

## Artículo científico

Efecto de la densidad de siembra en caracteres morfoproductivos de *Jatropha curcas* intercalada con cultivos alimenticiosEffect of planting density on morpho-productive traits of *Jatropha curcas* intercropped with food crops

Yolai Noda-Leyva y Giraldo Jesús Martín-Martín

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Ministerio de Educación Superior Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

Correo electrónico: noda@ihatuey.cu

**Resumen**

Con el objetivo de determinar el efecto de la densidad de siembra sobre los caracteres morfoproductivos de *Jatropha curcas* intercalada con cultivos en rotación, se estudiaron en un diseño completamente aleatorizado los siguientes tratamientos-sistemas (S): S1 (testigo): *J. curcas* a 2,5 x 2,0 m (2 000 plantas/ha), S2: 50 % del área con *J. curcas* a 2,5 x 2,0 m y 50 % del área de cultivos en rotación (2 000 plantas/ha), S3: *J. curcas* intercalada con cultivos a 5,0 x 2,0 m (1 000 plantas/ha), S4 (testigo): cultivos en rotación. Para interpretar los resultados de la altura de la planta (A), el número de ramas primarias (RP), el grosor del tallo y de las ramas primarias, la cantidad de racimos (NR) y la producción de frutos (FC) se utilizó un ANOVA de clasificación simple, y fueron correlacionadas A, RP y NR; mientras que se usó estadística descriptiva para el número de frutos por racimo (FR), el peso y las dimensiones de las semillas y el rendimiento de los cultivos. A y RP fueron mayores para S1 y S2; sin embargo, se obtuvo mayor NR con S3, y este último no difirió en cuanto a FC ( $p < 0,05$ ) del testigo (S1). Existió una correlación alta y positiva ( $r = 0,84$ ) entre A y RP, pero estos no estuvieron correlacionados con NR. En S3, el rendimiento de los cultivos asociados fue de 1,023; 4,281 y 0,320 t/ha para frijol, boniato y ajonjolí, respectivamente. Se concluye que al utilizar 1 000 plantas/ha de *J. curcas* en sistemas de asociación, se pueden obtener adecuados rendimientos y diversidad de especies vegetales.

Palabras clave: espaciamiento, rendimiento, sistemas de cultivo.

**Abstract**

In order to determine the effect of planting density on the morpho-productive traits of *Jatropha curcas* intercropped with crops under rotation, the following treatments-systems (S) were studied in a completely randomized design: S1 (control): *J. curcas* at 2,5 x 2,0 m (2 000 plants/ha), S2: 50 % of the area with *J. curcas* at 2,5 x 2,0 m and 50 % of the area with crops under rotation (2 000 plants/ha), S3: *J. curcas* intercropped with crops at 5,0 x 2,0 m (1 000 plants/ha), S4 (control): crops under rotation. To interpret the results of plant height (H), number of primary branches (PB), stem diameter and primary branch diameter, quantity of racemes (NR) and fruit production (FP), a simple classification ANOVA was used and H, PB and NR were correlated; while descriptive statistics was used for the number of fruits per raceme (FR), weight and size of the seeds and crop yield. H and PB were higher for S1 and S2; nevertheless, higher NR was obtained with S3, and this last one did not differ regarding FP ( $p < 0,05$ ) from the control (S1). There was high and positive correlation ( $r = 0,84$ ) between H and PB, but they were not correlated with NR. In S3, the yield of the associated crops was 1,023; 4,281 and 0,320 t/ha for beans, sweet potato and sesame, respectively. It is concluded that when using 1 000 plants/ha in association systems, adequate yields and diversity of plant species can be obtained.

Keywords: spacing, yield, cultivation systems

**Introducción**

Entre los cultivos más utilizados para la producción de biodiesel, *Jatropha curcas* representa una opción, debido a que sus semillas no son comestibles. Se caracteriza por ser un arbusto de rápido crecimiento, que puede alcanzar más de un metro y medio de altura en condiciones especiales. Los frutos son del tipo cápsula ovoide, con tres lóculos, y cada uno de ellos contiene una semilla.

Estos representan entre el 53 y 79 % del peso del fruto, y poseen un contenido de aceite entre 33 y 38 % (Rucoba *et al.*, 2013).

La producción de semilla por planta varía en dependencia del manejo del cultivo. Así, en Brasil se reporta un potencial de producción de 2,3 t de semilla/ha en condiciones áridas, sin riego y en cultivo intensivo; mientras que, con buena disponibili-

dad de agua, se pueden alcanzar alrededor de 5 t/ha (González *et al.*, 2015; Rade *et al.*, 2017).

En Cuba, se ha demostrado que *J. curcas* puede ser cultivada en todo el país (Machado y Suárez, 2009); sin embargo, se ha estudiado poco su potencial de producción de frutos, por lo que se carece de información sobre su tecnología para incorporarla en las cadenas productivas.

Algunas investigaciones señalan que el manejo adecuado de las podas, el suministro de nutrientes y de agua y el marco de siembra pueden hacer variar el rendimiento en frutos, que son el objetivo fundamental para obtener altas producciones de aceite (Folegatti *et al.*, 2013). Con respecto al marco de siembra, este estará en dependencia del fin que se persiga. Por ejemplo, Moreno (2014) utilizó distancias de 2 x 2 m o 3 x 3 m en cultivos puros, para obtener altas producciones. Córdova *et al.* (2015) recomiendan distancias de 4 o 6 metros entre surcos y 2,5 m entre plantas si el propósito es hacer un uso más amplio de la tierra, de manera que se pueden aprovechar los espacios entre surcos para intercalar cultivos alimenticios.

Es importante tener en cuenta el uso adecuado de los sistemas de cultivo de *J. curcas*, ya que la planta es capaz de crecer en suelos marginales, restaurar áreas erosionadas y proteger a otros cultivos alimenticios o comerciales valiosos (García *et al.*, 2017).

Varias investigaciones realizadas en el oriente de Cuba por Sotolongo *et al.* (2012) demostraron que *J. curcas* puede asociarse con más de veinte cultivos alimenticios sin afectar los rendimientos de estos últimos, los cuales resultaron similares a los obtenidos con sistemas de monocultivo. Además, si se tiene en cuenta que con el intercalamiento de la arbórea se obtienen producciones de frutos que pueden ser utilizados para obtener biodiesel, coproductos de alto valor para la alimentación animal, abonos y materias primas para otras industrias locales, se puede estimar un beneficio mayor y un mejor aprovechamiento del espacio.

Teniendo en cuenta dichos elementos, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de la densidad de siembra en los caracteres morfoproductivos de *J. curcas* intercalada con cultivos alimenticios.

## Materiales y Métodos

**Ubicación del área experimental.** El estudio se realizó en la finca integrada de producción de alimento y energía de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (EPPFIH), situada

entre los 22° 48' 7" de latitud norte y los 81° 2' de longitud oeste, a 19,01 msnm, en el municipio de Perico –provincia de Matanzas, Cuba.

**Características del suelo y siembra.** Para el experimento se utilizaron semillas de la procedencia Cabo Verde de *J. curcas*. La siembra se realizó directamente en el campo, en julio de 2014, en un suelo Ferralítico Rojo (Hernández-Jiménez *et al.*, 2015).

**Diseño y tratamientos.** El diseño fue completamente aleatorizado, con cuatro tratamientos. Cada planta constituyó una réplica y fueron evaluadas 20 plantas por cada tratamiento, que se describen a continuación:

- Sistema 1: (testigo): *J. curcas* en cultivo puro, sembrada a 2,5 m entre surcos y 2,0 m entre plantas (2 000 plantas/ha).
- Sistema 2: 50 % del área con cultivo puro de *J. curcas*, sembrada a 2,5 m entre surcos y 2,0 m entre plantas, y 50 % del área sembrada solo de cultivos anuales en rotación (2 000 plantas/ha).
- Sistema 3: *J. curcas* intercalada con cultivos anuales en rotación, sembrada a 5,0 m entre surcos y 2,0 m entre plantas (1 000 plantas/ha).
- Sistema 4: área sembrada solo de cultivos anuales en rotación (testigo).

El factor en estudio fue la densidad de siembra (1 000 y 2 000 plantas/ha). Los sistemas 1 y 4 fueron los testigos, ya que se sembraron cultivos puros de *J. curcas* y cultivos anuales en rotación, respectivamente, y sirvieron para comparar las variables en estudio en cada caso.

Los cultivos en rotación fueron: frijol (*Phaseolus vulgaris*), boniato (*Ipomea batata*) y maní (*Sesamun indicum*), que fueron sembrados en épocas diferentes teniendo en cuenta las exigencias climáticas de cada uno.

Se realizaron además estudios de suelo, a dos profundidades: 0-15 y 15-30 cm (Anderson y Ingram, 1993), en cinco puntos diferentes del área de estudio, para determinar el contenido de nitrato (método de diazotización), nitrato (método de reducción de cadmio), azufre (método de cloruro), hierro (método biperidil), nitrógeno amoniacal (método nesslerización), potasio (método tetrafinilbora) y fósforo (método de reducción de ácido ascórbico). Todos los análisis fueron realizados en el laboratorio portátil de suelos (SMART3 Soil 1.11) de la EPPFIH. En la tabla 1 se muestran los resultados para cada profundidad. Según LaMotte (2012), el suelo se clasifica como de baja fertilidad.

Tabla 1. Resultados de los análisis de suelo en el área

Profundidad (cm)	Nitrito	Nitrato	Nitrógeno amoniacal	(kg/ha)			
				Azufre	Potasio	Fósforo	Hierro
0-15	6,17	30,27	42,04	0,60	95,29	1,76	0
Nivel en el suelo	Medio- alto	Medio	Medio	Bajo	Medio	Bajo	Muy bajo
15-30	9,53	13,45	124,43	627,03	50,45	2,15	0,70
Nivel en el suelo	Medio-alto	Medio	Alto	Muy alto	Bajo	Bajo	Muy bajo

Las variables morfológicas fueron estudiadas durante el establecimiento. Cuando las plantas se consideraron establecidas, después de haber alcanzado más de 2,5 m de altura (a los 12 meses posteriores a la siembra), se realizó una poda homogénea a toda la plantación, a 40 cm sobre la base del suelo, para que se desarrollaran varias ramas productivas; y, al comenzar la fructificación de estas, se midieron las variables productivas (enero-marzo y agosto-octubre); en ambas variables se empleó lo recomendado por Campuzano (2009).

#### Variabes morfológicas

- Altura de la planta. Se midió desde la base de la planta hasta el ápice del tallo principal, con una regla graduada, mensualmente, hasta los 12 meses posteriores a la siembra.
- Número de ramas primarias por planta. Se consideraron como ramas primarias las que se encontraban insertadas en el tallo principal. Las mediciones comenzaron a partir del quinto mes de la siembra, cuando las plantas iniciaron su desarrollo, y terminaron cuando se consideró culminada esta etapa, a los 12 meses.
- Grosor del tallo en la base. Se midió con una cinta métrica, a una altura de 10 cm a partir de la superficie del suelo, cuando se consideró la plantación establecida.
- Grosor de las ramas primarias. Se midió con una cinta métrica, justamente a los 10 cm a partir del tallo principal.

#### Variabes productivas

- Número de racimos por planta (NR). Se contó el número de racimos por planta cuando se consideró terminada la fructificación.
- Número de frutos por racimo (FR). Se contó el número de frutos por racimo, en dos racimos por planta.
- Frutos cosechados (FC). Se sumaron los frutos que se recogían por planta en cada cosecha.

- Peso de las semillas, g (PS). Se cuantificó, con una balanza, el peso de 100 semillas.
- Largo y ancho de las semillas.

Las normas para la siembra y el establecimiento de las leguminosas fueron similares. Para el frijol y el maní se utilizó una distancia de siembra de 70 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, por lo que entre dos surcos de *J. curcas* quedaron cinco surcos del cultivo en rotación, separados de la arbórea a 120 cm por cada lado, para un total de 540 plantas por parcela, 2 160 por tratamiento; ello representó una densidad de 168 750 plantas/ha. Se muestrearon 10 plantas por parcela, es decir, 40 plantas por tratamiento; y se tuvo en cuenta que se encontrarían dentro del área neta definida para el cultivo de *J. curcas*.

Para la plantación de *I. batata* se utilizaron esquejes de 25 a 30 cm de longitud, los cuales se colocaron a 30 cm de distancia cada uno, para una densidad de 500 000 esquejes/ha. Dicha plantación se realizó con el suelo húmedo, garantizando que quedaran enterradas las dos terceras partes del bejuco a una profundidad de 7-10 cm y colocándolo lo más horizontal posible en relación con el cantero (INIVIT, 2007).

Para cada cultivo se determinó el rendimiento agrícola (t/ha), según la metodología propuesta por IPGRI (2001) y Huamán (1991) para las leguminosas y el tubérculo, respectivamente.

*Análisis estadístico.* Se utilizó un ANOVA de clasificación simple, después de verificar que se cumpliera con los supuestos de homogeneidad de varianza y distribución normal. Las medias fueron comparadas por el test de Duncan, para un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ . Para las variables número de frutos por racimo, peso de las semillas y dimensiones de estas, se describieron los indicadores mínimos y máximos, sobre la base de los estadísticos descriptivos. Además, se utilizó el análisis de correlación para conocer la interrelación entre

las variables altura de la planta, número de ramas primarias y cantidad de racimos por planta. El rendimiento de los cultivos asociados se comparó descriptivamente según los tratamientos evaluados. Para todo el procesamiento se usó el paquete estadístico Infostat, versión 1.1.

## Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra la altura media de las plantas, según la densidad de siembra empleada. A medida que se incrementó la densidad de plantas por hectárea, aumentó la altura del tallo durante todo el periodo de evaluación, con diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) del tratamiento con menor densidad.

Estos resultados pueden estar relacionados con el efecto de la sombra entre las plantas sembradas a mayor densidad de plantación, lo cual incrementa la concentración de auxinas, al reducirse la luminosidad que incide sobre estos tejidos, y provoca un alargamiento celular; ello se debe a que, en condiciones de sombra, el ácido indolacético se incrementa y actúa sinérgicamente con las giberelinas (Raposo *et al.*, 2014).

Bharti *et al.* (2016) señalaron que el incremento en la densidad de población de diversos cultivos hace que aumente la altura de las plantas desde los 30 hasta los 75 días posteriores a la plantación. Además, a criterio de estos autores, las plantas establecidas a menor densidad de plantación crecen aproximadamente 31 % menos que las establecidas a mayor densidad.

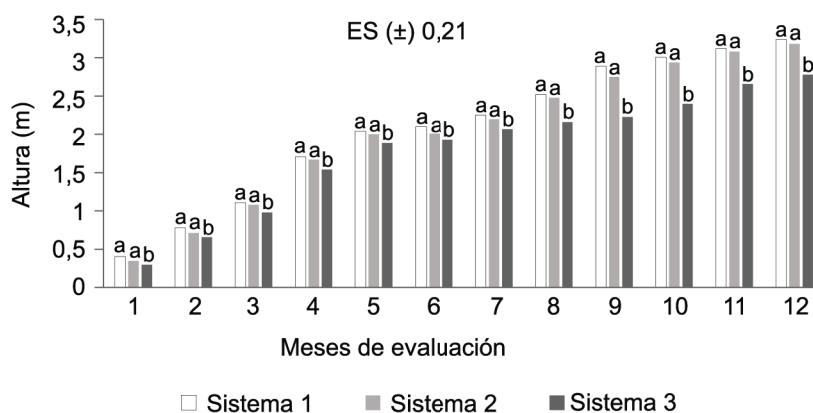
Las plantas de *J. curcas*, después de transcurridos 12 meses, alcanzaron una altura media superior a 3 m. Al respecto, Iguarán *et al.* (2017) describieron

la especie como una arbórea capaz de alcanzar entre 3 y 5 m o más en pleno desarrollo (cinco años), momento en el que también otros caracteres morfológicos y productivos pueden llegar a su más alto grado de expresión cuantitativa.

El número de ramas primarias que se desarrollaron en cada tratamiento por efecto de la densidad de siembra se muestra en la figura 2. Hubo diferencias significativas entre las densidades ( $p < 0,05$ ), y el mayor valor se halló con 2 000 plantas/ha. El sistema 2 no difirió del testigo (sistema 1) en ninguna de las observaciones, y ambos llegaron a alcanzar nueve ramas primarias al culminar el período de establecimiento.

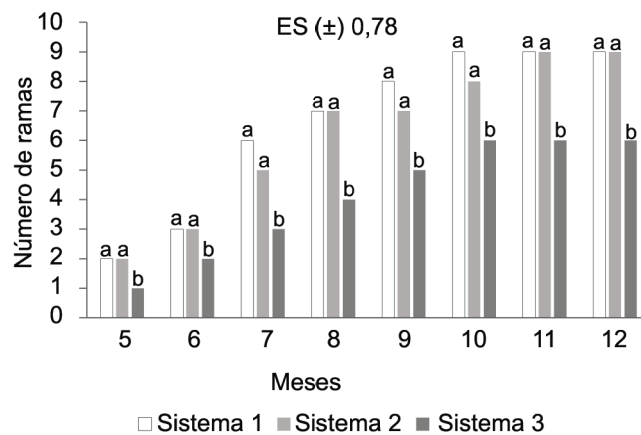
En *J. curcas*, la cantidad de ramas primarias que la planta desarrolla es una variable muy importante para la producción del cultivo, ya que las inflorescencias se forman en los extremos terminales de las ramas (Kumar *et al.*, 2016); si se tiene en cuenta que de cada rama primaria deben originarse otras secundarias y terciarias, ello conllevaría proporcionalmente a la mayor formación de racimos de frutos por planta en aquellas que desarrollen más ramas primarias.

Machado (2011), al caracterizar morfológica y productivamente una colección de *J. curcas*, informó que las ramas primarias se desarrollaron en un rango entre 2 y 10. Además, señaló que algunas procedencias no emitieron ramas secundarias y/o terciarias durante el periodo de evaluación; sin embargo, el crecimiento de estas fue tardío. En este estudio no se evaluaron las ramas de segundo y tercer orden, ya que se estableció, como manejo agronómico de la plantación, realizar una poda transcurrido un año después de la siembra para in-



a, b: letras diferentes indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ .

Figura 1. Efecto de la densidad de siembra en la altura (m) de *J. curcas*.



a, b: letras diferentes indican diferencias significativas a  $p < 0,05$ .

Figura 2. Efecto de la densidad de siembra en el número de ramas primarias desarrolladas en *J. curcas*.

ducir la producción de más ramas (Córdova-Mendoza, 2017).

Las medias de grosor del tallo variaron entre 5,06 y 5,54 cm para 2 000 y 1 000 plantas/ha, respectivamente. En cuanto al grosor de las ramas primarias, los valores no superaron los 2 cm. No hubo diferencias significativas entre los tratamientos para ninguna de las variables (tabla 2).

Machado (2011) reportó medias para el grosor del tallo entre 3,4 y 8,4 cm, y para las ramas primarias entre 1,6 y 4,1 cm. El autor afirma que ello es una característica varietal, que además puede variar si influyen otros factores en el desarrollo, como la densidad de siembra.

Sin embargo, en este estudio la ausencia de diferencias significativas entre las densidades se puede atribuir al poco tiempo de establecimiento de las plantas en el momento de la evaluación; por tanto, estas no tuvieron el tiempo suficiente para expresar diferencias en el grosor del tallo, ya que durante el primer año después de la siembra priorizaron su crecimiento y para ello emplearon toda la reserva, lo cual se manifestó notablemente a través de la al-

tura que alcanzaron. Es probable que este aspecto se comporte de manera diferente al transcurrir el tiempo de explotación (Campuzano *et al.*, 2016).

En la tabla 3 se muestran las características productivas de *J. curcas* por efecto de la densidad de siembra. El sistema 3 (1 000 plantas/ha) presentó más racimos, y difirió de la densidad mayor en los sistemas 1 y 2 ( $p < 0,05$ ).

Tal efecto pudo estar dado por la acumulación de reservas en la planta, ya que al desarrollar menor altura y menos ramas primarias la distribución de los compuestos necesarios para los procesos de floración y fructificación resultan beneficiados (Avilán *et al.*, 2003). Tales argumentos pudieron ser verificados a través de los análisis de correlación.

En el sistema 3 se obtuvieron más frutos por racimo, entre 1 y 12, valores numéricamente diferentes a los del resto de los tratamientos, incluso mayores a los del testigo (tabla 3). Dicho aspecto es importante, si se tiene en cuenta que en este tratamiento la distancia de siembra fue de 5 x 2 m y que se asociaron cultivos anuales a *J. curcas*; en tal sentido,

Tabla 2. Efecto de la densidad de siembra en el grosor del tallo y de las ramas primarias en *J. curcas*.

Densidad de siembra (plantas/ha)	Sistema	Grosor del tallo en la base (cm)	Grosor de las ramas primarias (cm)
2 000	1	5,26	1,16
2 000	2	5,06	1,93
1 000	3	5,54	2,00
ES ±		0,84	0,06



Tabla 3. Efecto de la distancia de siembra en la producción de *J. curcas*.

Evaluación	Cantidad de racimos promedio por planta				Números de ramas por racimos			Productividad total <sup>1</sup>			
					Mínimo-máximo						
					Sistema						
	1	2	3	ES ±	1	2	3	1	2	3	ES ±
1	6 <sup>b</sup>	2 <sup>c</sup>	8 <sup>a</sup>	0,7*	1-8	1-6	1-12	546 <sup>a</sup>	20 <sup>c</sup>	314 <sup>b</sup>	10,2*
2	-	-	-	-	-	-	-	66 <sup>b</sup>	36 <sup>c</sup>	195 <sup>a</sup>	6,1*
3	-	-	-	-	-	-	-	140 <sup>b</sup>	55 <sup>c</sup>	180 <sup>a</sup>	8,3*
4	-	-	-	-	-	-	-	30 <sup>b</sup>	10 <sup>c</sup>	68 <sup>a</sup>	4,2*
Total de frutos cosechados								782 <sup>a</sup>	121 <sup>b</sup>	757 <sup>a</sup>	26,5*

<sup>1</sup> Frutos cosechados por sistema.

a, b, c Valores con superíndices no comunes difieren a  $P < 0,05$ , \*  $P < 0,05$

será posible incrementar la producción de frutos de la arbórea y hacer un mejor aprovechamiento del área, con la obtención de alimentos adicionales (Moreno, 2014).

Hubo diferencias significativas en la cantidad de frutos cosechados, según la densidad de siembra; en cada evaluación se notó un comportamiento diferente para esta variable (tabla 3). Inicialmente, el testigo difirió significativamente de los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ), con un total de 546 frutos; pero al realizar las posteriores cosechas, fue posible coleccionar mayor cantidad en el sistema 3.

Sin embargo, al sumar los frutos totales cosechados no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas 1 y 3. Estos resultados constituyen los primeros obtenidos en el tema, acerca del que no se halló bibliografía, por lo que resulta difícil comparar con otras investigaciones. Además, a pesar que *J. curcas* es reconocida como una planta con alta variabilidad ante diferentes ambientes, estos estudios servirán de base para proyecciones futuras, a partir de las densidades de plantas a utilizar por hectárea y el empleo de sistemas de asociación, ya que los resultados sugieren que sembrar *J. curcas* a 5 x 2 m propicia rendimientos similares que cuando es sembrada a 2,5 x 2,0 m y además se producen otros alimentos.

Como se muestra en la tabla 4, existió una correlación ( $p < 0,05$ ) alta y positiva ( $r = 0,84$ ) entre la altura y el desarrollo de ramas primarias. Sin embargo, estas variables no estuvieron correlacionadas con la cantidad de racimos por planta, ya que se hallaron bajos coeficientes ( $r = 0,24$  y  $0,46$ , respectivamente).

A pesar de la ausencia de bibliografía sobre estos temas para *J. curcas*, se han constatado comportamientos diferentes en otras arbóreas. En tal

Tabla 4. Matriz de correlaciones de las variables morfoproductivas

Indicador	Altura	RP	CRP
Altura	-		
RP	0,84*	-	
CRP	0,24	0,46	-

RP: ramas primarias, CRP: cantidad de racimos por planta.

\*La correlación es significativa al nivel de 0,05.

sentido, Wencomo (2008) describió una correlación alta y positiva entre el rendimiento, la altura y el número de ramas en *Leucaena* spp.

Estos resultados corroboran los de Machado (2011), quien evaluó 18 procedencias y obtuvo un rendimiento de frutos entre 0 y 559, rango que se considera normal, pues según señalan Díaz-Hernández *et al.* (2013), en los primeros años se esperan bajas producciones.

El peso de 100 semillas y las dimensiones, según el efecto de la densidad de plantación, se aprecian en la tabla 5. Los valores numéricos fueron similares en cada tratamiento, lo que pudo estar dado porque en todos los casos se utilizó la procedencia Cabo Verde, ya que en un estudio realizado por Brunet (2012) se hallaron diferencias marcadas en estos indicadores debido a la procedencia evaluada. Otro aspecto importante en dicho estudio fue que Cabo Verde se ubicó entre las más destacadas, lo que favoreció que posteriormente se obtuvieran rendimientos significativos que difirieron de los del resto de las accesiones.

La respuesta productiva (tabla 6), en todos los casos, fue numéricamente superior para el sistema 4 (cultivo anual, testigo), con rendimiento de 1,9 t/ha; sin embargo, este valor fue similar al del sistema 3

Tabla 5. Efecto de la distancia de siembra en el peso y la dimensión de la semilla.

Densidad de siembra (plantas/ha)	Sistema	Peso de 100 semillas (g)	Largo de las semillas (cm)	Ancho de las semillas (cm)
2 000	1	104,24	1,09	1,09
2 000	2	100,85	1,15	1,15
1 000	3	103,64	1,14	1,14

(1,0 t/ha). Estos se asemejan a los valores medios reportados para las condiciones de Cuba. Al respecto, Fé-Montenegro *et al.* (2016) informaron rendimientos anuales de 0,6 t/ha para el sector estatal y de 1,1 t/ha para el no estatal.

Tabla 6. Rendimiento de los cultivos asociados durante el período evaluado.

Cultivo	Rendimiento (t/ha)		
	Sistema		
	2	3	4
<i>P. vulgaris</i>	0,9	1,0	1,9
<i>I. batata</i>	3,7	4,2	6,9
<i>S. indicum</i>	0,2	0,3	0,8

Cuando se intercaló *I. batata* entre los surcos de *J. curcas* (sistema 3), se obtuvo 4,2 t/ha del tubérculo, aunque al ser comparado con el testigo (sistema 4) hubo 2,7 t/ha de diferencia. No obstante, Sotolongo *et al.* (2012) señalaron que al asociar cultivos alimenticios con *J. curcas*, los rendimientos de estos disminuyen en un 30 % respecto a si son sembrados en monocultivo, como fue corroborado en este estudio. A pesar de ello, las pérdidas no son significativas, si se tiene en cuenta la producción adicional de la arbustiva, ya que sus frutos pueden ser utilizados en la producción de biodiesel y otros subproductos.

Los rendimientos de *S. indicum* fueron considerados bajos para el sistema 2 (0,2 t/ha) y medios para el 3 (0,3 t/ha); ambos, cuando se compararon con el sistema 4, resultaron numéricamente inferiores. Estos rendimientos estuvieron por debajo del rango informado por MAG (1991).

Es importante señalar que estos son resultados preliminares del primer año de producción de *J. curcas*, en el que se evaluaron diferentes marcos de siembra y se consideró asociar cultivos anuales, por ser una opción tecnológica en regiones tropicales, presentar ciertas ventajas por su diversificación en tiempo y espacio, así como permitir una mayor agrobiodiversidad y distribución de recursos eco-

nómicos y una mayor tolerancia a plagas y enfermedades (Edrisi *et al.*, 2015).

Además, según Solís *et al.* (2015), el rendimiento de una especie es menor cuando está asociada que si se encuentra en monocultivo. No obstante, los policultivos presentan mayor estabilidad de producción y menor riesgo a través de los años que el monocultivo; y para el caso particular de *J. curcas*, en Cuba existe un «vacío de conocimiento» sobre el desempeño agronómico de sistemas de producción de esta especie en asociación con otros cultivos.

Se concluye que al utilizar 1 000 plantas/ha de *J. curcas* intercalada con cultivos anuales en rotación, como *P. vulgaris*, *I. batata* y *S. indicum*, no se afectaron los caracteres morfológicos, ni los rendimientos de la arbórea ni de las plantas asociadas. De esta forma, se realiza un mejor aprovechamiento del suelo, el espacio y el tiempo; y se obtiene diversidad de especies vegetales.

Asimismo, se recomienda continuar dichos estudios a largo plazo, así como evaluar la incidencia de otros factores agronómicos en *J. curcas*, teniendo en cuenta los sistemas de asociación con cultivos anuales alimenticios.

## Referencias bibliográficas

- Anderson, J. M. & Ingram, J., Eds. *Tropical soil biology and fertility. A handbook of methods*. 2nd ed. Wallingford, UK: CAB International, 1993.
- Avilán, L.; Azkue, M.; Soto, E.; Rodríguez, M.; Ruiz, J. & Escalante, H. Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de la floración en mango. *Rev. Fac. Agron (LUZ)*. 20 (4):430-442, 2003.
- Bharti, Archana, Vidyasagar, M. & Aranganathan, V. Relative efficacy of phytohormones in promoting fruit yield on *Jatropha curcas* for biodiesel production. *Int. J. Adv. Lif. Sci.* 9 (4):445-452, 2016.
- Brunet, J. *Caracterización de procedencias de Jatropha curcas L. en la EEPF Indio Hatuey*. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas, 2012.
- Campuzano, L. F. Perspectivas de la investigación de *Jatropha curcas L.* en Colombia. Parte I. Com-

- ponente genético. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín*. 62 (3):51-63, 2009.
- Campuzano, L. F.; Ríos, L. A. & Cardeño, F. Caracterización composicional del fruto de 15 variedades de *Jatropha curcas* L. en el departamento del Tolima, Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 17 (3):379-390, 2016.
- Córdova-Mendoza, Eyka S. *Efecto de tres dosis de 6-Benciladenina en el incremento de la floración de piñón blanco (Jatropha curcas L.)-Juan Guerra-San Martín-Perú*. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín, 2017.
- Córdova, L.; Zavala, J. T.; Bautista, E.; Martínez, María del R. & Hernández, Nancy Y. Producción de semillas de *Jatropha curcas*, L.: elementos clave. En: F. J. Osuna-Canizalez, C. J. Atkinson, J. M. P. Vázquez-Alvarado, E. J. Barrios-Gómez., M. Hernández-Arenas, S. E. Rangel-Estrada y E. Cruz-Cruz, comps. *Estado del arte en la ciencia y tecnología para la producción y procesamiento de jatropha no tóxica*. Publicación Especial No. 60. Morelos, México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Zacatepec. p. 39-46, 2015.
- Díaz-Hernández, Brenda G.; Aguirre-Medina, J. F. & Díaz-Fuentes, V. H. Rendimiento de *Jatropha curcas* L. inoculada con micorriza y aplicación de composta de caña. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 4 (4):599-610, 2013.
- Edrisi, S. A.; Dubey, R. K.; Tripathi, V.; Bakshi, Mansi; Srivastava, P.; Jamil, Sarah et al. *Jatropha curcas* L.: A crucified plant waiting for resurgence. *Renew. Sust. Energ. Rev.* 45:855-862, 2015.
- Fé-Montenegro, C. F. de la; Lamz-Piedra, A.; Cárdenas-Travieso, Regla & Hernández-Pérez, J. Respuesta agronómica de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de reciente introducción en Cuba. *Cultivos Tropicales*. 37 (2):102-107, 2016.
- Folegatti, M.; Alves, Patricia; Ferreira, Thais M.; Almeida, C.; Flumignan, D.; Valentim, A. et al. *Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do pinhão-manso a partir do terceiro ano de cultivo e em função de diferentes tipos de poda. Projeto de pesquisa*. São Paulo, Brasil: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.
- García, Florencia; García, E.; Pérez, A. & Ruiz, O. Contenido de aceite en accesos de *Jatropha curcas* L. no tóxica en Veracruz, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8 (3):635-648, 2017.
- González, R.; Juárez, J. R.; Aceves, L. A.; Rivera, B. & Guerrero, A. Zonificación edafoclimática para el cultivo de *Jatropha curcas* L., en Tabasco, México. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía*. 86:25-37, 2015.
- Hernández-Jiménez, A.; Pérez-Jiménez, J. M.; Bosch-Infante, D. & Castro-Speck, N. *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de Suelos, Ediciones INCA, 2015.
- Huamán, Z., Ed. *Descriptors for sweet potato*. Rome: International Board for Plant Genetic Resources, 1991.
- Iguarán, C.; Cabrales, R. & Marrugo, J. L. Evaluación agronómica de la calidad del aceite de *Jatropha curcas* en Córdoba. *Memorias III Seminario Internacional de Ciencias Ambientales SUE-Caribe*. Barranquilla, Colombia: Sistema Universitario Estatal del Caribe. p. 217-220, 2017.
- INIVIT. *Instructivo técnico del cultivo del Ipomea batata*. Villa Clara, Cuba: Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales, 2007.
- IPGRI. *Descriptores para Phaseolus vulgaris*. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2001.
- Kumar, A.; Patil, N. S.; Kumar, R. & Mandal, D. Irrigation scheduling and fertilization improves production potential of *Jatropha (Jatropha curcas L.)*. A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6 (5):1703-1716, 2016.
- LaMotte. *Smart3 Soil. Operator's manual*. Chestertown, USA: LaMotte. <http://www.lamotte.com/images/pdf/instructions/1985-05-MN.pdf>. [15/12/2017], 2012.
- Machado, R. Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L. *Pastos y Forrajes*. 34 (3):267-279, 2011.
- Machado, R. & Suárez, J. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF Indio Hatuey. *Pastos y Forrajes*. 32 (1):29-37, 2009.
- MAG. *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1991.
- Moreno, J. G. F. *Experiencias en el manejo del cultivo de jatropha bajo condiciones de riego y temporal en el norte de Sinaloa*. Sinaloa, México: Fundación Produce Sinaloa. <https://www.google.com/cu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwimw5WN8LLaAhWPt-1MKHRtvBjcQFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.fps.org.mx%2Fportal%2Findex.php%2Fcomponent%2Fphocadownload%2Fcategory%2F35-otros%3Fdownload%3D166%3Aexperiencias-en-el-manejo-del-cultivo-de-jatropha-bajo-condiciones-de-riego-y-temporal-en-el-norte-de-sinaloa&usg=AOvVaw1xIir-7m2h5QRgVv44mEawZ>. [10/05/2017], 2014.
- Rade, Diana Y.; Cañadas, A.; Zambrano, C.; Molina, C.; Ormaza, Alexandra & Wehenkel, C. Viabi-



- lidad económica y financiera de sistemas silvopastoriles con *Jatropha curcas* L. en Manabí, Ecuador. *Revista MVZ Córdoba*. 22 (3):6241-6255, 2017.
- Raposo, R. S.; Souza, I. G.; Veloso, M. E.; Kobayashi, A. K.; Laviola, B. G. & Diniz, F. M. Development of novel simple sequence repeat markers from a genomic sequence survey database and their application for diversity assessment in *Jatropha curcas* germplasm from Guatemala. *Genet. Mol. Res.* 13 (3):6099-6106, 2014.
- Rucoba, A.; Munguía, A. & Sarmiento, F. Entre la jatropha y la pobreza: reflexiones sobre la producción de agrocombustibles en tierras de temporal en Yucatán. *Estudios Sociales. Hermosillo, Son.* 21 (41):115-141, 2013.
- Solís, J. L.; Pecina, V.; Reyes, A. L.; Martínez, B. B.; Zamarripa, A.; López, L. J. *et al.* Comportamiento agronómico, energético y emisiones de gases de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.). En: F. J. Osuna, comp. *Estado del arte en la ciencia y tecnología para la producción y procesamiento de Jatropha no tóxica*. Morelos, México: INIFAP. p. 39-46, 2015.
- Sotolongo, J. A.; Suárez, J.; Martín, G. J.; Toral, Odalys & Reyes, F. Producción integrada de biodiesel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. *Memorias II Convención Agrodesarrollo 2012*. Matanzas, Cuba: EEPF Indio Hatuey. p. 476-481, 2012.
- Wencomo, Hilda. *Evaluación morfoagronómica e isoenzimática y selección de accesiones de Leucaena spp. con fines silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Mayabeque, Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2008.

Recibido el 23 de junio del 2017

Aceptado el 2 de febrero del 2018