

Caracterización morfológica y agroproductiva de procedencias de *Ricinus communis* L. para la producción de aceite

Morphological and agroproductive characterization of *Ricinus communis* L. provenances for oil production

R. Machado¹, J. Suárez¹ y Marlen Alfonso²

¹ Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana CP 44280, Matanzas, Cuba

² Instituto Cubano de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), La Habana
E-mail: rmachado@indio.atenas.inf.cu

Resumen

El objetivo de este trabajo fue caracterizar dos procedencias introducidas desde Suramérica (Planta-2 y Planta-3) y tres colectadas en Cuba (SSCS-5, Colón-1 y Las Tunas), de *Ricinus communis* L. Para ello se consideraron indicadores morfológicos y agroproductivos. Se utilizaron parcelas de 40 m² (área vital), con diez plantas. El diseño fue totalmente aleatorizado y los datos se analizaron a partir de estadígrafos descriptivos. Planta-2 alcanzó la mayor velocidad de crecimiento (2,98 cm/día) y, a los 17 meses, fue superior en cuanto a: el grosor del tallo (17,5 cm); el número de ramas primarias (45), secundarias (41) y terciarias (20); y el grosor de las ramas primarias (5,9 cm). SSCS-5, Colón-1 y Las Tunas mostraron racimos más largos, con un mayor número de frutos; pero fueron superadas por Planta-3 y Planta-2 en el peso de los frutos por racimo (134,9 y 139,0 g, respectivamente), con frutos y semillas más grandes. Las lesiones producidas por insectos y el grado de infestación por microorganismos patógenos no fueron representativos. El mayor rendimiento de semilla (95,1 kg), el de frutos por planta (5,28 kg) y por área (4 398 kg/ha) y el estimado de aceite por unidad de área (1 130,2 kg/ha) se detectaron en Planta-2. Se concluye que estas procedencias poseen características morfoprodutivas que las diferencian, y mostraron particularidades relevantes para la producción de aceite, el cual se destina no solo a la producción de biodiesel, sino a múltiples usos a partir de sus derivados. Se recomienda profundizar en estudios sobre la fitotecnia de *R. communis*, de forma particular en Planta-2; así como introducir tipos medianos que faciliten su cosecha.

Palabras clave: Aceite de ricino, procedencia, *Ricinus communis* L.

Abstract

The objective of this work was to characterize two provenances introduced from South America (Planta-2 and Planta-3) and three provenances collected in Cuba (SSCS-5, Colón-1 and Las Tunas), of *Ricinus communis* L. For such purpose, morphological and agroproductive indicators were considered. Plots measuring 40 m² (vital area) were used, with ten plants. The design was completely randomized and the data were analyzed from descriptive stadigraphs. Planta-2 reached the highest growth rate (2,98 cm/day) and, at 17 months of age, it was superior regarding: stem diameter (17,5 cm); number of primary (45), secondary (41) and tertiary branches (20); and the diameter of primary branches (5,9 cm). SSCS-5, Colón-1 and Las Tunas showed longer racemes, with a higher number of fruits; but they were surpassed by Planta-3 and Planta-2 in fruit weight per raceme (134,9 and 139,0 g, respectively), with larger fruits and seeds. The lesions caused by insects and the degree of infestation by pathogen microorganisms were not representative. The highest seed yield (95,1 kg), fruit yield per plant (5,28 kg) and per area (4 398 kg/ha) and the estimated oil yield per area unit (1 130,2 kg/ha) were detected in Planta-2. These provenances were concluded to have morpho-productive characteristics that differentiate them from each other, and to show relevant particularities for oil production, which is destined not only for biodiesel production, but also for many uses from its derivatives. To conduct further studies on the management of *R. communis*, particularly in Planta-2, as well as to introduce medium-sized types that facilitate their harvest, is recommended.

Key words: Castor oil, provenance, *Ricinus communis* L.

Introducción

La higuera (*Ricinus communis* L.), planta C_3 de la familia *Euphorbiaceae*, es una especie monotípica que está formada por 22 subespecies, así como por un considerable número de cultivares creados por los mejoradores de plantas para su explotación (Webster, 1994). En la actualidad está considerada como una de las especies más importantes del reino vegetal. Flemming y Jongh (2011) plantearon que a partir de sus diferentes componentes, en particular las semillas, se pueden obtener 700 productos industriales –medicamentos, cosméticos, lubricantes y barnices–, y que en la actualidad se ha comenzado a investigar sobre su uso como combustible ecológico (biodiesel), el cual es menos dañino al ambiente (Gama da Silva y Guimaraes Filho, 2006). De este último puede producir entre 350 y 700 kg/ha cuando se realizan cuidados mínimos del cultivo, y hasta 1 250 kg/ha en siembras tecnificadas (Mazzani, 2007); aunque en este indicador influyen, de forma significativa, la fecha de siembra y el genotipo (Verissimo *et al.*, 2009).

Beltrao, Cardoso y Severino (2005) opinan que la higuera es de origen tropical y procede del norte de África, específicamente de Etiopía, donde se conoce hace más de 6 000 años. Se adapta a zonas áridas, semiáridas y empobrecidas; pero su resistencia a la sequía es una de sus características más destacadas (Pereira de Oliveira *et al.*, 2005). Aunque es un cultivo exigente (Soares *et al.*, 2006), prospera bien en suelos de mediana fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados, bien drenados, con cantidades adecuadas de elementos nutritivos y pH por encima de 5,5.

En Cuba, donde se ha naturalizado, se le puede encontrar prácticamente a lo largo y ancho del país, formando poblaciones silvestres de mayor o menor envergadura. Es muy común observarla en suelos yermos, potreros y tierras de cultivo, pero de modo especial en lugares donde se acumulan escombros y desechos. Sin embargo, se desconoce la diferenciación y el potencial agronómico de las poblaciones naturalizadas e introducidas para ser utilizadas en la

Introduction

Castor oil plant (*Ricinus communis* L.), C_3 plant from the *Euphorbiaceae* family, is a monotypic species constituted by 22 subspecies, as well as by a remarkable number of cultivars created by plant breeders for their utilization (Webster, 1994). At present, it is considered one of the most important species of the plant kingdom. Flemming and Jongh (2011) stated that from its different components, particularly seeds, 700 industrial products –drugs, cosmetics, lubricants and varnishes– may be obtained, and that currently its use as ecological fuel (biodiesel), which is less environment-damaging, has begun to be studied (Gama da Silva and Guimaraes Filho, 2006). Of this oil between 350 and 700 kg/ha may be produced with minimum crop management, and up to 1 250 kg/ha in more technological cropping (Mazani, 2007); although the seeding date and genotype significantly influence this indicator (Verissimo *et al.*, 2009).

Beltrao, Cardoso and Severino (2005) state that the castor oil plant has tropical origin and is from northern Africa, specifically from Ethiopia, where it has been known for more than 6 000 years. It is adapted to arid, semiarid and impoverished zones; but its drought-resistance is one of its most outstanding characteristics (Pereira de Oliveira *et al.*, 2005). Although it is a demanding crop (Soares *et al.*, 2006), it prospers well on moderate-fertility, deep, permeable, aerated, well-drained soils, with adequate amounts of nutritional elements and pH above 5,5.

In Cuba, where it has been naturalized, it may be found practically throughout the country, forming wild, more or less widespread populations. It is very common to observe this plant in uncultivated soils, paddocks and crop lands, but especially in sites where debris and wastes are accumulated. However, the differentiation and the agronomic potential of the naturalized and introduced species for being used in the production of energy and other products, from its seed oil, are unknown. Hence, the objective of this work was to characterize introduced and collected castor oil plant materials,

producción de energía y de otros productos, a partir del aceite de su semilla. De ahí que el objetivo de este trabajo fuera caracterizar materiales introducidos y colectados de higuera, sobre la base de indicadores morfológicos y agroproductivos, para la producción de aceite.

Materiales y Métodos

Material caracterizado. Se caracterizaron cinco procedencias de *R. communis*. Tres de ellas fueron colectadas en Cuba: SSCS-5 (provincia de Sancti Spiritus), Colón-1 (provincia de Matanzas) y Las Tunas (provincia de Las Tunas); mientras que las dos restantes fueron introducidas de Suramérica a través de una donación. A estas se les denominó Planta-2 y Planta-3.

Siembra. La siembra se realizó el 18 de junio de 2009. Las semillas se dispusieron en hoyos espaciados a 2,0 m entre líneas y 2,0 m entre plantas. Se sembró un total de diez hoyos, de forma tal que se formaran parcelas de 40 m² de área vital. Estas se separaron por calles de 3,0 m en ambos sentidos. Durante el establecimiento se hicieron observaciones del número de plantas emergidas (en los primeros 56 días) y la altura (en los primeros cuatro meses), a partir de cuyos indicadores se calculó el porcentaje de supervivencia y la velocidad de crecimiento (cm/día), respectivamente.

Caracterización. Para la caracterización se consideraron los siguientes descriptores: la altura de la planta (cm); el grosor del tallo en la base (cm); el número de ramas primarias, secundarias y terciarias; y el grosor de las ramas primarias (cm). Los seis indicadores fueron medidos o contabilizados en dos momentos: a los cuatro y a los 17 meses de edad en función del ritmo de crecimiento, y en la fase final del ciclo biológico de las plantas. También se tomaron en consideración la longitud de los racimos (cm), el número de frutos por racimo, el peso medio de los frutos de un racimo (g), el número total de frutos cosechados, el rendimiento total de frutos (kg), el rendimiento de frutos por planta (kg), el número de cosecha, la presencia y lesiones producidas por insectos fitófagos (%), la infestación produ-

based on morphological and agroproductive indicators, for oil production.

Materials and Methods

Characterized material. Five *R. communis* provenances were characterized. Three of them were collected in Cuba: SSCS-5 (Sancti Spiritus province), Colón-1 (Matanzas province) and Las Tunas (Las Tunas province); while the other two provenances were introduced from South America through a donation. They were named Planta-2 and Planta-3.

Seeding. Seeding was carried out on June 18, 2009. The seeds were placed in holes spaced at 2,0 m between rows and 2,0 m between plants. Ten holes were planted, so that they formed plots of 40 m² of vital area. The plots were separated by a distance of 3,0 m in both directions. During the establishment observations were made of the number of emerged plants (in the first 56 days) and their height (in the first four months), from which the survival percentage and growth rate (cm/day), respectively, were calculated.

Characterization. For the characterization the following descriptors were considered: plant height (cm); stem diameter at the basis (cm); number of primary, secondary and tertiary branches; and diameter of primary branches (cm). The six indicators were measured or counted at two moments: four and 17 months after seeding regarding the growth rate, and in the final stage of the biological cycle of the plants. The raceme length (cm), number of fruits per raceme, average weight of the fruits of a raceme (g), total number of harvested fruits, total fruit yield (kg), fruit yield per plant (kg), harvest number, presence and lesions caused by phytophagous insects (%), infestation caused by pathogen microorganisms (%), plant persistence (%), weight of 100 seeds (g), number of seeds in one kilogram and seed dimensions (cm); as well seed yield per plant (kg) seed yield estimate per area unit (kg/ha), were also considered. To calculate this last indicator, a plant density of 833 plants/ha was assumed, based on the size reached by the plants.

Indicators related to the physical characteristics of the fruits (husk and seed

cida por microorganismos patógenos (%), la persistencia de las plantas (%), el peso de 100 semillas (g), el número de semillas en un kilogramo y las dimensiones de la semilla (cm); así como el rendimiento de semilla por planta (kg) y el estimado de rendimiento de semilla por unidad de área (kg/ha). Para el cálculo de este último se asumió una densidad de 833 plantas/ha, basado en el tamaño que alcanzaron las plantas.

También se determinaron indicadores relacionados con las características físicas de los frutos (porcentaje de cáscara y de semilla) y con el contenido de aceite en la muestra (g), el porcentaje de aceite en la semilla y el estimado de producción de aceite (kg/ha).

Diseño y análisis de los datos. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con diez repeticiones, la unidad experimental fueron las plantas. Para la interpretación de los resultados se utilizó la descripción de los indicadores medidos, estimados y contabilizados durante el período experimental, sobre la base de los estadísticos descriptivos (promedio). Para ello se empleó el paquete estadístico SPSS versión 11.5.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se indican los resultados del porcentaje de emergencia y supervivencia en la fase de campo, desde los siete hasta los 56 días posteriores a la siembra. SSCS-5 alcanzó el máximo de emergencia a los 56 días; mientras que Colón-1 y Planta-3 lo alcanzaron a los 28 días, y Planta-2 y Las Tunas a los siete días. En general, el porcentaje de emergencia está en el rango indicado en la literatura, ya que en algunas accesiones se han encontrado porcentajes de

percentage) and to the oil content in the sample (g), oil percentage in the seed and estimated oil production (kg/ha), were also determined.

Design and data analysis. A completely randomized design with ten repetitions was used; the experimental units were the plants. For interpreting the results the description of the measured, estimated and counted indicators during the experimental period was used, based on the descriptive stadigraphs (average). For such purpose, the statistical pack SPSS version 11.5 was used.

Results and discussion

Table 1 indicates the results of emergence and survival percentage in the field stage, since seven until 56 days after seeding. SSCS-5 reached the highest emergence 56 days after seeding; while Colón-1 and Planta-3 did it 28 days after planting, and Planta-2 and Las Tunas after seven days. In general, the emergence percentage is within the range indicated in literature, because in some accessions germination and emergence percentages have been found from 0 to 100%, but they have been high in most cases (Miranda, 2011). The values found, according to the indications by this author, may have been due to the low germination capacity of certain provenances, associated to the genetic material or the species, which shows ecotypes with low reserve contents –aspect which is determinant to reach an adequate germination percentage–, in addition to the seed's age.

Flemming and Jongh (2011) indicated that the emergence of castor oil plant seeds should usually

Tabla 1. Porcentaje de emergencia y supervivencia en fase de campo.

Table 1. Emergence and survival percentage in field stage.

Procedencia	Semillas sembradas	Días después de la siembra									
		7	14	21	28	35	42	49	56	E	S
SSCS-5	30	5	5	14	13	13	14	14	15	50,0	50,0
Colón-1	30	21	23	18	19	18	18	17	17	56,6	56,6
Las Tunas	30	18	18	16	16	15	15	16	16	53,3	53,3
Planta-3	30	17	17	17	18	18	18	18	18	60,0	60,0
Planta-2	30	21	20	20	20	20	20	20	18	66,6	60,0

Leyenda: E: porcentaje de emergencia; S: porcentaje de supervivencia

germinación y emergencia desde 0 hasta 100%, pero han sido altos en la mayoría de los casos (Miranda, 2011). Los valores hallados, de acuerdo con lo indicado por este autor, pueden deberse al bajo poder germinativo de determinadas procedencias, asociado al material genético o a la especie, la cual presenta ecotipos con bajos contenidos de reservas –aspecto que es determinante para alcanzar un porcentaje de germinación adecuado–, a lo que se suma la edad de la semilla.

Flemming y Jongh (2011) indicaron que la emergencia de las semillas de higuera o ricino usualmente debe ocurrir entre los 10 y 21 días, lo que se cumplió con antelación en todas las procedencias evaluadas. Los valores más notables de supervivencia se detectaron en Planta-2 y Planta-3, a lo cual se hará referencia con posterioridad.

En la tabla 2 se muestran los valores de algunos indicadores morfológicos, a los cuatro y a los 17 meses de edad. A los cuatro meses, Planta-2 y Planta-3 fueron superiores a las otras procedencias en términos de la altura, el grosor del tallo y el número de ramas primarias; mientras que en el número de ramas secundarias y el grosor de las ramas primarias SSCS-5 y Planta-2 resultaron superiores.

No obstante, es importante destacar que a los 17 meses Planta-2 y Planta-3 también superaron al resto de las procedencias colectadas en términos de la altura. Sin embargo, solo Planta-2 superó a todos los materiales en términos del grosor del tallo, así como en el número de ramas primarias, secundarias y terciarias a esa edad.

occur between 10 and 21 days after seeding, which was achieved early in all the evaluated provenances. The most remarkable survival values were detected in Planta-2 and Planta-3, which will be discussed later.

Table 2 shows the values of some morphological indicators, at four and 17 months of age. At four months, Planta-2 and Planta-3 were higher than the other provenances regarding height, stem diameter and number of primary branches; while in the number of secondary branches and the diameter of primary branches, SSCS-5 and Planta-2 showed higher values.

Nevertheless, it is important to emphasize that 17 months after seeding Planta-2 and Planta-3 also surpassed the other collected provenances in terms of height. However, only Planta-2 surpassed all the materials in terms of stem diameter, as well as in the number of primary, secondary and tertiary branches at that age. In the diameter of primary branches it was surpassed by SSCS-5 and it was similar to Colón-1, with which it revealed a remarkably favorable and highly vigorous morphological conformation.

The lowest number of primary branches at 17 months of age was detected in SSCS-5; but this accession and the others surpassed Planta-3 regarding the number of secondary and tertiary branches, and diameter of primary branches.

It was interesting to verify that the height of Planta-2 at four months of age was similar to the one reached 17 months after planting. This indicates that it had vigorous growth and reached

Tabla 2. Rango de variación de algunos indicadores morfológicos en dos edades.

Table 2. Variation range of some morphological indicators in two ages.

Procedencia	Altura (m)		Grosor del tallo (cm)		Número ramas primarias		Número ramas secundarias		Número ramas terciarias		Grosor ramas primarias	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
SSCS-5	2,7	3,3	6,3	12,0	3	5	4	20	x	12	3,4	6,4
Colón-1	2,3	3,4	3,8	11,2	2	12	0	28	x	11	2,1	5,9
Las Tunas	2,5	3,4	4,1	14,2	7	18	1	32	x	14	2,0	5,2
Planta-3	3,0	4,1	7,1	9,4	6	11	1	13	x	7	1,9	4,5
Planta-2	4,1	4,1	10,2	17,5	9	15	4	41	x	20	2,4	5,9

Legenda: 1: cuatro meses de edad; 2: 17 meses de edad; x: no presencia

En el grosor de las ramas primarias esta fue superada por SSCS-5 y resultó similar a Colón-1, con lo que reveló una conformación morfológica marcadamente favorable y con un alto vigor.

El menor número de ramas primarias a los 17 meses se detectó en SSCS-5; pero esta accesión y el resto superaron a Planta-3 en términos del número de ramas secundarias y terciarias, y en el grosor de las ramas primarias.

Resultó interesante comprobar que la altura de Planta-2 a los cuatro meses de edad fue similar a la que alcanzó a los 17 meses. Ello indica que tuvo un vigoroso crecimiento y alcanzó el máximo de altura solo en 120 días, lo que se explica por la alta velocidad de crecimiento de esta accesión, particularmente en el tercer mes –con más de 7 cm/día–, etapa en la que todas las procedencias desarrollaron la máxima velocidad de crecimiento (tabla 3).

Tabla 3. Velocidad de crecimiento (cm/día).

Table 3. Growth rate (cm/day).

Procedencia	1	2	3	4	×
SSCS-5	1,52	1,68	4,73	1,33	2,31
Colón-1	0,20	1,58	3,87	1,40	1,76
Planta-3	0,73	1,91	5,61	1,78	2,50
Planta-2	0,40	2,37	7,23	1,94	2,98
Las Tunas	0,52	1,56	5,30	1,41	2,19

Leyenda: 1, 2, 3, 4: meses después de la siembra.

Independientemente de los valores detectados, lo más interesante fue verificar que todas las procedencias se comportaran como tipos denominados “altos”, ya que fueron capaces de alcanzar más de 3 m de altura. Este aspecto ha sido confirmado en la especie, la cual es capaz de alcanzar entre uno y más de 7 m de altura durante su ciclo de vida (Mazzani, 2007; Miranda, 2011).

Las procedencias SSCS-5, Las Tunas y Colón-1 lograron racimos más largos y con un número mayor de frutos, particularmente SSCS-5. Sin embargo, todas fueron superadas por Planta-3 y Planta-2 en el peso medio de los frutos por racimo, ya que estas presentaron frutos de mayor dimensión, que contenían semillas más grandes, y ocuparon un mayor porcentaje (tabla 4).

the maximum height in only 120 days, which is explained by the high growth rate of this accession, particularly in the third month –with more than 7 cm/day–, stage in which all the provenances developed the highest growth rate (table 3).

Independently from the detected values, it was most interesting to verify that all the provenances behaved as types called “high”, because they were capable of reaching more than 3 meters of height. This aspect has been corroborated in the species, which is capable of reaching between one and more than 7 m of height during its life cycle (Mazzani, 2007; Miranda, 2011).

The provenances SSCS-5, Las Tunas and Colón-1 showed longer racemes and with a higher number of fruits, particularly SSCS-5. Nevertheless, they were surpassed by Planta-3 and Planta-2 in average fruit weight per raceme, because they showed larger fruits, which contained larger seeds, and occupied a higher percentage (table 4).

Raceme length, number of fruits per raceme and fruit weight per raceme, are very variable characteristics in *R. communis*. Rico-Ponce (2011), when evaluating 16 genotypes in fourteen states of Mexico, reported lengths which fluctuated between 18,7 and 36,6 cm in the first raceme and an average fruit weight per raceme of 68,7 g, in plantations with a density of 2 500 plants/ha. In this last characteristic all the evaluated provenances showed representative values, higher in Planta-2 and Planta-3; but the husk percentage was within the range reported by this author (34,0-52,6%).

As it is observed in table 5, the highest number of harvested fruits until October, 2010, corresponded to SSCS-5 followed by Las Tunas and Planta-2. Nevertheless, the highest total fruit yield and fruit yield per plant were detected in Planta-2. The provenance Planta-3 surpassed Colón-1 only in terms of total fruit yield, but it yielded four times less and its productivity per plant was three times lower as compared with Planta-2.

On the other hand, the individuals of Planta-3 were partially or completely deteriorated until reaching total necrosis and concluded with 14%

Tabla 4. Características morfológicas asociadas a la producción de frutos y su composición.

Table 4. Morphological characteristics associated to fruit production and composition.

Procedencia	Longitud racimo (cm)	Número frutos/racimo	Peso frutos/racimo (g)	Cáscara (%)	Semilla (%)
SSCS-5	25,1	143	96,0	43,3	53,4
Colón-1	20,1	73	61,7	46,0	53,3
Las Tunas	20,3	91	80,0	42,5	54,5
Planta-3	17,9	34	134,9	40,0	60,0
Planta-2	18,0	42	138,0	42,8	57,2

La longitud del racimo, el número de frutos por racimo y el peso de los frutos por racimo son características muy variables en *R. communis*. Rico-Ponce (2011), al evaluar 16 genotipos en catorce estados de México, informó longitudes que fluctuaron entre 18,7 y 36,6 cm en el primer racimo y un peso promedio de frutos por racimo de 68,7 g, en siembras con una densidad de 2 500 plantas/ha. En este último carácter todas las procedencias evaluadas mostraron valores representativos, superiores en Planta 2 y Planta-3; pero el porcentaje de cáscara se encontró en el rango citado por ese autor (34,0-52,6%).

Como se aprecia en la tabla 5, el mayor número de frutos cosechados hasta octubre de 2010 correspondió a SSCS-5, seguida por Las Tunas y Planta-2. Sin embargo, el mayor rendimiento total de frutos y por planta se detectó en esta última. La procedencia Planta-3 solo superó a Colón-1 en términos de rendimiento total de frutos, pero rindió cuatro veces menos y su productividad por planta fue tres veces menor al compararla con Planta-2. Por otra parte, los individuos de Planta-3 se depauperaron parcial o totalmente hasta alcanzar una necrosis total y

persistence, for which they only allowed 14 harvests in correspondence with their productive cycle, practically behaving as an annual type.

The other provenances, particularly Planta-2 with 95% persistence (living plants) and Colón-1 with 87%, remained in full production and, according to the field observations, were kept vigorous and with high generation of racemes and fruits almost until the end of the second year, for which they practically behaved as biennial types.

In all the *R. communis* provenances the leaf lesions caused by phytophagous insects (mainly lepidopterans and dipterans) and the degree of infestation caused by pathogen microorganisms (presumably from the *Cercospora* genus) remained with non-representative values. Flemming and Jonhg (2011) referred that a high number of insects and pathogen microorganisms may attack this species, but they usually do not cause important economic damage. Among them, they reported more than 50 different fungi, parasites, nematodes and several insects. Durán *et al.* (2008) also made reference to diseases caused by *Fusarium* (*F. oxysporum* and

Tabla 5. Características productivas, persistencia y grado de afectación producido por plagas.

Table 5. Productive characteristics, persistence and degree of affectation by pests.

Procedencia	Número de frutos	Rendimiento de frutos (kg)	Frutos/planta (kg)	Número de cosecha	Persistencia (%)	I (%)	M.P. (%)
SSCS-5	59 488	40,2	3,65	15	54	26	33
Colón-1	29 857	25,2	2,57	14	87	18	32
Las Tunas	49 595	43,6	3,31	14	45	33	46
Planta-3	8 602	34,1	2,43	12	14	30	26
Planta-2	42 420	139,4	7,74	14	95	26	30

Legenda: I: insectos fitófagos; M.P.: microorganismos patógenos

concluyeron con un 14% de persistencia, por lo que solo permitieron doce cosechas en correspondencia con su ciclo productivo, al comportarse como un tipo prácticamente anual.

El resto de las procedencias, particularmente Planta-2 con 95% de persistencia (plantas vivas) y Colón-1 con 87%, se mantuvieron en plena producción y, en correspondencia con las observaciones de campo, se conservaron vigorosas y con una alta generación de racimos y frutos hasta casi completar el segundo año, por lo que se comportaron, prácticamente, como tipos bienales.

En todas las procedencias de *R. communis* las lesiones foliares producidas por insectos fitófagos (lepidópteros y dípteros, fundamentalmente) y el grado de infestación producido por microorganismos patógenos (presumiblemente del género *Cercospora*) se mantuvieron con valores no representativos. Flemming y Jonhg (2011) refirieron que un alto número de insectos y microorganismos patógenos pueden atacar a esta especie, pero usualmente no causan daños económicos de importancia. Entre ellos reportaron más de 50 hongos diferentes, parásitos, nemátodos y varios insectos. También Durán *et al.* (2008) hicieron referencia a enfermedades causadas por *Fusarium* (*F. oxysporum* y *F. ricini*), la podredumbre producida por *Botryodiplodia* (*B. theobromae*) y las manchas ocasionadas por *Alternaria* (*A. ricino*) y *Cercospora* (*C. ricinella*).

El peso de 100 semillas varió entre 13,8 y 81,5 g, y fue superior en Planta-3 y en Planta-2 en relación con las restantes, lo que estuvo en correspondencia con la mayor dimensión de sus semillas (tabla 6). De ahí la mayor supervivencia detectada en estos dos tratamientos, lo cual se puede asociar a un mayor contenido de reservas. Este rango de variación se corresponde con el observado por Mazzani (2007), quien indicó fluctuaciones entre 19 y 95 g, y por Goytia-Jiménez *et al.* (2011), quienes encontraron que esta fue una de las variables con mayor diferencia, al registrar pesos desde 7,0 hasta 123,6 g, cuando caracterizaron 151 accesiones colectadas en el estado de Chiapas, México.

F. ricini), the rot caused by *Botryodiplodia* (*B. theobromae*) and the spots caused by *Alternaria* (*A. ricino*) and *Cercospora* (*C. ricinella*).

The weight of 100 seeds varied between 13,8 and 81,5 g, and it was higher in Planta-3 and Planta-2 with regards to the others, which was in correspondence with the higher dimension of their seeds (table 6); hence the higher survival detected in these two treatments, which may be associated to a higher reserve content. This variation range coincides with that reported by Mazzani (2007), who indicated fluctuations between 19 and 95 g, and by Goytia-Jiménez *et al.* (2011), who found that it was one of the variables with higher difference, recording weights from 7,0 to 123,6 g, when they characterized 151 accessions collected in the Chiapas state, México.

Regarding the number of fruits produced, seed yield per plant and estimated yield per area were higher in Planta-2. The lowest values were found in Colón-1, preceded by Las Tunas and Planta-3, which were surpassed in turn by SSCS-5 (table 6). In Brazil, Soares *et al.* (2006) found yields of 1 072 kg of seed/ha when using the cv. BRS Nordestina, without fertilization, on slightly acid soils (pH 5,6) and with slow values of P and OM. Thus, the estimated yields may be considered relevant in the case of provenances SSCS-5, Las Tunas, Planta-3 and, particularly, Planta-2, in which they were higher. This was related to the fact that the last one produced a higher number of harvests, and also had higher productivity per plant and a longest life cycle regarding its persistence in the field.

However, it is necessary to specify that the excessive growth of the characterized germplasm, especially in Planta-2 and Planta-3, caused difficulties for manual harvest, because the height and space occupied by excessively large and vigorous plants hindered crop management and seed collection, aspect which was indicated by Rodríguez and Duche (2010). This is considered a common condition for most medium-sized to high castor oil plants (Azevedo, 2001), and although commercial varieties reach between 0,90 and 3,0 m (Flemming and Jongh,

Tabla 6. Características de la semilla y producción de semillas.

Table 6. Seed characteristics and seed production.

Procedencia	Peso de 100 semillas	Número en un kg	Dimensiones L x A (cm)	Rendimiento (kg)	Rendimiento por árbol (kg)	Rendimiento estimado (kg/ha)*
SSCS-5	13,8	7 246	1,02 x 0,62	24,6	2,24	1 865,0
Colón-1	14,6	6 849	1,05 x 0,62	13,1	0,81	674,0
Las Tunas	16,0	6 250	1,06 x 0,65	23,8	1,83	1 516,0
Planta-3	81,5	1 226	1,69 x 1,32	21,0	1,50	1 249,0
Planta-2	76,4	1 308	1,65 x 1,32	95,1	5,28	4 398,0

Leyenda: L: longitud; A: ancho; *Se asumió una densidad de 833 plantas/ha.

En función del número de frutos producidos, el rendimiento de semilla por planta y el rendimiento estimado por área fueron superiores en Planta-2. Los valores más bajos se hallaron en Colón-1, precedida por Las Tunas y por Planta-3, las que fueron superadas a su vez por SSCS-5 (tabla 6). En Brasil, Soares *et al.* (2006) encontraron rendimientos de 1 072 kg de semilla por hectárea al utilizar el cv. BRS Nordestina, sin fertilización, en suelos con acidez leve (pH 5,6) y bajos tenores de P y MO. Por tanto, los rendimientos estimados se pueden considerar relevantes en el caso de las procedencias SSCS-5, Las Tunas, Planta-3 y, en particular, Planta-2, en la cual fueron superiores. Ello estuvo relacionado con que esta última produjo un mayor número de cosechas, y tuvo además una mayor productividad por planta y un ciclo de vida más prolongado en función de su persistencia en el campo.

No obstante, es necesario precisar que el excesivo crecimiento del germoplasma caracterizado, sobre todo en Planta-3 y Planta-2, provocó dificultades para la cosecha manual, ya que la altura y el espacio ocupado por plantas demasiado grandes y vigorosas dificultaron el manejo del cultivo y la recolección de la semilla, aspecto que fue indicado por Rodríguez y Duche (2010). Ello se considera una condición común para la mayoría de las plantas de higuera de porte medio a alto (Azevedo, 2001), y aunque las variedades comerciales alcanzan entre 0,90 y 3,0 m (Flemming y Jongh, 2011), muchos productores prefieren las variedades enanas que crecen a una altura promedio de 1,6 m, con períodos de siembra a cosecha de 120 a 130 días; así como las

2011) many farmers prefer dwarf varieties which grow to an average height of 1,6 m, with periods from seeding to harvesting of 120-130 days; as well as the medium-sized varieties, which grow from 2,0 to 2,5 m, with periods from planting to harvest of 150-240 days (Rodríguez and Duche, 2010), aspect which should be considered.

The oil content of the analyzed samples, oil percentage in the seed and estimated oil production per area unit, regarding seed yield, are indicated in table 7.

Although the seeds from Planta-2 contained a lower seed percentage, this treatment reached the highest oil yield per area unit. A contrasting performance was observed in Planta-3, because it showed the highest oil content in the seeds as compared with the other provenances, but it only surpassed Colón-1 regarding oil production. Yet, in correspondence with the persistence of this last one (table 5), its production could finally be expected to be higher, because it showed a persistence very similar to Planta-2; while Planta-3 concluded its productive cycle much earlier.

The studied provenances of the species *R. communis* were concluded to have morpho-productive characteristics which differentiate them from each other, and in turn they showed the existence of relevant particularities for oil production related to seed content, production per plant and estimated yield per area unit. For such reasons it is considered, with a biorefinery approach, that *R. communis* represents a good choice in terms of oil production, which can be used for producing biodiesel, as well as other derivatives, such as: biolubricants, biopesticides, plastics, lacquers, paints, varnishes, cosmetics and many products for medical use.

variedades medianas que crecen desde 2,0 a 2,5 m, con períodos de siembra a cosecha de 150 a 240 días (Rodríguez y Duche, 2010), aspecto al que se le debe prestar atención.

El contenido de aceite de las muestras analizadas, el porcentaje de aceite en la semilla y la producción estimada de aceite por unidad de área, en función del rendimiento de semilla, se indican en la tabla 7.

A pesar de que las semillas de Planta-2 contenían un menor porcentaje de aceite, este tratamiento alcanzó el mayor rendimiento de aceite por unidad de área. Un comportamiento contrastante se observó en Planta-3, ya que presentó el mayor contenido de aceite en las semillas al compararla con el resto de las procedencias, pero solo superó en producción de aceite a la Colón-1. No obstante, en correspondencia con la persistencia de esta última (tabla 5), se podría esperar que finalmente su producción fuera superior, ya que demostró mantener una persistencia muy cercana a la de Planta-2; mientras que Planta-3 concluyó su ciclo productivo con mayor antelación.

Se concluye que las procedencias de la especie *R. communis* estudiadas poseen características morfoproductivas que las diferencian entre sí, a la vez que demostraron la existencia de particularidades relevantes para la producción de aceite en función del contenido de sus semillas, la producción por planta y el estimado por unidad de área. Por ello se considera, con un enfoque de biorrefinería, que *R. communis* representa una buena opción en términos de su empleo para la producción de aceite, el cual se puede destinar a la producción de biodiesel, así como a la de otros derivados, tales como:

To conduct further studies on the management of *R. communis* and its best way of utilization, particularly in the provenance Planta-2, as well as to introduce medium-sized improved types that, with similar or better performance, facilitate their harvest, is recommended.

--End of the English version--

biolubricantes, biopesticidas, plásticos, lacas, pinturas, barnices, cosméticos y diversos productos de uso médico.

Se recomienda profundizar en los estudios sobre la fitotecnia de *R. communis* y su mejor forma de utilización, particularmente de la procedencia Planta-2; así como introducir tipos medianos mejorados que, con similar o mejor comportamiento y potencialidad productiva, faciliten su cosecha.

Referencias bibliográficas

- Azevedo, D.M.P. & Lima, E.F. (Ed.). 2001. O agronegócio da mamona no Brasil. EMBRAPA. Informação e Tecnologia. Brasília. 350 p.
- Beltrão, N.E. de M.; Cardoso, G.D. & Severino, L.S. 2003. Sistema de produção para a cultura da mamona na agricultura familiar no semi-árido nordestino. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão-EMBRAPA. Camina Grande. [Disponible en:] http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/sistemas-producao7%a7%a3o-cultura-da-mamona-na-agricultura-familiar-semi-arido/id/53228165.html. [23/04/2012]
- Durán, J.M.; Retamal, Norma; Moratiel, R. & Paula, V. de. 2008. El cultivo de ricino (*Ricinus communis* L.) en Andalucía: una alternativa para la producción de biodiesel. En: Cultivos energéticos alternativos. p. 39. [Disponible en:] <http://publicaciones>.

Tabla 7. Contenido, composición y producción de aceite.
Table 7. Oil content, composition and production.

Procedencia	Rendimiento semilla (kg/ha)	Contenido de aceite en la muestra (g)	Porcentaje de aceite	Producción (kg/ha)
SSCS-5	1 865	21,3	38,5	718,0
Colón-1	674	30,6	37,6	253,4
Las Tunas	1 516	43,7	48,6	736,7
Planta-3	1 249	42,8	51,2	639,5
Planta-2	4 398	26,4	25,7	1 130,2

- pucesi.edu.ec/documentos/libros/cultivos/39-58.pdf. [04/11/2012]
- Flemming, N. & de Jongh, J. 2011. Castor (*Ricinus communis*). Potential of castor for bio-fuel production. FACT Project No. 146/WW/001. FACT Foundation. [Disponible en:] http://www.fact-foundation.com/media_en/factsheet_castor. [05/11/2012]
- Goytia, Maria A.; Gallegos, C.H. & Nuñez, C.A.. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuerilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17 (1):41
- Mazzani, Elena. 2007. El tártago: la planta, su importancia y usos. *CENIAP Hoy*. No. 14. [Disponible en:] http://www.cadenahortofrutic ola.org/admin/bibli/576tartago_importancia_usos.pdf. [03/05/2012]
- Miranda, E. 2011. Evaluación del comportamiento de 19 accesiones de higuerilla (*Ricinus communis* L.). [Disponible en:] <http://www.monografias.com/trabajos88/higuerilla-ricinus-connmunis/higuerilla-ricinus-connmunis.shtml>. [31/05/2012]
- Oliveira, I.P. de et al. 2005. Potenciais da mamona (*Ricinus communis* L.) na região centro-oeste Brasileiro. *Revista Electrónica Faculdade Montes Belos*. 1 (2):104
- Rico, H.R. 2011. Guía para cultivar higuerilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto Técnico No. 1. INIFAT, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Valle de Apatzingán. Michoacán, México. 43 p.
- Rodríguez, D.E. & Duque, J.S. 2010. Plan de negocios para el cultivo de higuerilla, estudio de caso. Municipio Balboa (Risaralda). Trabajo de grado presentado para optar al título de Administrador Ambiental. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 100 p.
- Silva, P.C.G. da & Guimaraes Filho, C. 2006. Eixo tecnológico da ecorregião Nordeste. Em: Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuaria. (Ed. I.S.F. de Sousa). Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, Brasil. p. 109
- Soares, L. et al. 2006. Crescimento e produtividade da mamoneira. *Pesq. Agropec. Bras*. 41 (4):563
- Verissimo, A.A. et al. 2009. Rendimento de grãos de genótipos de mamona, semeados em três épocas, no Planalto Catarinense. *Revista de Ciências Agroveterinárias*. 8 (2):129
- Webster, G.L. 1994. Sinopsis of the genera and suprageneric taxa of *Euphorbiaceae*. *Ann. Missouri Bot. Garden*. 81:33

Recibido el 30 de julio del 2012
Aceptado el 11 de septiembre del 2012