable.

### **Nitrógeno total por genotipo**

El análisis de varianza para nitrógeno total según el genotipo de maíz (Tabla 4), indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, maíz y para la interacción fabácea-maíz. Así mismo, presentaron diferencias significativas para fabáceas y la interacción sistema-fabácea-maíz y no significativo para las interacciones sistema-fabácea y sistema-maíz. El coeficiente de variación fue de 21.86 lo que indica poca diferencia en esta variable.

### **Abono verde**

Los resultados del análisis de varianza del abono verde (AV) producido por las fabáceas (Tabla 5) indican diferencias altamente significativas para sistema de producción, fabácea e interacción sistema-fabácea. No se observaron diferencias significativas para maíz, interacción sistema-maíz, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz. Se estimó un coeficiente de variación de 30.82%, lo que indica alta variabilidad en esta variable.

### **Materia seca de las fabáceas**

El análisis de varianza para la variable MS (Tabla 5) indica diferencias altamente significativas para los sistemas de producción, fabácea y sistema-fabácea, y no significativas para maíz y las interacciones sistema-maíz, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz. El coeficiente de variación de 30.07% indica alta variabilidad.

### **Producción de nódulos**

El análisis de varianza para el número de nódulos (Tabla 5), indica diferencias altamente significativas para; sistema de producción, fabácea, maíz y sus interacciones sistema-fabácea, sistema-maíz, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz. El coeficiente de variación para esta variable fue de 132.3 %, el cual indica diferencias relativamente altas en el número de nódulos entre las fabáceas en estudio.

### **Masa seca de nódulos**

En relación al análisis de varianza para MSN (Tabla 5) indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, fabácea, maíz y las interacciones sistema-fabácea, sistema-maíz, fabácea-maíz y sistema-fabácea-maíz, sin embargo, es importante señalar que se observó un coeficiente de variación de 70.29% indicando una gran variabilidad en este parámetro.

### **Nitrógeno total en fabáceas**

Con respecto a la variable Nt (Tabla 5) indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, fabácea, maíz, las interacciones sistema-fabácea y fabácea-maíz. Así mismo, se observaron diferencias significativas para las interacciones sistema-maíz, sistema-fabácea-maíz y sistema-leguminosa-maíz., y no se observaron diferencias para la interacción leguminosa-maíz. El coeficiente para esta variable fue de 23.94%, el cual indica que hubo poca variabilidad en la determinación de este parámetro.

### **Fijación biológica de nitrógeno**

El análisis de varianza para la FBN (Tabla 5), indica diferencias altamente significativas para el sistema de producción, fabácea, maíz y las interacciones sistema-fabácea, sistema-maíz y fabácea-maíz, y diferencias significativas para las interacciones sistema-fabácea-maíz. El coeficiente de variación para esta variable fue de 27.91% que significa una baja variación para esta variable

Tabla 4. Nitrógeno total en materia seca (MS) y grano de cuatro genotipos de maíz en asociación y rotación con dos fabáceas en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

Sistema de producción (S)	Fabácea (F)	Maíz (M)	Nitrógeno total (Ntotal)				Total
			Planta	Brácteas	Raquis	Grano	
kg ha <sup>-1</sup>							
Asociación	<i>M. deerengiana</i> L.	CML269	50.66	8.16	6.67	89.50	54.98
		HQ4-C	43.86	8.99	6.92	80.99	40.75
		Mejen	39.80	7.28	8.84	82.82	38.74
		S03	38.80	6.38	6.62	102.76	54.56
	C. cajan L.	CML269	41.50	5.90	6.80	85.42	39.61
		HQ4-C	46.72	8.39	11.52	152.95	19.58
		Mejen	31.18	8.12	6.45	82.93	128.66
		S03	38.41	9.28	6.10	93.85	47.64
Rotación	<i>M. deerengiana</i> L.	CML269	18.88	8.92	3.57	15.27	6.64
		HQ4-C	46.60	8.36	7.85	56.60	19.41
		Mejen	43.00	10.25	6.50	47.72	07.46
		S03	41.22	8.75	5.49	57.68	13.14
	C. cajan L.	CML269	31.08	7.51	3.96	59.05	01.60
		HQ4-C	71.64	8.68	4.71	57.08	42.10
		Mejen	18.63	10.97	7.52	45.81	2.93
		S03	58.31	10.44	9.85	42.65	21.25
<b>Media sistemas (S)</b>							
Asociación			41.36a	7.81b	7.49a	96.40a	153.05a†
Rotación			43.80a	9.23a	6.18b	45.11b	104.32b
<b>Media fabáceas (F)</b>							
<i>M. deerengiana</i> L.			41.6a	8.38a	6.56a	65.42a	121.96a
C. cajan L.			43.56a	8.66a	7.11a	76.09a	135.42a
<b>Medias maíz (M)</b>							
CML269			35.53b	7.62a	5.25a	62.31b	110.71b
HQ4-C			54.70a	8.60a	7.75a	84.40a	155.46a
Mejen			39.90b	9.15a	7.33a	58.07b	114.45b
S03			40.19b	8.71a	7.01a	78.23ab	134.15ab
C:V.			26.33	26.42	20.66	32.21	21.86
Prob. De F para:							
Sistema			0.39NS	0.05*	0.01**	0.01**	0.01**
Fabácea			0.48NS	0.63NS	0.12NS	0.05*	0.05*
Maíz			0.01**	0.28NS	0.01**	0.01**	0.01**
Interacción (S*F)			0.05*	0.92NS	0.78NS	0.48NS	0.79NS
Interacción (S*M)			0.01**	0.29NS	0.01**	0.49NS	0.21NS
Interacción (F*M)			0.49NS	0.08NS	0.08NS	0.01**	0.01**
Interacción (S*F*M)			0.66NS	0.9NS	0.54NS	0.01**	0.05*

†Dentro de la columna, valores con distinta literal indica diferencia estadística para fabáceas, maíz y sistema de producción según Tukey (P = 0.05). \*\* Efecto altamente significativo, \* Efecto significativo, NS: no significativo



Tabla 5. Producción de abono verde (AV), materia seca (MS), número y MS de nódulos, nitrógeno total (Nt) y fijación biológica de N (FBN) de dos fabáceas en asociación y rotación con cuatro genotipos de maíz cultivados en suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, México.

Sistema de producción (S)	Fabácea (F)	Maíz (M)	AV	MS	No. Nódulos Planta <sup>-1</sup>	MS Nódulos g planta <sup>-1</sup>	N total kg ha <sup>-1</sup>	FBN
			ton ha <sup>-1</sup>					
Asociación	<i>M. deerengiana</i> L.	CML269	6.69	2.00	5.17	0.42	41.92	36.29
		HQ-4	5.04	1.67	3.43	0.41	40.08	21.56
		Mejen	4.86	1.52	7.53	0.77	44.49	8.41
		S03	6.18	1.79	5.69	0.34	49.69	10.58
	<i>C. cajan</i> L.	CML269	12.14	4.57	31.71	1.94	172.43	65.38
		HQ4-C	7.97	2.97	45.44	0.98	133.36	45.27
		Mejen	10.79	4.04	23.65	0.75	161.65	61.78
		S03	12.22	4.57	35.62	1.43	259.59	75.31
Rotación	<i>M. deerengiana</i> L.	CML269	5.42	2.00	3.06	0.36	34.03	8.67
		HQ4-C	3.86	1.71	4.29	0.33	45.31	4.58
		Mejen	3.87	1.73	7.71	0.38	40.51	17.38
		S03	4.27	1.77	5.67	0.34	45.47	7.72
	<i>C. cajan</i> L.	CML269	3.91	1.68	10.94	0.21	32.25	3.41
		HQ4-C	5.13	2.29	6.27	0.11	20.37	4.41
		Mejen	3.70	1.74	7.92	0.15	61.14	14.45
		S03	3.97	1.97	6.73	0.13	64.61	25.27

## Media sistemas(S)

Asociación	8.23a	2.89a	19.78a	0.88a	112.90a	40.57a†
Rotación	4.27b	1.86b	6.46b	0.25b	42.96b	10.74b

## Media fabáceas (F)

<i>M. deerengiana</i> L.	5.02b	1.77b	5.37b	0.42b	42.69b	14.40b
<i>C. cajan</i> L.	7.48a†	2.98a	20.99a	0.71a	113.17a	36.91a

## Medias maíz (M)

CML269	7.04a	2.56a	11.16b	0.73a	70.16b	28.44a
HQ4-C	5.50a	2.16a	7.02c	0.46a	59.78b	18.95b
Mejen	5.81a	2.26a	16.47a	0.51a	76.95b	25.50ab
S03	6.66a	2.52a	18.08a	0.56a	104.84a	29.72a
C:V.	30.82	30.07	132.3	70.29	23.94	27.91
Prob. De F para:						
Sistema	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Fabácea	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Maíz	0.09NS	0.31NS	0.96NS	0.25NS	0.01**	0.01**
Interacción (S*F)	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**	0.01**
Interacción (S*M)	0.12NS	0.13NS	0.82NS	0.42NS	0.01**	0.01**
Interacción (F*M)	0.85NS	0.73NS	0.73NS	0.05*	0.01**	0.01**
Interacción (S*F*M)	0.21NS	0.14NS	0.76NS	0.05*	0.01**	0.05*

†Dentro de la columna, valores con distinta literal indica diferencia estadística para fabáceas, maíz y sistema de producción según Tukey (P = 0.05). \*\* Efecto altamente significativo, \* Efecto significativo, NS: no significativo.

## DISCUSIÓN

## Materia Seca de plantas de maíz

Los cuatro genotipos de maíz cuando se establecieron asociados con las dos especies de fabáceas,

produjeron significativamente mayor MS en comparación con la rotación. Esto se puede explicar por la competencia íter-específica entre plantas. Cuando los genotipos de maíz estuvieron en rotación o en asociación con *C. cajan* L., produjeron mayor MS en comparación cuando estuvieron con *M.*

*deeringiana* L., esta baja producción de MS por parte de los maíces en esta última se debe que es una planta de crecimiento agresivo y trepadora lo que ocasionó sombramiento y reducción de desarrollo del maíz; sin embargo los valores son superiores a los encontrados por Castillo-Caamal *et al.* (2010). El genotipo de maíz HQ4-C superó estadísticamente a CML-269, Mejen y S03 en términos de MS.

### **Materia seca de brácteas**

Los genotipos de maíz en rotación y asociación no presentaron diferencias significativas en la producción de MS correspondiente a las brácteas. Y con respecto al factor fabácea, no se observó efecto alguno en la producción de brácteas. Aunque, es importante mencionar que el maíz Mejen presentó la mayor producción de brácteas comparado con los genotipos CML269, HQ4-C y S03, esta diferencia se debe a que el maíz Mejen es un genotipo adaptado a las condiciones húmedas de la región.

### **Materia seca de seca de raquis**

Los genotipos de maíz sembrados en asociación con las dos especies de fabáceas presentaron mayor rendimiento de MS ( $p \leq 0.05$ ) que cuando se establecieron en rotación. Así mismo, presentaron mayor MS cuando se establecieron con la fabácea *C. cajan* L., que cuando se sembraron en asociación o rotación con la fabácea *M. deeringiana* L. Por otro lado, no presentaron diferencia significativa en la producción de MS de raquis entre genotipos de maíz.

### **Rendimiento de grano**

Los genotipos de maíz presentaron los mayores rendimientos de grano (RG) cuando se establecieron en asociación con las fabáceas, que cuando se cultivaron en rotación, lo que indica que cuando maíz se asocia con fabáceas no hay efecto negativo, si no al contrario los maíces utilizan el nitrógeno fijado por las fabáceas. En tanto, los genotipos de maíz con cada una de las fabáceas no presentaron diferencia estadística ( $p \leq 0.05$ ) en rendimientos de grano. El maíz de calidad proteica HQ4-C, presentó el mayor RG, comparado a los rendimientos de los genotipos CML269, Mejen y S03, aunque bajos comparado con materiales de calidad proteínica, estudiados por Mendoza-Elos *et al.* (2006).

### **Materia seca total**

Los genotipos de maíz asociados con las especies de fabáceas presentaron el más alto contenido de MS total que cuando se establecieron en rotación. Los genotipos de maíz presentaron los mayores rendimientos de MS total con *C. cajan* comparados

con *M. deeringiana*. El maíz de calidad proteica HQ4-C, presentó el más alto rendimiento de MS total que los genotipos CML269, Mejen y S03, pero más bajos que los rendimientos de MS encontrados por Mendoza-Elos *et al* (2006).

De la distribución de los órganos de maíz las hojas, caña y flor masculina ocupan el 43 % con relación a la producción total de materia seca de las plantas y el grano representa el 37.9 % del total de materia seca de la parte vegetativa, aunque son valores bajos comparados con los encontrados (46 % y 55.79 %) por Vélez *et al.* (2007). Es importante destacar que el 19.09 % lo representan las brácteas y el raquis con 9.51 y 9.58 % respectivamente, dicho material es exportado del medio y por lo tanto representa una pérdida considerable de nutrimentos del suelo.

### **Nitrógeno total en paja de maíz**

Los genotipos de maíz en asociación y rotación con las dos fabáceas no presentaron diferencia en el contenido de nitrógeno en paja. Así mismo, para el factor fabácea no se presentó diferencia alguna. Contrastando con el factor maíz, donde el genotipo HQ4-C presentó el mayor contenido de nitrógeno en paja, superando estadísticamente a los genotipos CML 269, Mejen y S03.

### **Nitrógeno total en brácteas**

Cuando los genotipos de maíz se establecieron en asociación con las fabáceas presentaron mayor contenido de N, que cuando estuvieron establecidos en rotación. Aunque no se encontró diferencia para el factor fabácea, ya que los contenidos de nitrógenos fueron semejantes entre sí. Es importante mencionar que el N extraído por este órgano es exportado del sistema y no se recicla en el sitio.

### **Nitrógeno total en raquis**

Los genotipos de maíz, en asociación o en rotación con las dos especies de fabáceas, no presentaron diferencias significativas. Así mismo, el RTN de todos los maíces en cada una de las fabáceas presentó contenidos paralelos. El sistema donde los cuatro genotipos presentaron mayor RNT fue el de asociación, en comparación con el de rotación. El RNT del raquis generalmente nos refleja el contenido de N que se exporta desde en esta parte de la mazorca.

### **Nitrógeno total en grano**

Los genotipos de maíz presentaron mayor rendimiento de nitrógeno total en grano (NTG) cuando fueron establecidos en asociación, en

comparación al monocultivo o rotación. También es importante mencionar que las fabáceas no presentaron aumento en el contenido NTG. El maíz HQ4-C con calidad proteínica presentó el mayor rendimiento de grano, superando estadísticamente a los genotipos CML269, Mejen y S03, cuyos contenidos de Nt en grano fueron mayores a los 65.2 kg ha<sup>-1</sup> encontrados por Fallah y Tadayyon (2010).

### Nitrógeno total por genotipo de maíz

Cuando los genotipos de maíz se establecieron en asociación con las fabáceas *C. cajan* L. y *M. deerengiana* L., el contenido de N fue mayor que en rotación, esto indica que la calidad de absorción de este elemento no se afecta con el manejo del cultivo. Por otro lado, no se encontró efecto alguno de las fabáceas en el contenido de Nt en los genotipos de maíz. El genotipo de maíz de calidad proteica HQ4-C, presentó el mayor contenido de Nt en comparación con los contenidos de los genotipos CML269, Mejen y S03, pero inferior a los 165.3 kg ha<sup>-1</sup> reportados por Fallah y Tadayyon (2010).

De la distribución del nitrógeno en los diferentes órganos de maíz; las hojas, caña y flor masculina ocupan el 33.1 %, el grano representa el 55.8 %, las brácteas 6.6 % y el raquis 5.3 % en relación al contenido total de nitrógeno de toda la planta. Esto significa que el 67.7 % del N absorbido por el maíz es exportado del sistema en la materia seca de toda la mazorca, lo cual coincide con los resultados reportados por Adu-Gyamfi *et al.* (2007).

### Abono verde

En relación a las fabáceas en asociación y rotación con los genotipos maíz, la fabácea *C. cajan* L., presentó el mayor rendimiento de abono verde (AV), superando significativamente a *M. deerengiana* L. En general las fabáceas en asociación y en rotación con cada uno de los genotipos de maíz presentaron contenido similares de AV, aunque no hubo diferencias entre los cuatro genotipos. Ambas fabáceas presentaron mayor AV en el sistema de asociación, en comparación con las fabáceas que se establecieron en rotación, así mismo, fue superior a 6.1 ton ha<sup>-1</sup> reportados por Córdova-Sánchez *et al.* (2011).

### Materia seca de fabáceas

Las fabáceas presentaron mayor MS ( $p \leq 0.05$ ) cuando se establecieron en asociación con maíz, ejemplo claro es la asociación *C. cajan* L.-S03, la cual indujo mayor producción de MS que en rotación. Con respecto al factor fabáceas, *C. cajan* L. presentó el mayor rendimiento de MS, superando

significativamente a *M. deerengiana* L., estos resultados se pueden comparar a los alcanzados por Mayz-Figueroa (2007). No se presentaron efectos sobre la producción de MS de las fabáceas.

### Producción de nódulos

En términos de nodulación, las fabáceas presentaron el mayor número de nódulos en asociación con maíz, ejemplo es la asociación *C. cajan*-HQ4-C. Entre a las fabáceas, el número de nódulos por planta fue mayor en *C. cajan* L. ( $p \leq 0.05$ ) que en *M. deerengiana* L. Estos resultados son más altos que los encontrados por Mayz-Figuera (2007) y más bajos que los reportados por Córdova-Sánchez, *et al.* (2011). Las fabáceas presentaron mayor número de nódulos por planta en la asociación con el genotipo criollo (Mejen) y con la variedad S03, en contraposición a lo encontrado con los genotipos CML269 y HQ4-C.

### Masa seca de nódulos

La producción de MS de nódulos de las fabáceas fue mayor en la asociación que en rotación, los valores más altos se encontraron en la asociación *C. cajan*-CML269 y *C. cajan*-S03. En relación al factor fabáceas *C. cajan* L. presentó el mayor contenido de MS de nódulos, superando significativamente a *M. deerengiana* L., así mismo, también fue superior a los encontrados por Mayz-Figueroa (2007). En cada uno de los genotipos de maíz, la masa seca de nódulos por planta fue similar. Queda claro que la acidez de los suelos de la sabana de Huimanguillo no afecta la nodulación de las fabáceas, aunque se produjo bajo número y MS de nódulos, comparados con los reportados para esta especie por Córdova-Sánchez *et al.* (2001).

### Nitrógeno total en fabáceas

Las fabáceas establecidas en asociación con maíz, presentaron mayor contenido de NT que en rotación, encontrándose los mayores RNT en las asociaciones *C. cajan*-S03 y *C. cajan*-CML269. En general la fabácea *C. cajan* L., presentó mayor RNT, superando estadísticamente ( $p \leq 0.05$ ) a *M. deerengiana* L., aunque, dichos RNT fueron inferiores a los 159 kg ha<sup>-1</sup> reportados por Córdova-Sánchez, *et al.* (2011), en estudios realizados en la sabana, de Huimanguillo, Tabasco. Las dos fabáceas presentaron mayor RNT en asociación con S03, superando significativamente a los genotipos CML269, Mejen y HQ4-C.

### Fijación biológica de nitrógeno

Las dos fabáceas presentaron significativamente mayor nitrógeno fijado cuando se establecieron en asociación con el maíz que cuando se cultivaron en

rotación, encontrándose los contenidos más altos en las asociaciones *C. cajan*-S03 y *C. cajan*-CML269. En trabajos realizados sobre el potencial de fijación de nitrógeno en estas fabáceas, se han encontrado que fijan entre 128 y 144 kg N ha<sup>-1</sup> (Córdova-Sánchez *et al.*, 2011). La fabácea que presentó la cantidad más alta de N fijado en ambos sistemas de producción fue *C. cajan* L., los resultados fueron inferiores a 70 kg ha<sup>-1</sup> reportados por Adu-Gyamfi, *et al* (2007). Las dos fabáceas fijaron más N en asociación con los genotipos CML260 y S03, que con los genotipos HQ-4 y el maíz mejen. Aunque se ha reportado que las fabáceas son tolerantes a la sequía, esta limita la nodulación y por lo tanto la FN (Leidi y Rodríguez, 2000; Marín *et al.*, 2004 y Córdova-Sánchez *et al.*, 2011)

### CONCLUSIONES

Los maíces presentaron mayor producción de materia seca de planta, brácteas y materia seca total en asociación con *C. cajan*. En cambio, la producción de materia seca de raquis y grano de maíz fue similar en las asociaciones con ambas fabáceas.

El maíz híbrido de calidad proteínica HQ4-C presentó mayor producción de MS (planta y total) y grano, mientras que el maíz criollo presentó mayor producción de brácteas, en comparación con el híbrido normal CML269 y la variedad sintética S03; en la producción de raquis no hubo diferencia significativa. Para el contenido de Nt en raquis, grano y en toda la planta, los mayores contenidos se presentaron en asociación; pero en las brácteas fue en rotación. El contenido de Nt en planta no presentó diferencia significativa entre los cuatro maíces. El maíz híbrido de calidad proteínica HQ4-C presentó mayor contenido de Nt en planta, grano y materia seca total en comparación con CML269, Mején y S03.

En asociación las fabáceas presentaron la mayor producción de abono verde, materia seca de plantas y nódulos, número de nódulos, nitrógeno total y nitrógeno fijado. La fabácea *C. cajan* L., presentó mayor rendimiento de abono verde, materia seca de planta y nódulos, número de nódulos, nitrógeno total y nitrógeno fijado, comparada con *M. deerengiana* L. Las fabáceas en asociación con la variedad sintética S03 presentaron mayor número de nódulos, nitrógeno total y nitrógeno fijado respecto a la asociación con el híbrido CML269, HQ4-C y el criollo local Mején.

El mejor sistema de producción para el cultivo de maíz en los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, fue la asociación fabácea-maíz, siendo el maíz HQ4-C de calidad proteínica y la fabácea *C.*

*cajan* L., los materiales que mejores resultados mostraron.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT, al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, al INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, al CINVESTAV-IPN Unidad Irapuato, al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y al Sr. Leuris de la Cruz Osorio por los recursos y facilidades prestadas para el desarrollo del proyecto.

### REFERENCIAS

- Adu-Gyamfi, J. J.; Fidelis A.; Myaka, F. A.; Sakala, W. D.; Odgaard, R.; Vesterager, J. M.; Høgh-Jensen, H. 2007. Biological nitrogen fixation and nitrogen and phosphorus budgets in farmer-managed intercrops of maize-pigeonpea in semi-arid southern and eastern Africa. *Plant Soil*. 295:127-136.
- Axmann, H.; F. Zapata. 1990. Methods for <sup>15</sup>N determination. pp. 55-60. In: Hardarson, G. (Ed.). Use of nuclear techniques in studies of soil-plant relationship. International Atomic Energy Agency. Viena, Austria. 146 p.
- Blacklow, W. M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn (*Zea mays* L.). *Crop Sci*. 12: 647-650.
- Castillo-Caamal, J. B.; Caamal-Maldonado, J. A.; Jiménez-Osorio, J. J. M.; Bautista-Zúñiga, F.; Amaya-Castro, M. J.; Rodríguez-Carrillo, R. 2010. Evaluación de tres leguminosas como coberturas asociadas con maíz en el trópico subhúmedo. *Agronomía Mesoamericana*. 21(1): 39-50.
- Córdova-Sánchez, S.; Castelan-Estrada, M.; Salgado-García, S.; Palma-López, J. D.; Vera-núñez, J. A.; Peña-Cabriales, J. J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Cardenas-Navarro, R. 2011. Fijación biológica de nitrógeno por tres fabáceas (Leguminosae) en suelos ácidos de Tabasco, México. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 15 (1): 31-50
- Fallah S.; Tadayyon A. 2010. Uptake and nitrogen efficiency in forage maize: effects of nitrogen and plant density. *Agrociencia*. 44: 549-560

- Fassbender, W. H. 1984. Química de suelos en énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica. 398 p.
- González, A.; Acosta, Y. 2007. Indicadores de sostenibilidad en la sierra del estado Falcón, Venezuela. Ciencias ambientales. Multiciencias. 7(2): 126 – 133.
- INIFAP, 2010. Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimatológicas. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/est.aspx?numest=38819> (citado en mayo 2011)
- Leidi, E. O.; Rodríguez, N. D. N. 2000. Nitrogen and phosphorus availability limit N<sub>2</sub> fixation in bean. *New Phytol.* 147: 337-346.
- Marcano, E.; González, M.; Leal, A.; Michelena, V. 2001. Fijación biológica de N<sub>2</sub> por *Pachecoa venezuelensis* en dos suelos de sabana del Oriente Venezolano. *Revista UDO Agrícola.* 1 (1): 64-69.
- Martín, G. M.; Rivera, R. A.; Mujica, J. 2007. Estimación de la fijación biológica de nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* por el método de la diferencia de N total. *Cultivos tropicales.* 28 (4): 75-78
- Marín, A.; Mathias, D. M. D.; Arribadlo, B. D.; Ferraud, S. A. 2004. Germinacao de sementes de guando sobe feito da disponibilidade hídrica e de does subletais de aluminio. *Bragantia, Campinas.* 63 (1): 13-24.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas. México, D. F. 756 p.
- Mayz-Figueroa F. 2007. *Cajanus Cajan L.*: Fijación biológica de nitrógeno (FBN) en un suelo de sabana. *Revista Facultad Agronomía (LUZ).* 24 (1): 312-317
- Mendoza-Elos, M.; Mosqueda-Villagómez, C.; Rangel-Lucio, J. A.; López-Benítez, A.; Rodríguez-Herrera, S. A.; Latournerie-Moreno L.; Moreno-Martínez E. 2006. Densidad de población y fertilización nitrogenada en la clorofila, materia seca y rendimiento de maíz normal y QPM. *Agricultura Técnica México.* 32 (9): 1-8
- Moguel, E.; Molina-Enríquez, F. 2000. La precipitación pluvial en Tabasco y Chiapas. *Kuxulkab, revista de divulgación científica de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.* 10 (5): 1-19.
- Salgado, G. S.; Núñez, E. R. 2010. Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos. En: Libro (Ed). Colegio de Postgraduados y Mundi Prensa. México. 146 p
- Salgados-García, S.; Palma- López, D. J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Castelan-Estrada, M. 2006. *En: Manual para el muestreo de suelos planta y agua e interpretación de análisis.* Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México. 90 p.
- Statistical Analysis Systems - SAS. 1999-2000. User's guide . Version 8 ed. Cary: SAS Institute.
- Vélez, V. D. L.; Clavijo, P. J.; Ligarreto, M. A. G. 2007. Análisis ecofisiológico del cultivo asociado maíz (*Zea mays L.*) – fríjol voluble (*Phaseolus vulgaris L.*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín.* 60 (2): 1-17.
- Vincent, C. D. 1989. Recent advances in modelling crop response to temperature. *Outlook in Agriculture* 18 (2): 54-57.

*Submitted July 25, 2011– Accepted March 25, 2012  
Revised received April 25, 2012*