

# RESPUESTA DEL POLICULTIVO JAMAICA-FRIJOL-MAÍZ A TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN EN VILLAFLORES, CHIAPAS, MÉXICO

## RESPONSE OF JAMAICA-BEAN-CORN POLYCULTURE SYSTEM TO FERTILIZATION TREATMENTS IN VILLAFLORES, CHIAPAS, MÉXICO

Rosey O. Ruiz-González<sup>1\*</sup>, Liberio Victorino-Ramírez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Gestión de los Recursos Naturales, El Colegio de la Frontera Sur, Carretera Panamericana y Periférico sur s/n. Barrio de María Auxiliadora. 29290. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. (rorg10@yahoo.com.mx). <sup>2</sup>Departamento de Sociología Rural, Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Chapingo, Estado de México.

### RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) son la base económica para cubrir las necesidades elementales de las familias campesinas. Pero ya no son rentables por varios factores y se pone en riesgo el sustento familiar, por lo cual es necesario buscar alternativas productivas para mejorar la economía campesina. Esta investigación se realizó durante el ciclo Primavera-Verano de 1999 a 2000 en Villaflores, Chiapas, con el objetivo de evaluar la respuesta del policultivo jamaica-frijol-maíz a tres tratamientos de fertilización (00-00-00, 60-60-60 y 120-60-60). El diseño experimental fue de bloques al azar con tres tratamientos de fertilización, siete patrones de cultivos, y tres repeticiones. Las variables vegetativas y de rendimiento se evaluaron en las tres especies vegetales para observar efectos de tratamientos. Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). La mejor respuesta vegetativa de la jamaica fue al asociarla con frijol y maíz con el tratamiento de fertilización 60-60-60, obteniendo mayor cantidad de follaje (170 hojas planta<sup>-1</sup>), de ramas (31 ramas planta<sup>-1</sup>) y de bellotas (54 bellotas planta<sup>-1</sup>), y un mayor rendimiento de cálices secos (698 kg ha<sup>-1</sup>). En el frijol asociado con maíz sin fertilización aumentó el follaje (62 hojas planta<sup>-1</sup>) y en monocultivo con fertilización 60-60-60 tuvo el mejor rendimiento (1565 kg ha<sup>-1</sup>) de frijol. El maíz tuvo la mejor respuesta vegetativa (18 hojas planta<sup>-1</sup>) asociado con frijol y fertilización 120-60-60, y el mejor rendimiento fue en asociación con el frijol y la jamaica (7667 kg ha<sup>-1</sup>). El mejor Uso Equivalente de la Tierra fue 3.31 en el patrón de cultivo jamaica-frijol-maíz. El análisis de los resultados indica que la jamaica al asociarla con el maíz y frijol es una alternativa de

### ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are the crops with which peasant families cover their most basic needs. These crops, however, are no longer profitable due to several factors. For this reason, family subsistence is at risk and it is necessary to seek productive alternatives to improve the economy of smallholder families. This study was carried out during the 1999-2000 spring-summer growing season in Villaflores, Chiapas, in order to assess the response of jamaica-bean-maize polyculture to three fertilizer treatments (00-00-00, 60-60-60 and 120-60-60). The experimental design was randomized blocks with three fertilization treatments, seven cropping patterns and three replications. Vegetative and yield variables of the three species were assessed to observe treatment effects. With the data, an ANOVA was carried out, and treatment means were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). The best vegetative response of jamaica (*Hibiscus sabdariffa* Linneo) was in association with beans and maize and the 60-60-60 fertilization treatment. This treatment produced the largest quantity of foliage (170 leaves plant<sup>-1</sup>), branches (31 branches plant<sup>-1</sup>) and blossoms (54 blossoms plant<sup>-1</sup>), and the highest yield of dry calyxes (698 kg ha<sup>-1</sup>). In the bean-maize association without fertilization foliage increased (62 leaves plant<sup>-1</sup>), and in monoculture with 60-60-60 fertilization bean yield was higher (1,565 kg ha<sup>-1</sup>). Maize had the best vegetative response (18 leaves plant<sup>-1</sup>) when associated with beans and fertilized with 120-60-60, and its highest yield was in association with beans and jamaica (7667 kg ha<sup>-1</sup>). The best Equivalent Land Use was 3.31 with the jamaica-bean-maize cropping pattern. The analysis of the results indicates that associating jamaica with maize and beans is a biologically and economically sound productive option that can improve the economy of small farm families.

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: mayo, 2014. Aprobado: abril, 2014.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 49: 545-557. 2015.

**Key words:** Crop associations, peasant, traditional agriculture, alternative crops.

## producción biológica y económica para mejorar la economía de las familias campesinas.

**Palabras clave:** Asociaciones, campesino, agricultura tradicional, cultivos alternativos.

### INTRODUCCIÓN

Los monocultivos de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) son la base económica de muchas familias mexicanas, pero debido a los altos costos de producción, al precio de comercialización y a los problemas de contaminación ambiental (erosión hídrica y eólica, compactación de suelo y pérdida de fertilidad principalmente), el monocultivo de maíz no es rentable en muchas regiones mexicanas (Rosset, 2002). Por lo tanto se buscan alternativas para mejorar la economía del campesino y satisfacer las necesidades básicas de su familia. El cultivo de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) no tradicional es una alternativa para lugares donde el cultivo tradicional es maíz y frijol (Ramiro, 1999) se adapta a condiciones restrictivas de fertilidad del suelo, tiene rentabilidad económica y tiene ventajas respecto a los monocultivos de maíz y frijol, por lo cual es una buena opción para asociarlo con maíz y frijol, y obtener mayor productividad y diversificación agrícola (Aquino y León, 1994).

El cultivo de jamaica es una alternativa económica para los productores minifundistas debido al aprovechamiento múltiple de todas las partes de la planta, (Contreras *et al.*, 2009): “los tallos son usados para producir pulpa o fibra textil y mucílago que se utiliza en la industria de los cosméticos; las hojas se pueden usar como verduras en forma directa; los cálices de los frutos para bebidas, ates, mermeladas, jaleas, dulces, jarabes y salsa; las semillas son útiles para la extracción de aceite o alimentos balanceados de los animales por contener hasta 20 % de proteína” (Reyes-Luengas *et al.*, 2015).

Con la finalidad de conocer el rendimiento de la jamaica en monocultivo y en asociación con maíz y frijol, los objetivos del presente estudio fueron los siguientes: 1) evaluar el crecimiento vegetativo y rendimiento de los tres cultivos en monocultivo y policultivo bajo tres tratamientos de fertilización; 2) determinar el Uso Equivalente de la Tierra (UET) en los patrones de asociación (jamaica-frijol, jamaica-maíz, maíz-frijol y jamaica-frijol-maíz); y 3) realizar un análisis económico de los monocultivos y policultivos.

### INTRODUCTION

Monocropping maize (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are the economic basis of many Mexican families. However, because of high production costs, market prices and environmental degradation (water and wind erosion, soil compaction and loss of fertility, mainly), monocropping maize is no longer profitable in many regions of Mexico (Rosset, 2002). For this reason, alternatives are needed to improve the economy of small farmers and satisfy the basic needs of their families. Non-traditional jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) cultivation is an alternative for places where maize and beans are grown traditionally (Ramiro, 1999). Jamaica adapts to conditions of limited soil fertility, it is economically profitable and has advantages over maize and bean monocrops. Associating it with maize and beans is a good option to attain greater productivity and agricultural diversification (Aquino and León, 1994).

Cultivating jamaica is an economic alternative for smallholding farmers because it is possible to use all of the plant parts, (Contreras *et al.*, 2009): “the stems are used to produce pulp or textile fiber and mucilage utilized in the cosmetics industry, whereas the leaves can be used directly as a vegetable; the fruit calyxes are used to make beverages, jams, jellies, candy, syrups and sauces; oils are extracted from the seeds, which are also used in animal feed concentrates because they contain up to 20 % protein” (Reyes-Luengas *et al.*, 2015).

This study was conducted to determine yield of jamaica in monoculture and in association with maize and beans. The objectives were the following: 1) to assess vegetative growth and yield of the three crops in monoculture and polyculture with three different fertilization treatments, 2) to determine Land Use Equivalent (LUE) in the patterns of association (jamaica-beans, jamaica-maize, maize-beans and jamaica-beans-maize); and 3) carry out an economic analysis of monoculture and polyculture production systems.

### MATERIALS AND METHODS

This study was conducted in 1999-2000 on the farm Las Gardenias, municipality of Villaflores, Chiapas, located 4 km from the ejido Calzada Larga, between 92° 12' and 93° 45' W,

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó de 1999 a 2000 en el predio Las Gardénias, municipio de Villaflores, Chiapas, a 4 km del ejido Calzada Larga entre 92° 12' y 93° 45' O, entre 15° 35' y 16° 33' N, a una altitud de 650 m. El clima es tipo  $AW_1^w(W)(l)g$ , que corresponde a un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano e invierno seco, temperatura media anual de 24.6 °C y una precipitación media anual de 1250 mm (García, 1987).

El diseño experimental fue de bloques al azar con 21 tratamientos: 1) tres fórmulas de fertilización: 00-00-00, 60-60-60 y 120-60-60; y, 2) siete patrones de cultivos: monocultivo de maíz, frijol y jamaica, y policultivo de jamaica-frijol, jamaica-maíz, maíz-frijol, jamaica-frijol-maíz; con tres repeticiones por tratamiento. Con los datos se realizó un ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) usando SAS (2001).

La unidad experimental fue ocho surcos de 6 m de longitud, con la siguiente distribución espacial: 1) 0.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas para los monocultivos de jamaica y maíz; 2) 0.40 m entre surcos y 0.30 m entre plantas para monocultivo de frijol; 3) para el policultivo jamaica-maíz, 0.80 m entre surcos y 0.30 m entre plantas de ambos cultivos; 4) para el policultivo maíz-frijol, 0.80 m entre surcos para maíz y dos surcos en medio de frijol a 0.20 m respecto al maíz; 5) para el policultivo jamaica-frijol, 0.80 m entre surcos para jamaica y dos surcos en medio de frijol a 0.20 m respecto a la jamaica; y, 6) para el policultivo jamaica-frijol-maíz, 0.80 m entre surcos para jamaica y maíz y dos surcos en medio de frijol a 0.20 m respecto a la jamaica y maíz. La parcela útil fue dos surcos centrales de cada cultivo, dejando 1 m de cabecera en cada parcela. La parcela útil fue de 6.4 m<sup>2</sup> y la parcela experimental de 33.6 m<sup>2</sup>. El terreno se preparó con un paso de arado y uno de rastra. La siembra del maíz híbrido 30F94 se realizó el 6 de julio de 1999, se hizo un aclareo, dejando dos plántulas cada 30 cm entre surcos de 0.80 m, y la densidad de población fue 75,000 plantas ha<sup>-1</sup>. La siembra de frijol variedad Dor-446 fue el 7 de julio, se realizó un aclareo dejando tres plántulas cada 30 cm a una distancia de 0.40 m entre surcos y la densidad de población fue 250 000 plantas ha<sup>-1</sup>. La siembra de jamaica variedad Victor fue el 8 de julio, se realizó un aclareo dejando dos plántulas a cada 30 cm a una distancia de 0.80 m entre surcos y la densidad de población fue 75 000 plantas ha<sup>-1</sup>.

La fertilización para los tratamientos (60-60-60 y 120-60-60) se aplicó a los 20 d después de la siembra (dds) con la mitad del N, todo el P (18-46-00) y K (60 %); y la segunda a los 40 dds con la otra mitad del N. Las fuentes de fertilizantes fueron nitrato de amonio (33.5 %), superfosfato de calcio triple (18-46-00) y cloruro de potasio (60 %). El control de malezas fue manual (con coa) a los 33 dds. Para controlar la plaga de la hormiga

between 15° 35' and 16° 33' N, at an altitude of 650 m. The climate is  $AW_1^w(W)(l)g$ , hot subhumid with summer rains and dry winter. Mean annual temperature is 24.6 °C and mean annual rainfall is 1250 mm (García, 1987).

The experimental design was randomized blocks with 21 treatments: 1) three fertilization formulas: 00-00-00, 60-60-60 and 120-60-60, and 2) six cropping patterns: monoculture of maize, beans and jamaica, and the polycultures of jamaica-beans, jamaica-maize, maize-beans, jamaica-beans-maize. Each treatment was replicated three times. With the data, an ANOVA was carried out and the treatment means were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ) using SAS (2001).

The experimental unit was eight rows 6 m long with the following spatial distribution: 1) for jamaica and maize monocultures, 0.80 m between rows and 0.30 m between plants; 2) for bean monoculture, 0.40 m between rows and 0.30 m between plants; 3) for jamaica-maize polyculture, 0.80 m between rows and 0.30 m between plants for both crops; 4) for maize-bean polyculture, 0.80 m between rows for maize and two rows of bean in the middle at 0.20 m relative to maize; 5) for jamaica-bean polyculture, 0.80 m between rows for jamaica and two rows of bean in the middle at 0.20 m relative to jamaica; and, 6) for jamaica-bean-maize polyculture, 0.80 m between rows for jamaica and maize and two rows of bean in the middle at 0.20 m relative to jamaica and maize. The useful plot was the two central rows of each crop, leaving 1 m at the head of each plot. The size of the useful plot was 6.4 m<sup>2</sup> and the experimental plot was 33.6 m<sup>2</sup>. The terrain was prepared with one pass with a plow and one with a harrow. The hybrid maize 30F94 was planted on July 6 1999 and thinned to two plants every 30 cm between 0.80 m rows, obtaining a density of 75,000 plants ha<sup>-1</sup>. Beans variety Dor-446 were planted on July 7 and thinned to three seedlings every 30 cm at a distance of 0.40 m between rows; plant density was 250 000 plants ha<sup>-1</sup>. Jamaica, variety Victor was planted on July 8 and thinned to two seedlings every 30 cm at a distance of 0.80 m between rows; plant density was 75,000 plants ha<sup>-1</sup>.

Fertilization treatments (60-60-60 and 120-60-60) were applied 20 d after sowing (das) half the N and all of the P (18-46-00) and K (60 %). The second application, the other half of the N, was at 40 das. Fertilizer sources were ammonium nitrate (33.5 %), triple calcium superphosphate (18-46-00) and potassium chloride (60 %). Weed control was manual (with a "coa", a long metal tipped stick) 33 das. To control leafcutter ants (*Atta* sp.), Permetrine (250 mL ha<sup>-1</sup>) was applied at 8-d intervals, and for crickets (*Achaeta assimilis* F.), Sulfluramide (2 g gallery<sup>-1</sup>) was used. Although mildew was present, no product was applied for its control.

The assessed variables were days to emergence, days to flowering, days to physiological maturity, days to harvest, plant

arriera (*Atta* sp.) se aplicó Permetrina ( $250 \text{ mL ha}^{-1}$ ) a intervalos de 8 d entre aplicaciones, y para grillo (*Achaeta assimilis* F.) se usó Sulfluramida ( $2 \text{ g galería}^{-1}$ ). Hubo presencia de cenicilla pero no se aplicaron productos para combatirlo.

Las variables evaluadas fueron: días a emergencia, días a floración, días a madurez fisiológica, días a cosecha, altura de planta, número de hojas, número de ramas y número de bellotas, incidencia de insectos, porcentaje de plantas enfermas, rendimiento fresco y seco, y Uso Equivalente de la Tierra (Mead and Willey, 1980). Para evaluar el número de hojas se etiquetó una planta en cada patrón de cultivo y se determinó la cantidad de hojas por planta hasta la madurez fisiológica de los cultivos. El número de ramas se determinó para la jamaica etiquetando una planta y se determinó la cantidad de ramas por planta en cada patrón de cultivo hasta la madurez fisiológica. Para la incidencia de insectos se usó el método de muestreo cinco de oros y con una red entomológica se muestras tomaron cada 15 d identificando a los especímenes. Para el rendimiento de maíz y frijol se desgranó manualmente y se determinó el peso y el porcentaje de humedad. Para la jamaica se cosecharon los sépalos frescos con una cosechadora tipo peine, cuya función es separar los sépalos del ovario, y después se secó por el método tradicional colocando los cálices sobre bolsas de fertilizantes en el pavimento por 3 d para determinar el rendimiento seco de cada patrón de cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de suelo del área experimental la textura es franco limo arcilloso (55.88 % limo, 26.12 % arcilla y 18 % arena), pH 5.3, materia orgánica 1.90 %, y nitrógeno 0.09 %. Contreras *et al.* (2009) y Ramiro (1999) señalan que la jamaica prefiere suelos medios y arcillosos y un pH entre 6.0-7.8. Esta acidez del suelo se puede deber a la excesiva y constante aplicación de fertilizantes nitrogenados y la erosión de la capa superficial del suelo por las lluvias torrenciales de la región.

### Etapas fenológicas de los cultivos

La jamaica emergió a los 3 d después de la siembra (dds), el maíz a los 5 dds y el frijol a los 4 dds. La jamaica floreció a los 121 dds, el frijol a los 31 dds y el maíz a los 60 dds. La jamaica llegó a la madurez fisiológica a los 163 dds, el frijol a los 70 dds y el maíz a los 108 dds. La jamaica se cosechó a los 180 dds; el frijol a los 78 dds y el maíz a los 120 dds.

### Características fenológicas de los cultivos

En el Cuadro 1 se presentan los datos de altura de planta, número de hojas, número de ramas y número

height, number of leaves, number of branches and number of blossoms, incidence of insects, percentage of diseased plants, fresh and dry yield, and Land Use Equivalent (Mead and Willey, 1980). To evaluate number of leaves, one plant in each cropping pattern was labeled and the number of leaves per plant was determined to physiological maturity of the crops. The number of branches was determined on jamaica by labeling one plant per cropping pattern, and counting the number of branches per plant until physiological maturity of the crops. For incidence of insects, a five point sampling method was used and, with an entomological net, samples of specimens were collected and identified every two weeks. To determine yield, maize and beans were shelled manually, and weight and percent moisture were determined. For jamaica, fresh sepals were harvested with a comb-type harvester, whose function is to separate the sepals from the ovary. They were then dried in the traditional manner by placing the calyxes on sacks on the pavement for 3 d, and dry yield was determined for each cropping pattern.

## RESULTS AND DISCUSSION

According to the soil analysis, the soil of the experimental area had silty clay loam texture (55.88 % silt, 26.12 % clay and 18 % sand), pH 5.3, 1.90 % organic matter, and 0.09 % nitrogen. Contreras *et al.* (2009) and Ramiro (1999) point out that jamaica prefers medium and clay soils with pH between 6.0 and 7.8. Soil acidity of the study site is possibly due to constant excessive application of nitrogenous fertilizers and erosion of the top soil by the torrential rainfall that occurs in the region.

### Crop phenological stages

Jamaica emerged 3 days after sowing (das), maize 5 das and beans 4 das. Jamaica flowered 121 das, beans 31 das and maize 60 das. Jamaica reached physiological maturity 163 das, beans 70 das and maize 108 das. Jamaica was harvested 180 das, beans 78 das and maize 120 das.

### Crop phenological characteristics

Table 1 presents the data on plant height, number of leaves, number of branches and number of blossoms of the monocrops with the fertilizer dosages studied. Height of jamaica was 2.65 m in monoculture; according to Contreras *et al.* (2009), the plant can reach a height of 1.90 m, depending on time of sowing and genetic material. Beans reached

de bellotas de los monocultivos con la fertilización estudiada. La altura de la jamaica fue 2.65 m en monocultivo y, según Contreras *et al.* (2009), la planta puede tener 1.90 m en altura, según la época de siembra y el material genético. El frijol alcanzó 64 cm de altura y el maíz 2.65 m con la fertilización 120-60-60. La jamaica desarrolló más follaje (170 hojas planta<sup>-1</sup>), con mayor cantidad de ramas (31 ramas planta<sup>-1</sup>) y mayor cantidad de bellotas (54 bellotas planta<sup>-1</sup>), cuando fue asociada con el frijol y maíz con la fertilización 60-60-60.

El frijol asociado con jamaica tuvo mayor altura (64 cm) con la fertilización 60-60-60 y desarrolló mayor cantidad de follaje (62 hojas planta<sup>-1</sup>) cuando fue asociado con el maíz sin fertilización. El maíz desarrolló mayor cantidad de follaje (18 hojas planta<sup>-1</sup>) al asociarlo con frijol con la fertilización 120-60-60.

### Presencia de enfermedades en los cultivos

La jamaica presentó mayor daño por la cenicilla (*Erysiphe cichoracearum*) (60 %) al asociarla con maíz con la fertilización 00-00-00 y 120-60-60 (Cuadro 2).

a height of 64 cm and maize 2.65 m with 120-60-60 fertilization. Jamaica developed more foliage (170 leaves plant<sup>-1</sup>), the largest number of branches (31 branches plant<sup>-1</sup>) and a larger number of blossoms (54 blossoms plant<sup>-1</sup>) when it was associated with beans and maize and fertilized with 60-60-60.

Beans, in association with jamaica, were taller (64 cm) when fertilized with 60-60-60 and had a larger quantity of foliage (62 leaves plant<sup>-1</sup>) when grown in association with maize without fertilization. Maize developed a larger quantity of foliage (18 leaves plant<sup>-1</sup>) when associated with beans and fertilized with 120-60-60.

### Presence of crop diseases

Jamaica exhibited greater damage by mildew (*Erysiphe cichoracearum*) (60 %) when associated with maize and fertilized with 00-00-00 and 120-60-60 (Table 2). Contreras *et al.* (2009) point out that mildew attacks leaves, calyxes and stem. It is therefore recommendable to reduce plant density to allow better penetration of sunlight.

**Cuadro 1. Respuesta promedio de los cultivos jamaica (J), frijol (F) y maíz (M) a los tratamientos de fertilización.**  
**Table 1. Average response of the crops jamaica (J), beans (F) and maize (M) to fertilization treatments.**

Policultivos	Fertilización	Altura de planta, m			Número de hojas			No. ramas J	No. bellotas J
		J	F	M	J	F	M		
J	00-00-00	2.30	-	-	125	-	-	21	20
J	60-60-60	2.35	-	-	130	-	-	30	43
J	120-60-60	2.65	-	-	140	-	-	30	29
F	00-00-00	-	0.50	-	-	12	-	-	-
F	60-60-60	-	0.63	-	-	37	-	-	-
F	120-60-60	-	0.64	-	-	23	-	-	-
M	00-00-00	-	-	1.90	-	-	14	-	-
M	60-60-60	-	-	2.05	-	-	15	-	-
M	120-60-60	-	-	2.65	-	-	16	-	-
J-F	00-00-00	2.10	0.57	-	125	25	-	22	21
J-F	60-60-60	2.55	0.64	-	110	47	-	28	29
J-F	120-60-60	2.40	0.62	-	140	25	-	30	27
J-M	00-00-00	2.20	-	1.37	50	-	15	14	19
J-M	60-60-60	2.55	-	2.10	90	-	16	20	32
J-M	120-60-60	2.55	-	2.30	95	-	16	12	13
M-F	00-00-00	-	0.50	2.40	-	62	16	-	-
M-F	60-60-60	-	0.54	2.12	-	29	16	-	-
M-F	120-60-60	-	0.60	2.50	-	18	18	-	-
J-F-M	00-00-00	2.10	0.48	1.55	132	52	13	24	35
J-F-M	60-60-60	2.20	0.50	2.00	170	35	14	31	54
J-F-M	120-60-60	2.55	0.54	2.30	150	54	15	30	47

Contreras *et al.* (2009) indican que la cenicilla ataca las hojas, cálices y el tallo. Por ello se recomienda disminuir la densidad de población para una mayor penetración de los rayos solares.

**Incidencia de insectos en las tres especies vegetales**

En los monocultivos, los órdenes Hymenóptera y Orthóptera causaron los daños mayores en el cultivo de jamaica; el orden Coleóptera causó el daño mayor en el cultivo de frijol y maíz (Cuadro 3). Según Contreras *et al.* (2009), las principales plagas que atacan al cultivo de jamaica en la etapa inicial de su desarrollo son la hormiga arriera (*Atta* sp.) y grillo (*Achaeta assimilis* F.).

**Rendimientos de los cultivos con diferentes dosis de fertilización y análisis económico**

El mejor rendimiento fresco (4000 kg ha<sup>-1</sup>) y seco (698 kg ha<sup>-1</sup>) de jamaica se obtuvo cuando fue asociada con frijol y maíz con la fertilización 60-60-60. El rendimiento de jamaica deshidratada fue 400 kg ha<sup>-1</sup>, y es mayor al promedio nacional de 214 a 316 kg ha<sup>-1</sup> (Cuadro 4).

De acuerdo con los datos, la jamaica no necesita dosis altas de fertilización porque no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos de fertilización (Cuadro 5). Según Larios (1995), la jamaica necesita poca fertilización química y para suelos de baja fertilidad es suficiente una dosis mínima de nitrógeno y fósforo (60-40-00).

**Cuadro 2. Nivel de daños por enfermedades y severidad en monocultivo y policultivo de jamaica.**  
**Table 2. Damage caused by diseases and disease severity in jamaica monoculture and polyculture.**

Patrones de cultivos	Tratamientos de fertilización	Plantas enfermas (%)	Severidad (%)
J	00-00-00	—	—
J	60-60-60	20	10
J	120-60-60	20	15
J-F	00-00-00	—	—
J-F	60-60-60	20	30
J-F	120-60-60	20	15
J-M	00-00-00	60	50
J-M	60-60-60	—	35
J-M	120-60-60	60	90
J-F-M	00-00-00	—	—
J-F-M	60-60-60	—	—
J-F-M	120-60-60	—	—

**Incidence of insects in the three plant species**

In the monocultures, the orders Hymenoptera and Orthoptera caused greater damage to the jamaica crop, whereas the order Coleoptera caused greater damage to beans and maize (Table 3). According to Contreras *et al.* (2009), the main pests that attack jamaica in its early development stage are leafcutter ants (*Atta* sp.) and crickets (*Achaeta assimilis* F.).

**Cuadro 3. Órdenes de insectos en monocultivo y policultivo de jamaica.**  
**Table 3. Insect orders found in jamaica monoculture and polyculture.**

Patrones de cultivos	Número de especies por órdenes de insectos						
	Homóptera	Coleóptera	Hemíptera	Hymenóptera	Orthóptera	Dermáptera	Lepidóptera
J	5	6	4	8	-	-	-
F	4	5	4	-	-	-	-
M	1	5	4	-	-	-	-
J-F	6	7	8	-	9	-	-
J-M	6	8	4	-	6	-	-
M-F	6	8	5	-	3	-	-
J-F-M	6	9	6	-	7	5	4

**Cuadro 4. Rendimiento promedio (kg ha<sup>-1</sup>) e ingresos económicos de los tres cultivos con las diferentes dosis de fertilización.**
**Table 4. Average yield (kg ha<sup>-1</sup>) and incomes from jamaica (J), beans (F) and maize (M) with corresponding fertilization dosages.**

Cultivos	Fertilización	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )			
		J (fresco)	J (seco)	F	M
J	00-00-00	2820	510	-	-
J	60-60-60	1279	343	-	-
J	120-60-60	1860	349	-	-
F	00-00-00	-	-	824	-
F	60-60-60	-	-	1565	-
F	120-60-60	-	-	1552	-
M	00-00-00	-	-	-	4130
M	60-60-60	-	-	-	6146
M	120-60-60	-	-	-	7396
J-F	00-00-00	3073	515	705	-
J-F	60-60-60	2328	411	568	-
J-F	120-60-60	3646	620	797	-
J-M	00-00-00	1250	260	-	1930
J-M	60-60-60	1735	302	-	4500
J-M	120-60-60	730	161	-	4573
M-F	00-00-00	-	-	358	4073
M-F	60-60-60	-	-	402	4615
M-F	120-60-60	-	-	324	6927
J-F-M	00-00-00	2310	406	337	1948
J-F-M	60-60-60	4000	698	410	6146
J-F-M	120-60-60	3297	604	410	7667

El mejor rendimiento de la jamaica fue en policultivo al asociarla con el maíz y frijol, respecto al monocultivo (Cuadro 6).

El rendimiento del frijol presentó diferencias estadísticas significativas en los tratamientos de fertilización y altamente significativas en los patrones de cultivos (Cuadro 7). El mayor rendimiento fue en monocultivo (1565 kg ha<sup>-1</sup>) con la fertilización 60-60-60, en comparación con con dosis mayor. El mejor rendimiento del frijol fue en monocultivo, comparado con los policultivos (Cuadro 8). La asociación de jamaica con frijol presentó mayor rendimiento que las otras asociaciones.

Los tratamientos de fertilización causaron diferencias significativas en rendimiento de maíz (Cuadro 9). El mayor rendimiento (6640.8 kg ha<sup>-1</sup>) fue con la dosis mayor de fertilización (120-60-60), respecto al testigo (3020.4 kg ha<sup>-1</sup>). Potash and Phosphate Institute of Canada and Foundation for Agronomic

#### Crop yield with different fertilizer dosages and economic analysis

The best fresh (4,000 kg ha<sup>-1</sup>) and dry (698 kg ha<sup>-1</sup>) jamaica yield was obtained with its association with beans and maize fertilized with 60-60-60. Yield of dehydrated jamaica was 400 kg ha<sup>-1</sup>, which is higher than the national average of 214 to 316 kg ha<sup>-1</sup> (Table 4).

According to the data, jamaica does not need high dosages of fertilizer because there were no statistical differences among fertilizer treatments (Table 5). Larios (1995) points out that jamaica needs little chemical fertilizer, and for poor soils a minimal dosage of nitrogen and phosphorus (60-40-00) is sufficient.

The jamaica yield was higher when it was grown in association with maize and beans than in monoculture (Table 6).

**Cuadro 5. Análisis de varianza para rendimiento de jamaica.**  
**Table 5. Analysis of variance for jamaica yield.**

FV	GL	SC	CM	F	5 %	1 %
Total	35	1 317 293.556				
Repeticiones	2	9834.722	4917.361	0.2 <sup>NS</sup>	3.55	6.01
Trat. fertilización	2	1540.056	770.028	0.0 <sup>NS</sup>	3.55	6.01
Rep*Trat. fertilización	4	125 143.778	31 285.944	1.7 <sup>NS</sup>	2.93	4.58
Patrones cultivos	3	569 019.778	189 673.259	10.3 <sup>**</sup>	3.16	5.09
Trat*Patrones cultivos	6	281 822.389	46 970.398	2.5 <sup>NS</sup>	2.66	4.01
Error	18	329 932.833	18 329.602			

CV=31.348; \*\* =  $p \leq 0.01$ ; NS: No significativo ♦ CV=31.348; \*\* =  $p \leq 0.01$ ; NS: Not significant.

Research (1998) señala que los requerimientos altos de nitrógeno en el cultivo de maíz, en forma de amonio, aumentan las cosechas.

En los patrones de cultivos, el maíz presentó el rendimiento mayor en monocultivo (5890.8 kg ha<sup>-1</sup>) en comparación con el patrón jamaica-maíz (3667.8 kg ha<sup>-1</sup>), pero fue similar a los resultados de los otros dos policultivos (Cuadro 10).

### Uso Equivalente de la Tierra (UET)<sup>3</sup>

Según la metodología de Mead y Willey (1980) y de los valores del UET: si el valor del UET de una asociación es menor a 1, hay una desventaja en la producción en asociación; si es igual a 1, no hay diferencia alguna; y si es mayor de 1, hay ventaja en la producción de la asociación; así, un valor del UET<sup>3</sup> de 1.20 indica un 20 % de ventaja en la asociación. De los policultivos con la fertilización 00-00-00, el patrón de cultivo jamaica-frijol-maíz (Figura 1) tuvo la ventaja mayor porque fue 92 % más eficiente en el uso de la tierra que los monocultivos de jamaica (89 %), frijol (16 %) o maíz (43 %).

El patrón de cultivo maíz-frijol presentó una ventaja mínima de 2 % con relación a los monocultivos de maíz o frijol con la fertilización 60-60-60 (Figura 2). El patrón de cultivo jamaica-frijol-maíz fue más eficiente en 231 % en el uso de la tierra con relación a los

**Cuadro 6. Prueba de Tukey para rendimiento de jamaica.**  
**Table 6. Tukey test for jamaica yield.**

Concepto	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Tratamientos de fertilización:	
60-60-60	438.92 a
120-60-60	433.58 a
00-00-00	423.17 a
Patrones de cultivos:	
Jamaica-frijol-maíz	569.44 a
Jamaica-frijol	515.78 a
Jamaica	401.00 b
Jamaica-maíz	241.33 b

a, b Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) ♦ a, b Different letters indicate statistically significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

The fertilization treatments caused significant statistical differences in bean yield, and differences among cropping patterns were highly significant (Table 7). The highest bean yield was obtained with monoculture (1565 kg ha<sup>-1</sup>) and 60-60-60 fertilization as compared to higher fertilization as compared to higher fertilization. Higher bean yield was obtained with monoculture than with the polyculture patterns (Table 8). The association jamaica-beans produced higher yields than the other associations.

<sup>3</sup> El UET es la medida para evaluar la efectividad de una asociación y es el área relativa de tierra requerida bajo monocultivo para obtener la misma producción con una asociación bajo niveles similares de manejo (Vandermeer, 1989). Primero se calculan los Rendimientos Relativos (RR) mediante una división de los cultivos en asociación entre los cultivos solos y el valor se suma para obtener el UET de la asociación ♦ LUE is a measure for assessing the effectiveness of an association. It is a relative area of land under monoculture required to obtain the same production with an association under similar levels of management (Vandermeer, 1989). First, Relative Yields (RY) are calculated by dividing yields of the crops in association by yields of monocultured crops. The values of each crop are added to obtain the LUE of the association.



**Cuadro 7. Análisis de varianza para rendimiento de frijol.**  
**Table 7. Analysis of variance for bean yield.**

FV	GL	SC	CM	F	5 %	1 %
Total	35	7 873 870.972				
Repeticiones	2	506 606.056	253 303.028	5.8 *	3.55	6.01
Trat. fertilización	2	360 624.889	180 312.444	4.1 *	3.55	6.01
Rep*Trat. fertilización	4	207 707.278	51 926.819	1.1 NS	2.93	4.58
Patrones cultivos	3	5 171 606.972	1 723 868.991	39.4 **	3.16	5.09
Trat*Patr. cultivos	6	840 690.444	140 115.074	3.2 *	2.66	4.01
Error	18	786 635.333	43 701.963			

CV=30.121; \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; NS: No significativa. ♦ CV = 30.121; \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; NS: Not significant.

monocultivos de jamaica, frijol o maíz (61 % y 68 %) en comparación con los otros patrones de cultivos.

Al aumentar la fertilización a 120-60-60, el patrón de cultivo jamaica-frijol-maíz fue más eficiente en 207 % en el uso de la tierra, con relación a los monocultivos de jamaica, frijol o maíz en comparación a los patrones de cultivos restantes (154 % y 18 %) (Figura 3).

El análisis de los datos mostró que el UET no presentó diferencias estadísticas por los tratamientos de fertilización empleados (Cuadro 11).

Respecto a los patrones de cultivos, el UET presentó diferencias altamente significativas. El valor mayor fue con el policultivo jamaica-frijol-maíz, comparado con las otras asociaciones. Los tratamientos de fertilización no causaron cambios significativos (Cuadro 12).

**Cuadro 8. Prueba de Tukey para rendimiento de frijol.**  
**Table 8. Tukey test for bean yield.**

Concepto	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Tratamientos de fertilización:	
120-60-60	789.92 a
60-60-60	736.25 a, b
00-00-00	555.92 b
Patrones de cultivos:	
Frijol	1313.67 a
Jamaica-frijol	689.89 b
Jamaica-frijol-maíz	411.11 c
Maíz-frijol	361.44 c

a, b, c Medias con letras diferentes en cada grupo, son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). ♦ a, b, c Means with different letters in each group are statistically different ( $p \leq 0.05$ ).

Fertilization treatments caused significant differences in maize yields (Table 9). The highest yield (6,640.8 kg ha<sup>-1</sup>) occurred with the highest dosage of fertilizer (120-60-60), relative to the control treatment (3,020.4 kg ha<sup>-1</sup>). The Potash and Phosphate Institute of Canada and Foundation for Agronomic Research (1998) states that when ammonia supplies the high nitrogen requirements for maize cultivation, increased harvests are promoted.

Of the cropping patterns, monoculture maize showed the highest yield (5890.8 kg ha<sup>-1</sup>) as compared to jamaica-maize pattern, but it was similar to the results of the other two polyculture patterns (Table 10).

### Land Use Equivalent (LUE)<sup>3</sup>

According to the methodology of Mead and Willey (1980) and to the LUE values: if the value of LUE of an association is less than 1, there is a disadvantage to producing in association; if it is equal to 1, there is no difference; and if it is more than 1, there is an advantage to producing in association. Thus, a LUE value of 1.20 indicates a 20 % of advantage in the association. Of the polycultures with 00-00-00 fertilization, the jamaica-beans-maize pattern (Figure 1) had the greatest advantage because it was 92 % more efficient in land use than jamaica (89 %), bean (6 %), or maize (43 %) monocultures.

The maize-bean cropping pattern had a minimal advantage of 2 %, relative to the monocultures maize or beans with 60-60-60 fertilization (Figure 2). The cropping pattern jamaica-bean-maize was 231 % more efficient in land use than the monocultures

**Cuadro 9. Análisis de varianza para rendimiento de maíz.**  
**Table 9. Analysis of variance for maize yield.**

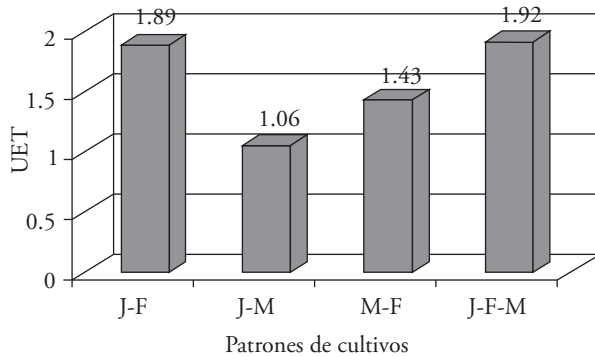
FV	GL	SC	CM	F	5 %	1 %
Total	35	201 022 186.00				
Repeticiones	2	25 941 354.17	12 970 677.08	4.7 *	3.55	6.01
Trat. fertilización	2	80 817 071.17	40 408 535.58	14.8 **	3.55	6.01
Rep.*Trat. fertilización	4	5 8259 09.67	1 456 477.42	0.5 <sup>NS</sup>	2.93	4.58
Patrones cultivos.	3	24 071 790.00	8 023 930.00	2.9 <sup>NS</sup>	3.16	5.09
Trat*Patr. cultivos	6	15 496 596.83	2 582 766.14	0.9 <sup>NS</sup>	2.66	4.01
Error	18	48 869 464.20	2 714 970.20			

CV=32.925; \* p≤0.05; \*\* p≤0.01; NS: No significativo. ♦ CV = 32.925; \* p≤0.05; \*\* p≤0.01; NS: Not significant.

**Cuadro 10. Prueba de Tukey para rendimiento de maíz.**  
**Table 10. Tukey test for maize yield.**

Concepto	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Tratamientos de fertilización:	
120-60-60	6640.8 a
60-60-60	5351.8 a
00-00-00	3020.4 b
Patrones de cultivos:	
Maíz	5890.8 a
Jamaica-frijol-maíz	5253.8 a b
Maíz-frijol	5205.1 a b
Jamaica-maíz	3667.8 b

a, b, c Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (p≤0.05) ♦ a, b, c Means with different letters are statistically different (p≤0.05).



**Figura 1. Uso Equivalente de la Tierra de los patrones de cultivos con la fertilización 00-00-00.**

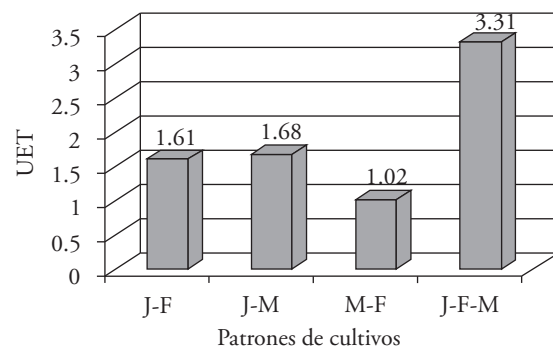
**Figure 1. Land Use Equivalent of cropping patterns with 00-00-00 fertilization.**

jamaica, beans or maize (61 % and 68 %), relative to the other cropping patterns.

When fertilization was increased to 120-60-60, the jamaica-bean-maize cropping pattern was 207 % more efficient in land use, relative to the monocultures jamaica, beans or maize and the other cropping patterns (154 % and 18 %) (Figure 3).

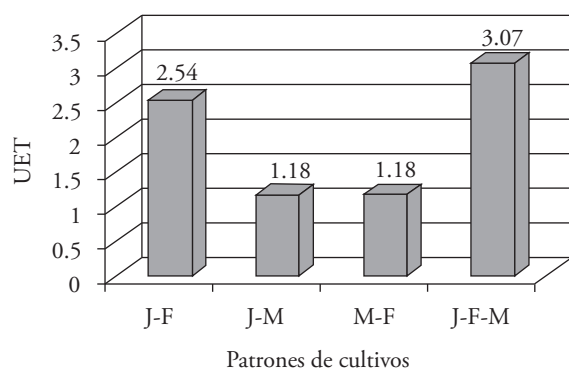
The analysis of data revealed that the LUE was not statistically different among fertilization treatments (Table 11).

LUE had highly significant differences among cropping patterns. The highest value was observed with the jamaica-bean-maize polyculture, relative to the other associations. Fertilizer treatments did not have significant effects (Table 12).



**Figura 2. Uso Equivalente de la Tierra de los patrones de cultivos con la fertilización 60-60-60.**

**Figure 2. Land Use Equivalent of cropping patterns with 60-60-60 fertilization.**



**Figura 3. Uso Equivalente de la Tierra de los patrones de cultivos con la fertilización 120-60-60.**

**Figure 3. Land Use Equivalent of cropping patterns with 120-60-60 fertilization.**

### Análisis económico

El análisis económico para el cultivo de jamaica (Cuadro 13) mostró el mayor beneficio económico (\$ 29 743.00; US\$ 2 379.44; US\$ 1 = \$ 12.5, pesos mexicanos) para la asociación jamaica-frijol y jamaica-maíz con fertilización 60-60-60, comparado con el monocultivo (\$ 9844.00; US\$ 787.52) con la misma fertilización. Esto significa que el cambio de monocultivo policultivo da \$ 19 899.00 (US \$1 591.92) adicionales. La tasa interna de retorno del policultivo jamaica-frijol-maíz fue 7.89, lo cual significa que por cada peso invertido en el policultivo se recupera ese peso y se gana 6.89 pesos más; en cambio la tasa de retorno del monocultivo fue 5.48. Para este análisis el

### Economic analysis

The economic analysis of jamaica cultivation (Table 13) showed that the highest economic benefit (\$ 29 743.00; US\$ 2,379.44; US\$ 1 = \$ 12.5, Mexican pesos) was obtained with the association jamaica-beans and jamaica-maize with 60-60-60 fertilization, compared with monoculture (\$ 9844.00; US\$ 787.52) with the same amount of fertilizer. This means that the change from monoculture to polyculture would result in an additional \$ 19 899.00 (US \$1591.92). The internal return rate of the polyculture jamaica-beans-maize was 7.89, which means that every peso invested in the polyculture would be recovered and 6.89 pesos more would be gained. In contrast, the return rate of the monoculture was 5.48. For this analysis the market price of a kilogram of jamaica was \$ 35.00, of beans \$ 4.00 and of maize \$ 1.30 during 1999-2000.

The best economic benefit was obtained with 120-60-60 fertilization in the cropping pattern jamaica-beans-maize (\$ 28 251.00; US\$ 2260.08), relative to monoculture (\$ 9607.00 and US\$768.56). The internal return rate of the polyculture was 6.88, meaning that every peso invested in the polyculture would be recovered and would gain an additional 5.88 pesos.

### CONCLUSIONS

Growing jamaica in association with maize and beans is an option for production in acid soils where

**Cuadro 11. Análisis de varianza del Uso Equivalente de la Tierra.**

**Table 11. Analysis of variance of Land Use Equivalent.**

FV	GL	SC	CM	F	5%	1%
Total	35	27.4387				
Repeticiones	2	1.7108	0.84540	4.60 *	3.55	6.01
Trat. fertilización	2	1.2033	0.60165	3.23 NS	3.55	6.01
Rep*Trat. fertilización	4	2.5268	0.63170	3.40 *	2.93	4.58
Patrones cultivos	3	14.2468	4.74890	25.54 **	3.16	5.09
Trat*Patron. cultivos	6	4.4042	0.73400	3.95 *	2.66	4.01
Error	18	27.4387	0.18590			

CV=23.638; \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; NS: No significativo ♦ CV = 23.638; \*  $p \leq 0.05$ ; \*\*  $p \leq 0.01$ ; NS: Not significant.

**Cuadro 12. Prueba de Tukey para el UET.**

**Table 12. Tukey test for LUE.**

Variables	UET
Tratamientos de fertilización:	
120-60-60	1.9942 a
60-60-60	1.9075 a
00-00-00	1.5708 a
Patrones de cultivos:	
Jamaica-frijol-maíz	2.7700 a
Jamaica-frijol	2.1560 b
Jamaica-maíz	1.3040 c
Maíz-frijol	1.2070 c

a, b, c: Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) ♦ Different letters indicate significant differences ( $p \leq 0.01$ ).

precio de comercialización por kilogramo de jamaica fue \$ 35.00, de frijol \$ 4.00 y de maíz \$ 1.30 durante 1999-2000.

Con la fertilización 120-60-60, el mejor beneficio económico se obtuvo en el patrón de cultivo jamaica-frijol-maíz (\$ 28,251.00; US\$ 2,260.08), comparado con el monocultivo (\$ 9, 607.00 y US\$768.56). La tasa interna de retorno del policultivo fue 6.88, lo cual significa que por cada peso invertido en el policultivo se recupera ese peso y se gana 5.88 pesos más.

**CONCLUSIONES**

La jamaica asociada con el maíz y el frijol es una alternativa de producción en suelos ácidos en los cuales se produce maíz con costos altos. La alternativa

cultivating maize is costly. The alternative presented in this study is oriented by the biological aspect as it encourages a diversity of insect species and promotes biological pest control, as well as by the economic aspect which aims to improve small farmer economy and increase family incomes.

—End of the English version—



presentada en este estudio se orienta desde aspecto biológico al fomentar la diversidad de especies de insectos que propicia el control biológico de plagas, y también desde el aspecto económico para mejorar la economía campesina y aumentar el ingreso familiar.

**LITERATURA CITADA**

Aquino D., Y., y C. León. 1994. Efecto de la jamaica en enfermedades cardiovasculares. *Conexión* 4(8): 7-9.  
 Contreras G., J. A., R. Soto J., y C. Huchin A. 2009. Tecnología para el cultivo de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en Quintana Roo. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Chetumal, Quintana Roo, México. Folleto técnico No. 3. pp: 4-6.  
 García E. 1987. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de geología. Universidad Autónoma de México. México. pp: 73-75.  
 Mead R., and R. Willey W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. *In: Methodol. Exp. Agric.* pp: 217-228.

**Cuadro 13. Beneficio neto de los patrones de cultivos de jamaica con los tratamientos de fertilización empleados (ciclo primavera-verano 1999-2000).**

**Table 13. Net benefit from jamaica cropping patterns (1999-2000 spring-summer growing season).**

Tratamiento fertilización	Beneficios netos de los patrones de cultivos de jamaica (\$)			
	J	J-M	J-F	J-F-M
00-00-00	16 476	11 957	18 476	14 751
60-60-60	9844	13 074	13 551	29 743
120-60-60	9607	7819	21 260	28 251

J: jamaica; M: maíz; F: frijol. ♦ J:jamaica; M: maize; F: beans.

- Larios R., J. 1995. Cultivo de la jamaica. Agricultura para el Productor Diversificado 55(9): 5-11.
- Potash and Phosphate Institute of Canada and Foundation for Agronomic Research. 1998. Manual de fertilidad de los suelos. The Potash and Phosphate Institute. México. pp: 24-51.
- Ramiro V., M. A. 1999. México, proveedor de especies y plantas medicinales al mundo. El caso de una variedad de jamaica. Claridades Agropec. 5(73): 13-21.
- Reyes-Luengas, A., Y. Salinas-Moreno, M. E. Ovando-Cruz, R. I. Artiaga-Garibay, y M. D. Martínez-Peña. 2015. Análisis de ácidos fenólicos y actividad antioxidante de extractos acuosos de variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con cálices de colores diversos. Agrociencia 49: 277-290.
- Rosset P. 2002. El hambre en el tercer mundo y la ingeniería genética: una tecnología apropiada. In: Helfrich, S. La Vida en Venta: Transgénicos, Patentes y Biodiversidad. El Salvador. pp: 89-112.
- Vandermeer J., H. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press. Great Britain. pp: 1-20.