

Caracterización morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas* L.

Morphological and productive characterization of *Jatropha curcas* L. provenances

R. Machado

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: rmachado@indio.atenas.inf.cu

Resumen

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la variabilidad morfológica y productiva de procedencias de *Jatropha curcas*. Para ello se midió o estimó: la altura; el grosor de las ramas primarias y del tallo; la altura de la primera rama; las enfermedades; el número de ramas primarias, secundarias y terciarias; el número y el peso de los frutos; el rendimiento de semillas; el peso de 100 semillas; las dimensiones de la semilla y el contenido de aceite. Para interpretar los resultados se utilizó ACP y análisis de conglomerados. La altura fue el indicador más variable, seguido por el grosor de las ramas primarias, el número de ramas secundarias y primarias, y el grosor del tallo, los cuales explicaron el 57,7% de la variabilidad. Sobre la base de estos indicadores se formaron seis grupos. Los valores extremos superiores, en todos los indicadores morfológicos, se encontraron en el grupo I (SSCS-3), y los inferiores en el grupo IV (SSCS-7 y SSCS-6). Solo seis de las diez procedencias sembradas produjeron frutos; mientras que las plantadas lo hicieron en todos los casos. De las sembradas sobresalieron: San Miguel, D-1 y SSCS-3, con rendimientos estimados de 2 325; 243 y 169 kg de semilla/ha; y de las plantadas: Cabo Verde, SSCE-10 y SSCE-7 con 814; 327 y 93,2 kg de semilla/ha, respectivamente. En la SSCE-10 y en la Cabo Verde el porcentaje de aceite alcanzó un 32,8 y 35,0%, respectivamente. Los resultados permitieron identificar las procedencias sobresalientes, tanto en los indicadores morfológicos (SSCS-3) como en los productivos (Cabo Verde, SSCE-10 y San Miguel).

Palabras clave: Caracterización, *Jatropha curcas* L., procedencia

Abstract

The objective of this work was to characterize the morphological and productive variability of *Jatropha curcas* provenances. For that purpose the following indicators were measured or estimated: height; diameter of primary branches and stem; height of the first branch; diseases; number of primary, secondary and tertiary branches; fruit number and weight; seed yield; weight of 100 seeds; seed size and oil content. In order to interpret the results PCA and cluster analysis were used. Height was the most variable indicator, followed by diameter of primary branches, number of secondary and primary branches and stem diameter, which accounted for 57,7% of the variability. Based on these indicators six groups were formed. The highest values, in all morphological indicators, were found in group I (SSCS-3), and the lowest ones in group IV (SSCS-7 and SSCS-6). Only six from the ten seeded provenances produced fruits; while the planted ones did it in all cases. Among the seeded ones the following stood out: San Miguel, D-1 and SSCS-3, with estimated yields of 2 325; 243 and 169 kg of seed/ha; and in the planted ones: Cabo Verde, SSCE-10 and SSCE-7 with 814; 327 and 93,2 kg of seed/ha, respectively. In SSCE-10 and Cabo Verde the oil percentage reached 32,8 and 35,0%, respectively. The results allowed identifying the outstanding provenances, in the morphological (SSCS-3) as well as the productive indicators (Cabo Verde, SSCE-10 and San Miguel).

Key words: Characterization, *Jatropha curcas* L., provenance

Introducción

La caracterización del germoplasma de cualquier cultivo es un procedimiento que normalmente se utiliza para describir los caracteres morfológicos, fenológicos y productivos que identifican a las especies o accesiones; así como para verificar el grado de variación que poseen las colecciones de materiales útiles, pero potencialmente diferentes, representados por una mayor o menor cantidad de individuos.

Olivera *et al.* (2009) plantearon que la caracterización morfológica y la agronómica son actividades complementarias que consisten en describir los atributos de las accesiones y, con ello, determinar su utilidad; pero a la vez permite identificar los tipos promisorios para los procesos de selección, mejoramiento genético u otros fines (Bonilla *et al.*, 2008).

Para llevar a cabo el proceso de caracterización se utilizan descriptores reconocidos. Cuando la diversidad genética entre especies y dentro de las especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos suministran información con la que se puede evitar la duplicación del mismo material y minimizar las sobreestimaciones de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

En el caso particular de *Jatropha curcas*, se han utilizado descriptores cualitativos como el color de las hojas, la pigmentación del pecíolo y el inicio de la floración, entre otros; sin embargo, sobresalen por su número e importancia práctica los de origen cuantitativo, tales como: los días a la emergencia, la altura de la planta, el número de ramas, el número de frutos por planta, el número de racimos por rama, el número de frutos por racimo y por árbol, el tamaño de las semillas y su porcentaje de aceite, el rendimiento de semilla por planta y por unidad de área, y la incidencia de insectos plaga y de enfermedades (Mendoza, 2008); estos son convenientemente analizados sobre la base de análisis estadísticos descriptivos (Flores *et al.*, 2009) o mediante las técnicas multivariadas (Wencomo *et al.*, 2003; Machado y Olivera, 2008), lo que facilita diferenciar las accesiones y el conocimiento de su valor agronómico (Campusano, 2009).

Introduction

The germplasm characterization of any crop is a procedure that is normally used to describe the morphological, phenological and productive traits that identify the species or accessions; as well as to verify the variation degree of the collections of useful, but potentially different, materials represented by a higher or lower quantity of individuals.

Olivera *et al.* (2009) stated that the morphological and agronomic characterizations are complementary activities which consist in describing the attributes of the accessions and, with that, determining their usefulness; but in turn it allows identifying the promising types for the selection, breeding processes or other purposes (Bonilla *et al.*, 2008).

In order to carry out the characterization process known descriptors are used. When the genetic diversity among species and within the species is easily observable, the morphological descriptors provide information with which the duplication of the same material can be prevented and the overestimations of the existing diversity can be minimized (Becerra and Paredes, 2000).

In the particular case of *Jatropha curcas*, qualitative descriptors such as leaf color, petiole pigmentation and flowering onset, among others have been used; however, those of quantitative origin stand out for their number and practical importance, for example: days to emergence, plant height, number of branches, number of fruits per plant, number of racemes per branch, number of fruits per raceme and per tree, seed size and oil percentage, seed yield per plant and per area unit, and incidence of pest insects and diseases (Mendoza, 2008), which are conveniently analyzed based on descriptive statistical analyses (Flores *et al.*, 2009) or by means of multivariate techniques (Wencomo *et al.*, 2003; Machado and Olivera, 2008); which facilitates differentiating the accessions and the knowledge of their agronomic value (Campusano, 2009).

The objective of this work was to characterize the morphological and productive variability of a *J. curcas* collection, and identify the most

El objetivo de este trabajo fue caracterizar la variabilidad morfológica y productiva de una colección de *J. curcas*, e identificar los individuos más sobresalientes sobre la base de indicadores cuantitativos de interés.

Materiales y Métodos

Procedimiento. La caracterización morfológica y productiva de las procedencias de *J. curcas* se realizó en el banco de germoplasma de oleaginosas establecido en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" el 18 de junio de 2009, conforme a lo indicado por Machado (2011).

Las procedencias, plantadas a partir de propágulos (estacas) o sembradas directamente a partir de semillas, se dispusieron en parcelas de 8 x 2 m, espaciadas a 2 m entre líneas y 2 m entre plantas, separadas por calles de 3 m en ambos sentidos.

Durante el período de desarrollo de las plantas se mantuvieron las labores fitotécnicas correspondientes, las cuales consistieron en el desyerbe manual de las parcelas y las calles, de manera tal que estas se desarrollaran plenamente y sin el perjuicio que les pueden ocasionar las especies arvenses.

La caracterización morfológica y productiva se realizó en todas las plantas que conformaron las parcelas, cuando estas alcanzaron un año de edad. Para ello se tomaron en consideración los siguientes indicadores:

Altura de la planta. Se empleó una regla graduada, desde la base de la planta hasta el ápice del tallo principal.

Grosor de la primera rama primaria. Se midió con una cinta métrica, justamente a los 10 cm a partir del tallo principal.

Grosor del tallo en la base. Este indicador se midió con una cinta métrica, a una altura de 10 cm a partir de la superficie del suelo.

Altura de la primera rama. Se determinó con una cinta métrica a partir de la superficie del suelo.

Enfermedades. Se estimó el porcentaje de enfermedades en los árboles (agarrotamiento de las hojas e infestación producida por hongos).

outstanding individuals based on quantitative indicators of interest.

Materials and Methods

Procedure. The morphological and productive characterization of the *J. curcas* provenances was conducted in the germplasm bank of oil plants established at the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey" on June 18th, 2009, according to the indications made by Machado (2011).

The provenances planted from propagules (cuttings) or directly seeded, were arranged in 8 x 2 m plots, spaced at 2 m between rows and 2 m between plants, separated by 3 m-alleys in both senses.

During the development period of the plants the corresponding agricultural works were maintained, consisting in manual weeding of the plots and alleys, so that the plants became fully developed and without the damage weeds can cause them.

The morphological and productive characterization was made in all the plants that formed the plots, when they reached one year of age. For that purpose the following indicators were taken into consideration:

Plant height. A graduated ruler was used, from the plant base to the apex of the main stem.

Diameter of the first primary branch. It was measured with a metric tape, just 10 cm away from the main stem.

Stem base diameter. This indicator was measured using a metric tape, at a height of 10 cm from the soil surface.

Height of the first branch. It was determined with a metric tape from the soil surface

Diseases. The disease percentage in the trees (leaf curl and infestation produced by fungi). For that purpose a scale of six values was used, proposed by the National Plant Health Department (2005).

Weight of 100 seeds. With the use of the analytical scale. Seed length and width were measured with a caliper.

In addition, the number of primary, secondary and tertiary branches and the number and weight of harvested fruits were counted.

Para ello se utilizó una escala de seis valores, propuesta por Sanidad Vegetal Nacional (2005).

Peso de 100 semillas. Con el uso de una balanza analítica. La longitud y el ancho de la semilla, mediante un pie de rey.

Además se contó el número de ramas primarias, el número de ramas secundarias, el número de ramas terciarias, y el número y el peso de los frutos cosechados.

Algunos de estos indicadores sirvieron para estimar la productividad de frutos por árbol; así como el rendimiento de semilla total; la productividad de semillas por árbol y el rendimiento de semilla por unidad de área.

También se adicionaron indicadores relacionados con las características físicas de los frutos y con el contenido de aceite, los cuales fueron determinados en el ICINAZ (Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras).

Las mediciones y estimaciones se hicieron en todos los árboles que conformaban cada una de las parcelas.

Análisis estadístico. Los datos de caracterización morfológica fueron procesados mediante un análisis de componentes principales, y se seleccionaron como influyentes los indicadores cuyo valor de preponderancia fuera igual o superior a 0,70. A partir del patrón de componentes principales se realizó una clasificación, en grupo, de los materiales caracterizados, mediante un análisis de conglomerados, para el cual solo se tuvo en cuenta las variables que cumplieran el requisito anterior.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestra que la variabilidad acumulada, en función de los indicadores morfológicos medidos, fue alta. La altura de las plantas fue el indicador más variable, seguido por el grosor de las ramas primarias, el número de ramas secundarias, el número de ramas primarias y el grosor del tallo en la base, los cuales explicaron la mayor parte de la variabilidad extraída en la CP_1 (57,7%). Estos caracteres morfológicos estuvieron positivamente relacionados, lo que denotó el alto grado de complementariedad existente en estos rasgos estructurales a medida que las plantas se desarrollaron.

Some of these indicators served to estimate the productivity of fruits per tree; as well as the total seed yield; seed productivity per tree and seed yield per area unit.

Indicators were also added related to the physical characteristics of the fruits and the oil content, which were determined at the ICINAZ (Cuban Institute of Sugarcane Research).

The measurements and estimations were made in all the trees that composed each plot.

Statistical analysis. The morphological characterization data were processed through a principal component analysis, and the indicators which preponderance value was equal to or higher than 0,70 were selected as influential. From the pattern of principal components a classification was made, in group, of the characterized materials, by means of a cluster analysis, for which only the variables that fulfilled the above-mentioned requisite were taken into consideration.

Results and Discussion

Table 1 shows that the accumulated variability, related to the measured morphological indicators, was high. Plant height was the most variable indicator, followed by diameter of primary branches, number of primary branches, number of primary branches and diameter of stem base, which accounted for most of the variability extracted in CP_1 (57,7%). These morphological traits were positively related, which showed the existing high complementarity degree in these structural features as plants grow.

Normally, fruit trees and other ligneous plants, as in the case of *J. curcas*, usually have a high variability degree because they are essentially heterozygous and of crossed pollination, which leads to genetic segregation in the offspring (Caso, 1992).

The existing variability regarding the height of the first branch was conveniently explained in CP_2 , which indicates that this structural characteristic was not related to the other morphological variables, in correspondence with the principles for this type of analysis (Philippeau, 1986).

Tabla 1. Variabilidad detectada (matriz de componentes).
Table 1. Detected variability (matrix of components).

Indicador	CP ₁	CP ₂
Altura de la planta	0,90	0,16
Grosor de las ramas primarias	0,88	-0,04
Número de ramas secundarias	0,85	-0,57
Número de ramas primarias	0,83	-0,39
Grosor del tallo en la base	0,77	-0,42
Número de ramas terciarias	0,60	0,65
Altura de la primera rama	-0,22	0,73
Valor propio	4,04	1,18
Porcentaje de variabilidad explicada	57,71	16,92
Porcentaje acumulado	57,71	74,63

Normalmente los frutales y otras leñosas, como es el caso de *J. curcas*, suelen poseer un alto grado de variabilidad debido a que son netamente heterocigóticas y de polinización cruzada, situación que conduce a la segregación genética en la descendencia (Caso, 1992).

La variabilidad existente en función de la altura de la primera rama fue convenientemente explicada en la CP₂, lo cual indica que este rasgo estructural no se relacionó con las restantes variables morfológicas, en correspondencia con los principios de este tipo de análisis (Philippeau, 1986).

En el caso del número de ramas terciarias la variabilidad también fue explicada, en parte, por esta componente, y resultó el indicador menos variable (junto al anterior), con solo un 16,9% de la varianza extraída en esta. Ello indica que en el primer año de vida el número de ramas terciarias no influyó decisivamente como factor morfológico variable entre estas procedencias, quizás motivado por el estrecho rango de variación existente para este indicador, en función del desarrollo que poseen las plantas a esa edad. Es conocido que *J. curcas* es una especie arbustiva capaz de alcanzar entre 3 y 5 m (Manurung, 2007) y hasta 6 m de altura o más en pleno desarrollo (cinco años o más), momento en el que las ramas terciarias y de otros órdenes pueden llegar a su más alto grado de expresión cuantitativa, junto al resto de los caracteres estructurales morfológicos y productivos.

In the case of the number of tertiary branches the variability was also explained, partly, by this component, and it turned out to be the least variable indicator (together with the above-mentioned one), with only 16,9% of the variance extracted in this component. This indicates that in the first year of life the number of tertiary branches did not decisively influence as variable morphological factor among these provenances, perhaps motivated by the narrow variation range existing for this indicator, related to the development of plants at that age. *J. curcas* is known to be a shrubby species capable of reaching between 3 and 5 m (Manurung, 2007) and up to 6 m or more in full development (five years or more), moment in which the tertiary branches and those of other types can reach their highest degree of quantitative expression, together with the rest of the morphological and productive structural traits.

Table 2 shows the width of variation ranges and the average values of morphological indicators for the seeded provenances as well as for the planted ones; the outstanding types in these indicators are also shown. In general, the seeded provenances showed higher width, but particularly higher extreme values in the outstanding types, when compared to the ones planted through cuttings, except in the number of tertiary branches. This indicates that the former behaved as more precocious types in their structural development for vegetative traits, in the first year. Such performance is in contrast with the one reported by Montes Osorio *et al.*

En la tabla 2 se presenta la amplitud de los rangos de variación y los valores medios de los indicadores morfológicos, tanto para las procedencias establecidas por siembra directa como las plantadas; así como los tipos sobresalientes en estos indicadores. En general las procedencias establecidas por semilla (siembra directa) mostraron mayor amplitud, pero particularmente valores extremos superiores en los tipos sobresalientes, al compararlas con las plantadas a través de estacas, excepto en el número de ramas terciarias. Ello indica que las primeras se comportaron como tipos más precoces en su desarrollo estructural para los caracteres vegetativos, en el primer año. Tal comportamiento contrasta con lo indicado por Montes Osorio *et al.* (2008) acerca de que las plantas propagadas por esquejes no producen raíz principal, pero crecen más rápido que por semilla. No obstante, ello no implica que tal patrón de comportamiento para estos rasgos se mantenga inalterable en años venideros, aspectos cuyo estudio se debe continuar.

Es importante destacar que en el número de ramas secundarias y de ramas terciarias se encontraron, en algunas procedencias, valores extremos inferiores nulos, lo que fue detectado en el caso de SSCS-7 y SSCS-6, las cuales no desarrollaron ramas secundarias; mientras que D-1, D-2 y SSCS-4 no desarrollaron ramas terciarias, lo que indica un desarrollo más tardío.

(2008) regarding the fact that the plants propagated by cuttings do not produce main root, but grow faster than the seeded ones. However, it does not imply that such performance pattern for these traits will remain inalterable in future years, aspects which study must be continued.

It is important to emphasize that in the number of secondary and tertiary branches, null lowest values were found, in some provenances, which was detected in the case of SSCS-7 and SSCS-6, which did not develop secondary branches; while D-1, D-2, SSCS-4 did not develop tertiary branches, indicating a more delayed development.

Table 3 shows the six groups, formed from the means of the morphological indicators represented in CP_1 . The extreme values were found in group I (SSCS-3) and in group IV (SSCS-7 and SSCS-6), both propagated by seed; the former with the highest values for all morphological traits and the latter with the lowest values. The other provenances reached intermediate values, which occupied groups where seeded or planted materials were indistinctly found, except in group III, which individuals were propagated by seed.

It is important to emphasize that the values found in height, diameter of primary branches and number of primary and secondary branches, in the provenances of group III, showed that the two provenances of this group had very low growth rate in the analyzed year, and they could

Tabla 2. Rango de variación y valores medios de los indicadores vegetativos

Table 2. Variation range and mean values of the vegetative indicators.

Indicador	Sembradas	x	Plantadas	x
Altura (cm)	80-240	144,7	115-184	155,2
Grosor de las ramas primarias (cm)	1,6-4,1	2,9	1,5-2,5	2,0
Número de ramas secundarias	0-19	7	2-7	4
Número de ramas primarias	2-10	6	4-9	6
Altura de las ramas primarias (cm)	6,8-14,7	8,9	7,1-13,4	9,1
Número de ramas terciarias	0-1	0,2	0-3	1,5
Grosor del tallo en la base (cm)	3,4-8,4	6,3	4,0-5,2	4,3
	Tipos sobresalientes		Tipos sobresalientes	
	San Miguel		SSCE-10	
	D-1		Cabo Verde	
	SSCS-3		SSCE-7	

En la tabla 3 se muestran los seis grupos formados a partir de las medias de los indicadores morfológicos representados en la CP_1 . Los valores extremos se encontraron en el grupo I (SSCS-3) y en el grupo IV (SSCS-7 y SSCS-6), ambas propagadas por semillas; el primero con los valores extremos superiores para todos los caracteres morfológicos y el segundo con los valores extremos inferiores. El resto de las procedencias alcanzaron valores intermedios, las cuales ocuparon grupos donde se encontraron indistintamente materiales sembrados o plantados, excepto en el grupo III, cuyos individuos fueron propagados por semilla.

Es importante subrayar que los valores hallados en la altura, el grosor de las ramas primarias y el número de ramas primarias y secundarias, en las procedencias del grupo III, denotaron que las dos procedencias de este grupo tuvieron muy baja velocidad de crecimiento en el año que se analizó, y prácticamente no lograron ramificarse, aspecto que se manifestó en un pobre desarrollo de estos materiales desde el punto de vista de su estructura particular. Ello indica que en las poblaciones de esta especie se pueden encontrar genotipos cuyo desarrollo se produce de forma rápida, mientras que otros son marcadamente tardíos, independientemente de que se siembren directamente por semilla, método que presupone un mejor establecimiento del vegetal.

Sin embargo, independientemente de las diferencias existentes en estos indicadores

not practically ramify, aspect which was manifested in a poor development of these materials from the point of view of their particular structure. This indicates that in the populations of this species genotypes can be found which development occurs rapidly, while others are remarkably delayed, independently from the fact that they are seeded, method that presupposes better plant establishment.

Nevertheless, independently from the existing differences in these morphological indicators, the evident variability within the *J. curcas* population should be stressed. Similar results were reported by Rao *et al.* (2008), who found significant variation in height (with a maximum of 134 cm) and branch number (with average values of 6,3 branches/plant and maximum values of 12,2 branches/plant), and by Sunil *et al.* (2009), who found high variation coefficients for several morphological characteristics, among them number of primary branches and plant height.

The values of some traits related to fruit production, productivity per tree, number of harvests and percentage of leaves with curling and infestation by fungi, are shown in table 4. Only six of the ten *J. curcas* provenances propagated by seed produced fruits; while all those planted by cuttings reached, with higher or lower intensity, the mature seed phenophase (harvest).

Among the provenances directly seeded in the field, the most outstanding were: San Miguel, D-1 and SSCS-3, but the first one showed better

Tabla 3. Grupos formados, valores medios y procedencias en cada grupo.

Table 3. Formed groups, mean values and provenances in each group.

Grupo	Altura	Grosor ramas primarias	No. ramas secundarias	No. ramas primarias	Grosor tallo	Procedencia
I	240,5	4,10	19	10	7,50	SSCS-3
II	145,0	1,84	5	5	4,37	S. Miguel, SSCS-4, SSCS-1, SSCE-8, SSCE-9, Cabo Verde, S. Spíritus
III	158,3	2,85	5	6	7,50	D-1, D-2
IV	82,2	1,75	0	2	3,80	SSCS-7, SSCS-6
V	163,5	2,57	3	4	5,02	P.silvestre, SSCE-7, SSCE-10. <i>J. curcas</i> -1
VI	138,0	2,00	7	9	4,80	Las Tunas

morfológicos, se debe destacar la evidente variabilidad dentro de la población de *J. curcas*. Resultados similares fueron reportados por Rao *et al.* (2008), quienes encontraron una variación significativa en la altura (con un máximo de 134 cm) y en el número de ramas (con valores medios de 6,3 ramas/planta y máximos de 12,2 ramas/planta), y por Sunil *et al.* (2009), quienes hallaron altos coeficientes de variación para varias características morfológicas, entre ellas el número de ramas primarias y la altura de las plantas.

Los valores de algunos caracteres relacionados con la producción de los frutos, la productividad por árbol, el número de cosechas y el porcentaje de hojas con agarrotamiento e infestación por hongos, se muestran en la tabla 4. Solo seis de las diez procedencias de *J. curcas* propagadas por semilla produjeron frutos; mientras que todas las plantadas por estacas alcanzaron, con mayor o menor intensidad, la fenofase de semilla madura (cosecha).

Entre las procedencias sembradas directamente en el campo, las más sobresalientes fueron:

performance in the percentages of trees that produced harvest with regards to the population; as well as acceptable productivity per tree; while D-1, in spite of producing a lower fruit quantity, was slightly higher in productivity per tree. It is noticeable that provenance D-2, similar to D-1 from the morphological point of view (group III, table 3), did not produce fruits, which could be associated to other characteristics, such as physiological or environmental response ones, not to the possible influence of diseases, because the values in both were pretty similar.

From the planted provenances, the most outstanding were SSCE-10, Cabo Verde and SSCE-7. The first one reached the highest number of harvested fruits and the highest percentage of trees which produced fruits with regards to their population. Yet, the Cabo Verde provenance was better in terms of productivity per tree. Similar results as this one were reported by Machado and Suárez (2009).

Although in the germplasm bank there was presence of Lepidoptera, trips, leafhoppers (*Empoasca* sp.) and an unknown insect which

Tabla 4. Características productivas y de tolerancia a las enfermedades.

Table 4. Productive characteristics and tolerance to diseases.

Procedencia	Frutos cosechados	Árboles cosechados	Productividad (frutos/árbol)	Número de cosechas	Agarrotamiento (%)	Hongos (%)
Sembradas						
San Miguel	408	10 (10)	41	8	50	58
D-1	271	6 (10)	45	5	82	78
SSCS-3	119	5 (10)	24	6	68	46
SSCS-4	10	1 (10)	10	1	76	60
<i>J. curcas</i> -1	7	1 (10)	7	1	88	66
<i>P. silvestre</i>	5	1 (10)	5	2	88	84
SSCS-7	0	-	-	-	80	78
SSCS-1	0	-	-	-	96	70
D-2	0	-	-	-	94	54
SSCS-6	0	-	-	-	52	66
Plantadas						
SSCE-10	559	10 (10)	56	10	70	68
Cabo Verde	511	5 (6)	102	11	50	63
SSCE-7	82	6 (6)	14	6	70	83
SSCE-8	71	6 (9)	12	7	60	40
SSCE-9	15	4 (5)	4	5	47	64
Las Tunas	6	1 (10)	6	1	31	46
<i>S. Spíritus</i>	2	1 (9)	2	1	71	64

Leyenda: () Total de árboles en la parcela

San Miguel, D-1 y SSCS-3, pero la primera mostró mejor comportamiento en el porcentaje de árboles que produjeron cosecha con relación a la población; así como aceptable productividad por árbol; mientras que D-1, aunque produjo menor cantidad de frutos, fue ligeramente superior en la productividad por árbol. Llama la atención que la procedencia D-2, similar a D-1 desde el punto de vista morfológico (grupo III, tabla 3), no produjera frutos, aspecto que pudiera asociarse a otras características como las de orden fisiológico o de respuesta ambiental, no así a la posible influencia de las enfermedades, ya que los índices en ambas fueron bastante similares.

De las procedencias plantadas las más sobresalientes fueron SSCE-10, Cabo Verde y SSCE-7. La primera alcanzó el mayor número de frutos cosechados y el mayor porcentaje de árboles que produjeron frutos respecto a su población. Sin embargo, la procedencia Cabo Verde resultó mejor en términos de productividad por árbol. Resultados similares con esta última fueron reportados por Machado y Suárez (2009).

Aunque en el banco de germoplasma se observó la presencia de lepidópteros, trips, salta hojas (*Empoasca* sp.) y un insecto no identificado que decapita la flor por el pedúnculo, cuya presencia es preocupante debido a que limita la producción de semillas, lo más destacado fue la infestación producida por hongos, presumiblemente de los géneros *Colletotrichum* y *Cercospora*; así como un síntoma de mosaico con agarrotamiento en las hojas, causado posiblemente por un agente viral. Freire y Parente (2006) reportaron en Brasil la presencia de salta hojas; trips; antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides* y *C. capsici*), Oidium, Phytophthora y fusariosis, entre los insectos plaga y las enfermedades más frecuentes en ese país.

En términos generales el grado de afectación por estas enfermedades fue de media a alta y se manifestó indistintamente, tanto en los materiales sembrados como en los plantados.

No es posible afirmar que exista o no relación entre el grado de intensidad de estas enfermedades y la producción de frutos, ya que

decapitates the flower by the peduncle, which presence is worrisome because it limits seed production, the most outstanding fact was infestation by fungi, presumably from the genera *Colletotrichum* and *Cercospora*; as well as a mosaic symptom with leaf curl possibly caused by a viral agent. Freire and Parente (2006) reported in Brazil the presence of leafhoppers; trips; anthracnose (*Colletotrichum gloesporoides* and *C. capsici*), Oidium, Phytophthora and fusariosis, among the most frequent pest insects and diseases in that country.

In general, the affectation degree by these diseases was moderate to high and it was indistinctly manifested, in the seeded as well as the planted materials.

It is not possible to state whether there is or not relation between the intensity degree of these diseases and fruit production, because provenances were detected that reached a high number of fruits and in which the values of these diseases were high, as in D-1, or on the contrary, very low fruit production with an intensity similar to the above-described, as in the so-called Población Silvestre (Wild population). Even such provenances as SSCE-10, Cabo Verde, SSCE-7 and SSCE-8 produced large fruit quantities in plants which infestation values were higher, as compared to the Las Tunas provenance, which with the lowest value produced only six fruits.

It is not possible either to state whether there is tolerance of the more productive provenances to these diseases, because the amount of fruits they could produce if the diseases were not present is unknown. It is not known whether the provenances that produced little fruit or none would have reached higher or lower productions in the above-mentioned context.

It was clear that some provenances were less affected, such as San Miguel, SSCS-6, Cabo Verde and particularly the one called Las Tunas.

Table 5 shows the productive and morphological characteristics related to the seed, in the provenances which produced higher fruit quantities.

Among the seeded provenances, SSCS-3 reached the highest weight of 100 seeds and the

se detectaron procedencias que alcanzaron un alto número de frutos, y en las cuales los índices de estas enfermedades fueron altos, como sucedió en la D-1, o por el contrario, muy baja producción de frutos con una intensidad similar a la anterior, como en la denominada Población silvestre. Incluso, procedencias como SSCE-10, Cabo Verde, SSCE-7 y SSCE-8 produjeron grandes cantidades de frutos en plantas cuyos índices de infestación fueron más altos, al compararlas con la procedencia Las Tunas, que con el menor índice solo produjo seis frutos.

Tampoco es posible afirmar que exista o no tolerancia de las procedencias más productivas a estas enfermedades, pues se desconoce la cantidad de frutos que podrían producir si estas no estuvieran presentes. Se desconoce si las procedencias que produjeron pocos frutos o ninguno, hubieran alcanzado producciones más o menos altas en el contexto anterior.

Quedó bien claro que algunas procedencias fueron menos afectadas, como la San Miguel, la SSCS-6, la Cabo Verde y en particular la denominada Las Tunas.

En la tabla 5 se aprecian las características productivas y morfológicas relacionadas con la semilla, en las procedencias que produjeron mayor cantidad de frutos.

Entre las procedencias sembradas, la SSCS-3 alcanzó el mayor peso de 100 semillas y el menor número de semillas en un kilogramo (al ser más grandes), pero fue superada por San Miguel y D-1 en el rendimiento total de semilla y en la productividad por árbol.

lowest number of seeds in one kilogram (as they were larger), but it was surpassed by San Miguel and D-1 in total seed yield and productivity per tree.

In the planted provenances Cabo Verde stood out in the weight of 100 seeds, size, total yield and productivity per tree. The lowest weight of 100 seeds was reached by SSCE-10, which has smaller seeds (larger number in one kilogram); but it was higher than SSCE-7 in terms of yield and productivity per tree.

It is important to state that the seed yield estimate (kg/ha) was low for the most outstanding accessions in this indicator. However, it can be considered normal because it was reached in the first year, moment in which low productions can be expected (Jongschaaps *et al.*, 2007); but it is in the range indicated by these authors for such countries as Brazil during the first year (335 and 190 kg/ha), when sowing frameworks of 4 x 3 m and 8 x 2 m, respectively were used. This was in correspondence with the yield per tree, which differed remarkably from the one expected for the reference species (higher than 2 kg of seed/ha/year), according to the review made by Cerels (2009).

It is valid to emphasize that these seed yields were higher, in some cases, than the ones reached on saline soils of the Paraguay farm in Guantánamo (340 kg/ha), with irrigation, and the ones obtained on friable black soils of Bayamo, without irrigation, where the yield was 168,2 kg/ha (BIOMAS-CUBA, 2010); and also similar to the ones found by González (2007) on soils which had previously been dedicated to sugarcane cultivation (*Saccharum* sp.).

Tabla 5. Características y producción de semilla en procedencias sobresalientes.

Table 5. Seed characteristics and production in outstanding provenances.

Procedencia	Peso de 100 semillas	Número en un kilogramo	Dimensiones L x A (cm)	Rendimiento total (g)	Rendimiento por árbol (g)	Estimado (kg/ha)
San Miguel	75,8	1 389,0	1,80 x 1,07	930,0	93,0	232,5
D-1	72,3	1 319,0	1,90 x 1,15	585,0	97,5	243,0
SSCS-3	95,6	1 046,0	1,94 x 1,19	339,0	67,8	169,5
Cabo Verde	106,2	941,0	2,00 x 1,22	1 628,0	325,6	814,0
SSCE-10	77,2	1 285,0	1,74 x 1,09	1 292,0	129,2	327,5
SSCE-7	91,7	1 090,0	1,90 x 1,19	225,0	37,3	93,2

*Se asumieron 2 500 árboles/ha (marco de siembra 2 x 2 m).

En las procedencias plantadas se destacó Cabo Verde en el peso de 100 semillas, en la dimensión, en el rendimiento total y en la productividad por árbol. El menor peso de 100 semillas lo alcanzó la SSCE-10, la cual posee semillas más pequeñas (mayor número en un kilogramo); pero fue superior a la SSCE-7 en términos de rendimiento y productividad por árbol.

Es importante señalar que el estimado de rendimiento de semilla (kg/ha) fue bajo para las accesiones que más sobresalieron en este indicador. Sin embargo, ello se puede considerar normal ya que se alcanzó en el primer año, momento en el que se deben esperar bajas producciones (Jongschaaps *et al.*, 2007); pero se encuentra en el rango indicado por estos autores para países como Brasil durante el primer año (335 y 190 kg/ha), cuando se utilizaron marcos de siembra de 4 x 3 m y 8 x 2 m, respectivamente. Ello se correspondió con el rendimiento por árbol, el que difirió marcadamente del esperado para la especie de referencia (superior a 2 kg de semilla/árbol/año), según la revisión realizada por Cerels (2009).

Es válido destacar que estos rendimientos de semilla fueron superiores, en algunos casos, a los alcanzados en suelos salinos de la Granja Paraguay en Guantánamo (340 kg/ha), en condiciones de riego, y a los obtenidos en suelos negros friables de Bayamo en condiciones de secano, donde el rendimiento fue de 168,2 kg/ha (BIOMAS-CUBA, 2010); así como similares a los hallados por González (2007) en suelos que anteriormente se habían dedicado al cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum* sp.).

En la tabla 6 se aprecian algunas propiedades relacionadas con las características del fruto, el contenido de aceite en las semillas y la producción estimada de aceite por unidad de área en dos de las procedencias sobresalientes (únicas que se pudieron analizar), independientemente de la vía de propagación. En estos caracteres la Cabo Verde resultó superior, aunque fueron ligeras las diferencias en cuanto a la composición del fruto y el contenido de aceite, aspecto alentador para la SSCE-10 colectada en

Table 6 shows some properties related to the fruit characteristics, oil content in the seeds and estimated oil production per area unit in two of the outstanding provenances (the only ones that could be analyzed), independently from the propagation form. In these traits Cabo Verde turned out to be higher, although the differences were slight regarding fruit composition and oil content, encouraging aspect for SSCE-10 collected on national territory. This allows stating that in the Cuban populations of this species individuals can be found with acceptable potential of fruit production and oil content, similar to that of the outstanding introduced provenances, such as Cabo Verde, which percentage is comprised in the reported range for the species (Olivera *et al.*, 2008).

The results allow concluding that there was an acceptable variability for vegetative traits, although a relatively small number of provenances were characterized, which allowed grouping them through the indicators with higher preponderance value and identifying the most outstanding individuals.

The degree of vegetative development reached through seeding was higher, in general terms; nevertheless, the indicators that identify fruit and seed production, in the outstanding types, corresponded to materials which were planted.

Among the accessions collected in the country, contrasting individuals were found in terms of morphological and productive traits, independently from the modality used for their establishment, which allowed identifying high-potential materials. This was evident in the provenances San Miguel, SSCE-10 and SACS-3.

The infestation by fungi and the presence of leaf curl did not allow reaching a clear understanding of the role they could have played in plant development and fruit production.

Outstanding provenances were identified, in morphological indicators (SSCE-10) as well as in productive and reproductive indicators (Cabo Verde, SSCE-10 and San Miguel).

To continue the collection, introduction and characterization of *J. curcas* provenances is recommended, in order to increase the existing

Tabla 6. Característica del fruto, contenido y producción estimada de aceite en dos procedencias sobresalientes.

Table 6. Fruit characteristic, oil content and estimated production in two outstanding provenances.

Procedencia	Cáscara (%)	Semilla (%)	Aceite (%)	Producción estimada (kg/ha)
Cabo Verde	30	70	35,0	284,9
SSCE-10	32	68	32,8	105,7

el territorio nacional. Ello permite afirmar que en las poblaciones cubanas de esta especie se pueden encontrar individuos con aceptable potencial de producción de semillas y contenido de aceite, similar al de las procedencias sobresalientes introducidas, como la Cabo Verde, cuyo porcentaje está comprendido en el rango reportado para la especie (Oliveira *et al.*, 2008).

Los resultados permiten concluir que hubo una aceptable variabilidad para los caracteres vegetativos, a pesar de que se caracterizó un número de procedencias relativamente pequeño, lo que permitió agruparlas a través de los indicadores con mayor valor de preponderancia e identificar los individuos más sobresalientes.

El grado de desarrollo vegetativo alcanzado a través de la siembra directa fue superior, en términos generales; sin embargo, los indicadores que identifican la producción de frutos y semillas, en los tipos sobresalientes, se correspondieron con materiales que fueron plantados.

Entre las accesiones colectadas en el país, se encontraron individuos contrastantes en términos de los rasgos morfológicos y productivos, independientemente de la modalidad utilizada para su establecimiento, lo que permitió identificar materiales con alta potencialidad. Ello fue evidente en las procedencias San Miguel, SSCE-10 y SSCS-3.

La infestación por hongos y la presencia de agarrotamiento en las hojas, no permitieron alcanzar una comprensión clara del papel que estas pudieron desempeñar en el desarrollo de las plantas y en la producción de frutos.

Se identificaron procedencias sobresalientes, tanto en los indicadores morfológicas (SSCE-10) como en los productivos y los reproductivos (Cabo Verde, SSCE-10 y San Miguel).

genebank and document the accessed material; as well as to pay especial attention to the stress which could be caused by disease infestation and the presence of potentially-pest insects.

--End of the English version--

Se recomienda continuar la labor de colecta, introducción y caracterización de procedencias de *J. curcas*, con el propósito de incrementar el banco de genes existente y documentar el material accedido; así como prestar una atención priorizada al estrés que pueden causar la infestación por enfermedades y la presencia de insectos potencialmente plagas.

Referencias bibliográficas

- Becerra, V. & Paredes, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Argicultura Técnica*. 60 (3):270
- BIOMAS-CUBA. 2010. Informe al Comité de Expertos. II Etapa. Proyecto: La biomasa como fuente renovable de energía para el medio rural cubano. Programa territorial "Desarrollo energético sostenible". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. (Mimeo)
- Bonilla, M. *et al.* 2008. Establecimiento de una colección de trabajo de uchuva del suroccidente colombiano. *Acta Agronómica*. 57 (2):95
- Campusano, L.F. 2009. Perspectiva de la investigación de *Jatropha curcas* L. en Colombia. Parte I. Componente genético. Primer Seminario de Investigaciones Agrarias. Ciencias para la docencia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, Medellín. 62 (suplemento). p. 61
- Caso, O.H. 1992. Juvenilidad, rejuvenecimiento y propagación vegetativa de las especies leñosas. *Agriscientia*. 9:5

- Cerels, N. 2009. *Jatropha curcas*: A review. *Advances in Botanical Research*. 50:1
- Flores, Emmy *et al.* 2009. Evaluación de la emergencia y las características morfológicas iniciales de *Tamarindus indica* L. con fines agroforestales. *Pastos y Forrajes* 32:127
- Freire, F.C.O. & Parente, G.B. 2006. As doenças das jatropas (*Jatropha curcas* L. e *J. podagrica* Hook.) no estado Ceará. Comunicado Técnico Embrapa 120. Disponible en: http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Ct_120.pdf. (Consultado el 12 de mayo de 2011)
- González, Y. 2007. Resultados del proyecto experimental del cultivo del piñón de leche (*Jatropha curcas* L.) en reforestación de suelos improductivos del MINAZ. Ponencia II Taller Nacional del Cultivo de oleaginosas no comestibles para la producción sostenible de biodiesel. Villa del Educador CECC. Granma, Cuba
- Jongschaaps, R.E.E. *et al.* 2007. Claims and facts on *Jatropha curcas* L. Global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. Plant Research International BV, Wageningen, The Netherlands and Stichting Het Groene Woudt, Laren. The Netherlands. 42 p.
- Machado, R. 2011. Colecta de *Jatropha curcas* y su comportamiento en fase de vivero y de establecimiento (Nota técnica). *Pastos y Forrajes*. 34:145
- Machado, R. & Olivera, Yuseika. 2008. Caracterización morfológica de una colección de *Teramnus* spp. *Pastos y Forrajes*. 31:119
- Machado, R. & Suárez, J. 2009. Comportamiento de tres procedencias de *Jatropha curcas* en el banco de germoplasma de la EEPF "Indio Hatuey". *Pastos y Forrajes*. 32:29
- Manurung, P. 2007. Valoración de *Jatropha curcas* using the Biorefinery concept. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. Agronomy and genetics. FACT Foundation. Wageningen, The Netherlands
- Mendoza, J.H. 2008. Cultivos energéticos en Ecuador: Caso proyecto piñón (*Jatropha*). Taller: La Agroenergía en la Región Andina. Situación actual e intercambio de experiencia en Ciencia y Tecnología. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Bogotá, Colombia
- Montes Osorio, L.R. *et al.* 2008. A to Z of *Jatropha curcas* L. 4. Genetics, breeding and propagation techniques. Plant Research International Course. Wageningen, The Netherlands
- Oliveira, J. *et al.* 2008. Characteristics and composition of *Jatropha gossypifolia* and *Jatropha curcas* L. oils and application for biodiesel production. *Biomass and Bioenergy*. 33:449
- Olivera, Yuseika *et al.* 2009. Nota técnica: Caracterización morfológica de tres accesiones cespitosas. *Pastos y Forrajes*. 32:37
- Philippeau, G. 1986. Comment interpreter les resultats d'un analyse in componentes principales. Service des Etudes Statistiques ITCF. Lusignan, France. 36 p.
- Rao, G.R. *et al.* 2008. Genetic associations, variability and diversity in seed characters, growth, reproductive phenology and yield in *Jatropha curcas* (L.) accessions. Springer-Verlag. Original paper. Trees DOI 10.1007/s00468-0229-4
- Sanidad Vegetal Nacional. 2005. Resumen ampliado de Metodologías de Señalización y Pronóstico. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Villa Clara, Cuba. 26 p.
- Sunil, M. *et al.* 2009. Analysis of diversity and distribution of *Jatropha curcas* L. germoplasm using Geographic Information System (DIVA-GIS). *Genetic Resources Crop Evol.* 56:115
- Wencomo, Hilda B. *et al.* 2003. Comportamiento de 145 accesiones de *Leucaena* spp. aviveradas en un sustrato con suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 26:21

Recibido el 5 de julio del 2011

Aceptado el 7 de agosto del 2011