

***Jatropha curcas* L., una especie arbórea con potencial energético en Cuba**

***Jatropha curcas* L., a tree species with energetic potential in Cuba**

Odalys C. Toral¹, J.M. Iglesias¹, Sofía Montes de Oca², J.A. Sotolongo², Soraya García² y M. Torstí³

¹ Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: odalys.toral@indio.atenas.inf.cu

² Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible. CITMA, Guantánamo, Cuba

³ Facultad de Agricultura y Forestería, Universidad de Helsinki, Finlandia

Resumen

Jatropha curcas es una especie multipropósito, con innumerables atributos y un potencial considerable. Es una planta de origen tropical, de la familia *Euphorbiaceae*, que puede crecer tanto en zonas de altas como de bajas precipitaciones anuales. Es altamente resistente a la sequía y se puede cultivar en áreas marginales, por lo que resulta excepcional para la recuperación de tierras degradadas, sin competir con la producción de cultivos para la alimentación humana y animal. Además, se usa como cercas y setos vivos, se le atribuyen propiedades medicinales e insecticidas, e incluso puede ser utilizado como cultivo comercial. Esta especie es de rápido crecimiento y la producción de semillas puede comenzar incluso en el primer año de establecida la plantación, lo que depende de muchos factores, como las precipitaciones y la forma de propagación que se utilice (por semillas o por estacas). Su establecimiento, manejo y productividad en diferentes condiciones climatológicas aún no está bien documentado, principalmente en lo que concierne a sus requerimientos de nutrientes o fertilizantes y, en el caso de Cuba, la mayoría de los estudios relacionados con su agrotecnia y producción están en ciernes. Esta planta aporta muchos productos beneficiosos, especialmente a partir de sus semillas, de las cuales se puede extraer aceite, con una calidad similar al de la palma aceitera. Este aceite puede reemplazar al keroseno, al petróleo y a la leña/carbón con relativo éxito, por lo que se promueve su uso internacionalmente para satisfacer las demandas de las zonas rurales en cuanto a la iluminación, cocina y fuerza motriz. Otros usos muy importantes lo constituyen la producción de biocombustible a partir del aceite, la fabricación de jabón y la extracción de glicerina con fines industriales. Su cultivo y expansión podría proporcionar nuevas fuentes de empleo, así como mejorar el medio ambiente y el nivel y la calidad de vida de la población rural, por lo que la potencialidad real de esta planta debe ser cuidadosamente investigada, tanto desde el punto de vista de su agronomía y manejo, como de su uso y comercialización en el futuro.

Palabras clave: Características agronómicas, *Jatropha curcas*

Abstract

Jatropha curcas is a multipurpose species, with uncountable attributes and remarkable potential. It is a plant from tropical origin, of the *Euphorbiaceae* family, which can grow in zones of high as well as low annual rainfall. It is highly resistant to drought and can be cultivated in marginal areas, for which it is exceptional for the recovery of degraded lands, without competing with crop production for human and animal health. In addition, it is used as living fences and hedges, medicinal and insecticide properties are ascribed to it, and it can even be used as commercial crop. This is a fast growing species and seed production can begin even in the

first year of establishment, which depends on many factors, such as rainfall and the form of propagation that is used (by seeds or cuttings). Its establishment, management and productivity under different edaphoclimatic conditions is not well documented yet, mainly concerning its nutrient or fertilizer requirements and, in the case of Cuba, most of the studies related to its agrotechnical practices and production are just beginning. This plant contributes many beneficial products, especially from its seeds, from which oil can be extracted, with a similar quality to that of the oil palm. This oil can replace kerosene, petroleum and firewood/coal with relative success, for which its use is promoted internationally to satisfy the demands of rural zones regarding illumination, cooking and engine power. Other very important uses are biofuel production from the oil, soap manufacturing and glycerin extraction for industrial purposes. Its cultivation and expansion could provide new employment sources, as well as improve the environment and the life level and quality of the rural population, for which the real potential of this plant must be carefully studied, from the point of view of its agronomy and management, as well as its use and commercialization in the future.

Key words: Agronomic characteristics, *Jatropha curcas*

Introducción

El sector de la energía constituye un área de prioridad para todas las naciones, pues es un hecho que su consumo ha estado unido al progreso económico de la humanidad. Sin embargo, el rápido incremento de su costo y el reconocimiento de la condición finita de las reservas de los combustibles fósiles, ha hecho que aumente grandemente el interés mundial en los recursos de energía renovable.

Las especies vegetales que pueden ser procesadas para proporcionar un sustituto al combustible diesel han atraído el interés de los científicos. En este sentido, las propiedades de *Jatropha curcas* L. han motivado la atención de varias instituciones, ya que se adapta muy bien a áreas marginales semiáridas, es altamente resistente a la sequía y su aceite puede ser procesado para su uso como sustituto del diesel (biodiesel) o como materia prima para la industria. Aunque es originaria de México y Centroamérica, se cultiva en muchos otros países latinoamericanos, asiáticos y africanos como cercas vivas, para el control de la erosión y por su valioso aceite.

En este sentido, existen un sinnúmero de gobiernos, organizaciones, organismos y ONGs que han promovido la siembra y el uso de esta y otras plantas aceiteras por más de una década. Esto incluye al Banco Mundial; el Instituto Internacional de Investigaciones en Genética de las Plantas; Organizaciones de Asistencia Técnica de Austria, Holanda y Alemania; y la Fundación

Introduction

The energy sector constitutes a priority area for all nations, because it is a fact that its consumption has been related to the economic progress of mankind. Nevertheless, the fast increase of its cost and the acknowledgement of the finite condition of the reserves of fossil fuels have made the world interest for renewable energy resources increase enormously.

Plant species that can be processed to provide a substitute for diesel fuel have attracted the interest of scientists. In this sense, the properties of *Jatropha curcas* L. have motivated the attention of several institutions, because it adapts well to semiarid marginal areas, it is highly resistant to drought and its oil can be processed for its use as substitute of diesel (biodiesel) or as raw material for industry. Although it originated in Mexico and Central America, it is cultivated in many Latin American, Asiatic and African countries as living fences, for erosion control and for its valuable oil.

In this regard, a large number of governments, organizations and NGOs have promoted the planting and use of this and other oil plants for more than a decade. This includes the World Bank; the International Institute of Plant Genetic Research; Technical Aid Organizations from Austria, Netherlands and Germany; and the Rockefeller Foundation, among others (Heller, 1996; Henning, 2000; Henning, 2002).

The two main objectives of these initiatives are: to use these plants and their products to reach

Rockefeller, entre otros (Heller, 1996; Henning, 2000; Henning, 2002).

Los dos objetivos principales de estas iniciativas son: usar estas plantas y sus productos para alcanzar un desarrollo sostenible de la economía y el medio ambiente de las áreas rurales, y lograr que estas sean autosuficientes en materia de energía, especialmente en combustibles líquidos; todo ello bajo la óptica de no desplazar otros cultivos importantes para la alimentación humana y no competir por tierras que presentan mejores oportunidades en otros usos.

Para el logro de estos objetivos se trazaron las siguientes metas (Openshaw, 2000):

- Promover el uso del aceite vegetal como combustible para motores móviles o estacionarios, destinados a extraer agua para equipos de riego, molinos de granos, transporte local y generación de electricidad.
- Alentar el uso del aceite vegetal como una opción renovable y viable de energía para cocinar, alumbrarse y en la calefacción local.
- Reducir la pobreza en las áreas rurales, especialmente de las mujeres, estimulando las actividades económicas relacionadas con el uso de los productos de esas plantas en la fabricación de jabones, medicinas, lubricantes, químicos, fertilizantes e insecticidas.
- Salvaguardar la naturaleza a partir de la recuperación y mejora de la fertilidad de los suelos, el control de la erosión, la mejora del microclima y una sustantiva reducción de los gases de invernadero.

La implementación exitosa de estas metas debe conllevar una mejor calidad de vida de la gente de campo, la reducción del consumo de leña y carbón vegetal y otros residuos de las áreas rurales, el incremento del producto interno bruto, la reducción en los gastos relacionados con el consumo de combustible importado, el decrecimiento en los niveles de deforestación, un uso mucho más productivo de la tierra, la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, el establecimiento de cadenas tecnológicas descentralizadas basadas en el uso del aceite vegetal y la promoción de un desarrollo basado en una nueva tecnología adecuada a las condiciones de los países más pobres.

sustainable development in economy and environment of rural areas, and achieve that they are self-sufficient regarding energy, mainly in liquid fuels; all this considering that other important crops for human feeding must not be displaced and no competition must occur for lands that show better opportunities in other uses.

For the achievement of these objectives the following goals were outlined (Openshaw, 2000):

- To promote the use of plant oil as fuel for mobile or stationary engines, destined to extracting water for irrigation equipment, grain mills, local transportation and electricity generation.
- To encourage the use of plant oil as a renewable and viable choice of energy to cook, illuminate and for local heating.
- To reduce poverty in rural areas, especially of women, stimulating the economic activities related to the use of those plants in the manufacturing of soap, medicine, lubricants, chemicals, fertilizers and insecticides.
- Safeguard nature from the recovery and improvement of soil fertility, erosion control, microclimate improvement and substantive reduction of greenhouse gasses.

The successful implementation of these goals should lead to a better life quality of rural people, the reduction of the use of firewood and coal and other residues of rural areas, the increase of the gross domestic product, the reduction in expenses related to imported fuel consumption, the decrease of deforestation levels, a more productive use of land, the reduction of carbon dioxide emissions, the establishment of decentralized technological chains based on the use of plant oil and the promotion of development based on a new technology adequate to the conditions of the poorest countries.

In Cuba, although biodiesel has not been commercially exploited as fuel, there is knowledge and experience of more than 10 years on the use of plant oils and their fuel mixtures, their effect on the decrease of greenhouse gas emissions when they are used mainly in

En Cuba, aun cuando el biodiesel no se ha explotado comercialmente como combustible, existe un conocimiento y una experiencia de más de 10 años sobre el uso de los aceites vegetales y sus mezclas combustibles, su efecto en la disminución de la emisión de los gases de efecto invernadero cuando estos son empleados fundamentalmente en el transporte automotor, y se valoran como una fuente alternativa de energía renovable y de sustitución de importaciones.

El objetivo de esta reseña fue hacer una recopilación bibliográfica sobre los aspectos esenciales de *J. curcas*, planta que es bien conocida y utilizada por el campesinado cubano en las zonas orientales del país, pero sin mucho uso en el centro y occidente, y de esta manera contribuir al conocimiento científico-técnico de una especie promisoría en el contexto de los biocombustibles, de particular importancia en la actualidad nacional e internacional.

Ubicación taxonómica y distribución del género

El género *Jatropha* L. (Gr. *Iatros*: medicinal; *trophe*: alimento) pertenece al Reino *Plantae*, Subreino *Tracheobionta*, División *Magnoliophyta*, Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Rosidae*, Orden *Geraniales*, Familia *Euphorbiaceae*, Subfamilia *Crotonoideae*, y fue determinado por Linneo (1753-1754) incluyendo en él siete especies, dos de ellas hoy incluidas en *Cnidoscolus*, una especie posteriormente segregada como tipo del género *Manihot* y otra especie hoy referida al género *Aleurites*; mientras que las tres especies linneanas restantes aún forman parte del género: *J. gossypifolia*, *J. multifida* y *J. curcas* (Font, 2003).

Los integrantes del género *Jatropha* son principalmente pequeños arbustos, los cuales presentan una gran variación morfológica. Un género muy cercano a *Jatropha* es *Cnidoscolus* y durante mucho tiempo sus especies formaron parte de *Jatropha*; actualmente se considera un género aparte, el cual se diferencia de *Jatropha* por poseer flores blanquecinas a verdosas, sin pétalos, y por llevar pelos urticantes sobre sus tallos, hojas y flores. Sus semillas poseen entre 35 y 38% de aceite.

automobile transportation, and they are evaluated as an alternative source of renewable energy and import substitution.

The objective of this review was to make a bibliographical compilation about the essential aspects of *J. curcas*, a plant that is well known and used by Cuban farmers in the eastern regions of the country, but without much use in the central and western provinces and, thus, contribute to the scientific-technical knowledge of a promising species in the context of biofuels, particularly important in the current national and international situation.

Taxonomic location and distribution of the genus

The *Jatropha* L. genus (Gr. *Iatros*: medicinal; *trophe*: food) belongs to the Kingdom *Plantae*, Subkingdom *Tracheobionta*, Division *Magnoliophyta*, Class *Magnoliopsida*, Subclass *Rosidae*, Order *Geraniales*, Family *Euphorbiaceae*, Subfamily *Crotonoideae*, and was determined by Linnaeus (1753-1754), including in it seven species, two of them now included in *Cnidoscolus*, a species later segregated as type of the genus *Manihot* and another species referred today to the genus *Aleurites*; while the other three Linnean species are still part of the genus: *J. gossypifolia*, *J. multifida* and *J. curcas* (Font, 2003).

The members of the *Jatropha* genus are mainly small shrubs, which show high morphological variation. A genus very close to *Jatropha* is *Cnidoscolus* and for a long time its species were part of *Jatropha*; it is currently considered as a separated genus, which is different from *Jatropha* for having whitish to greenish flowers, without petals, and for having itchy hairs on its stems, leaves and flowers. Its seeds have between 35 and 38% oil.

J. curcas is distributed throughout the island of Cuba and the Isle of Youth, although its higher concentration has been determined in the eastern provinces, where it is used as living fences and for artisanal soap and glycerin production (Montes de Oca, Iglesias, Del Valle, García, Almarales, Sotolongo, Gómez, Videaux and Cobas, 2007). Its use is reported in the West Indies, Central

J. curcas se encuentra distribuida por toda la isla de Cuba e Isla de la Juventud, aunque su mayor concentración se ha determinado en las provincias orientales, donde se usa como cercas vivas y para la producción de jabones artesanales y glicerina (Montes de Oca, Iglesias, Del Valle, García, Almarales, Sotolongo, Gómez, Videaux y Cobas, 2007). Se reporta su uso en Las Antillas, Centroamérica, América Tropical continental, sureste de Asia, India y África (Bisse, 1988; Azam, Waris y Nahar, 2005; Ndiaye, Diallo, Diop, Diatta, Sacor, Níger y Diouf, 2007).

Sinónimos y nombres comunes

J. curcas ha sido clasificada como: *Castigliona lobata* Ruiz and Pav.; *Curcas adansonii* Endl. Ex Heynh.; *Curcas curcas* Britt. et Millsp.; *Curcas indica* A. Rich.; *Curcas purgans* Medic.; *Jatropha acerifolia* Salisb.; *Jatropha edulis* Cerv.; *Ricinus americanus* Miller.; *Ricinus jarak* Thunb (Bisse, 1988).

Los nombres comunes más usados en las diferentes regiones donde se cultiva esta planta son: en Cuba, piñón botija, piñón de cercas, piñón purgante (Bisse, 1988). Es llamada piñoncillo en México; piñol en Perú; tempate en Costa Rica; *physic nut* en países angloparlantes; coquillo en España; cotoncillo en Honduras; piñón en Guatemala y Nicaragua, y también tempate en este último país. Otros nombres son: coquito, capate, higo del duende, barbasco, higo de infierno, purga de fraile, tua tua, *pinhao manso*, etc. (Torres, 2007).

Centro de origen y de diversidad

Un gran número de científicos han intentado definir el centro de origen de *J. curcas*, pero han surgido controversias al respecto, y aún no se sabe con exactitud su ubicación. Por tal motivo, desde el 2007 la Universidad de Wageningen lleva adelante un proyecto para estudiar el genoma de muestras de *J. curcas* de diversas procedencias del mundo y así dilucidar dicha cuestión (Jongschaap, 2007).

No obstante, es muy probable que el lugar de origen sea México y otros países de América Central (Heller, 1996). Según Schmook, Serralta

America, continental tropical America, Southeast Asia, India and Africa (Bisse, 1988; Azam, Waris and Nahar, 2005; Ndiaye, Diallo, Diop, Diatta, Sacor, Níger and Diouf, 2007).

Synonyms and common names

J. curcas has been classified as *Castigliona lobata* Ruiz and Pav.; *Curcas adansonii* Endl. Ex Heynh.; *Curcas curcas* Britt. et Millsp.; *Curcas indica* A. Rich.; *Curcas purgans* Medic.; *Jatropha acerifolia* Salisb.; *Jatropha edulis* Cerv.; *Ricinus americanus* Miller; *Ricinus jarak* Thunb (Bisse, 1988).

The most used common names in the different regions where this plant is cultivated are: in Cuba, piñón botija, piñón de cercas, piñón purgante (Bisse, 1988). It is called piñoncillo in Mexico; piñol in Peru; tempate in Costa Rica; physic nut in English-speaking countries; coquille in Spain; cotoncillo in Honduras; piñón in Guatemala and Nicaragua, and also tempate in the latter. Other names are: coquito, capate, higo del duende, barbasco, higo del infierno, purga de fraile, tuatúa, pinhao manso, etc. (Torres, 2007).

Center of origin and diversity

A large number of scientists have tried to define the center of origin of *J. curcas*, but controversies have emerged in this regard, and its location is not exactly known yet. For such reason, since 2007, the University of Wageningen is carrying out a project to study the genome of samples of *J. curcas* from different provenances of the world and thus elucidate such question (Jongschaap, 2007).

Nevertheless, it is very likely that the place of origin is Mexico and other Central American countries (Heller, 1996). According to Schmook, Serralta and Ku Vera (1997), this species was known and used by the Mayans and they suggest that, from the Caribbean, it was probably distributed by Portuguese sailors to African countries, through Cape Verde and Guinea Bissau, and also to such countries of Southeast Asia as Indonesia, Malaysia and Philippines.

y Ku Vera (1997) esta especie era conocida y utilizada por los mayas y sugieren que, desde el Caribe, fue probablemente distribuida por los navegantes portugueses a países de África, a través de Cabo Verde y Guinea Bissau, y también a países del sudeste de Asia tales como Indonesia, Malasia y Filipinas.

Descripción botánica

Según Bisse (1988), Heller (1996) y Joker y Jepsen (2003) esta especie se caracteriza por presentar:

Porte. Arbusto o árbol pequeño, caducifolio, de hasta 8 m de alto, usualmente menos, y DAP de hasta 20 cm, con fuste ramificado a poca altura.

Copa. Ancha e irregular.

Tallo. Los tallos crecen con una discontinuidad morfológica en cada incremento. Es un cilindro verde, robusto, que produce ramas con savia láctea o rojiza viscosa.

Raíz. Normalmente se forman cinco raíces en los arbolillos, una central y cuatro periféricas.

Corteza. Verde amarillenta, pálida y casi lisa, delgada como el papel, con desprendimientos en tiras horizontales. Corteza interna blanca con rayas rojas. Exuda una savia amarillenta y de sabor astringente.

Hojas. Simples, alternas, con pecíolos largos, con una longitud de 10 a 15 cm y anchura de 9 a 15 cm, ovadas, con una filotaxis espiral y se caen durante la época seca. Son hojas anchamente ovadas, abiertamente cordadas en la base con cinco nervaduras; lámina acorazonada, de 7-32 cm de diámetro, con tres a cinco lóbulos, de borde liso, acuminados, pocos profundos y grandes. La haz es verde; el envés verde claro, glabro o con pelillos finos.

Flores. Están ubicadas en inflorescencias que se forman en las axilas de las hojas. Cada flor presenta diez estambres en el androceo, en dos espirales distintas de cinco cada uno. En el gineceo, los tres estilos delgados son los conatos, que están aproximadamente a dos tercios de su longitud, dilatando el estigma bifurcado. Ambas flores, masculinas y femeninas, son pequeñas (6-8 mm), verdoso-amarillas y pubescentes. Los pé-

Botanical description

According to Bisse (1988), Heller (1996) and Joker and Jepsen (2003), this species presents:

Size. Small deciduous shrub or tree, up to 8 m high, usually less, and DAP up to 20 cm, ramified at low height.

Crown. Wide and irregular.

Stems. The stems grow with morphological discontinuity in each increase. It is a green robust cylinder that produces branches with lactic or viscose reddish sap.

Root. Five roots are normally formed in the trees, one central and four peripheral ones.

Bark. Yellowish green, pale and almost smooth, paper thin, with peelings in horizontal straps. White internal bark with red lines. It exudes a yellowish and astringent flavor sap.

Leaves. Simple, alternate, with long petioles, from 10 to 15 cm long and 9 to 15 cm wide, ovate, with a spiral phyllotaxis and they are shed during the dry season. They are widely ovate leaves, openly cordate in the base with five veins; heart-shaped lamina, diameter 7-32 cm, with three to five lobes, smooth edge, acuminate, little deep and large. The bundle is green; the back light green, glabrous or with fine hairs.

Flowers. They are located in inflorescences that are formed in the axils of the leaves. Each flower presents ten stamens in the androecium, in two different spirals of five each. In the gynoecium, the three thin styles are the connates, which are approximately at two thirds of its length, dilating the bifurcated stigma. Both flowers, male and female, are small (6-8 mm) greenish-yellow and pubescent. The petals are 6-7 mm long. The length of the petiole fluctuates between 6 and 23 mm. The female flowers show acuminate bracts and the male ones, egg-shaped bracts and pubescent pedicels.

Fruits. They are drupaceous and ovoid capsules. After pollination a trilobular ellipsoidal fruit is formed. The fruits are initially green capsules, but they change to dark or brown coffee afterwards. The fruit capsules are 2,5 to 4,0 cm long and 2,0 cm wide, ellipsoidal and smooth, which when mature change progressively to yellow. At the beginning they are fleshy, but

talos son de 6-7 mm de largo. La longitud del pecíolo fluctúa entre 6-23 mm. Las flores femeninas presentan brácteas acuminadas y las masculinas, brácteas aovadas y pedicelos pubescentes.

Frutos. Son cápsulas drupáceas y ovoides. Después de la polinización, se forma una fruta trilocular de forma elipsoidal. Las frutas son cápsulas inicialmente verdes, pero cambian a

dehiscent when dry. The fruits are produced in the winter when the shrub sheds its leaves. Each inflorescence yields a bundle of about 10 fruits or more. The development of the fruit needs about 90 days since flowering until the seed is mature.

Seeds. Two to three per fruit, oblong ellipsoidal, approximately 2 cm long and 1 cm wide, pale, with conspicuous black lines. The

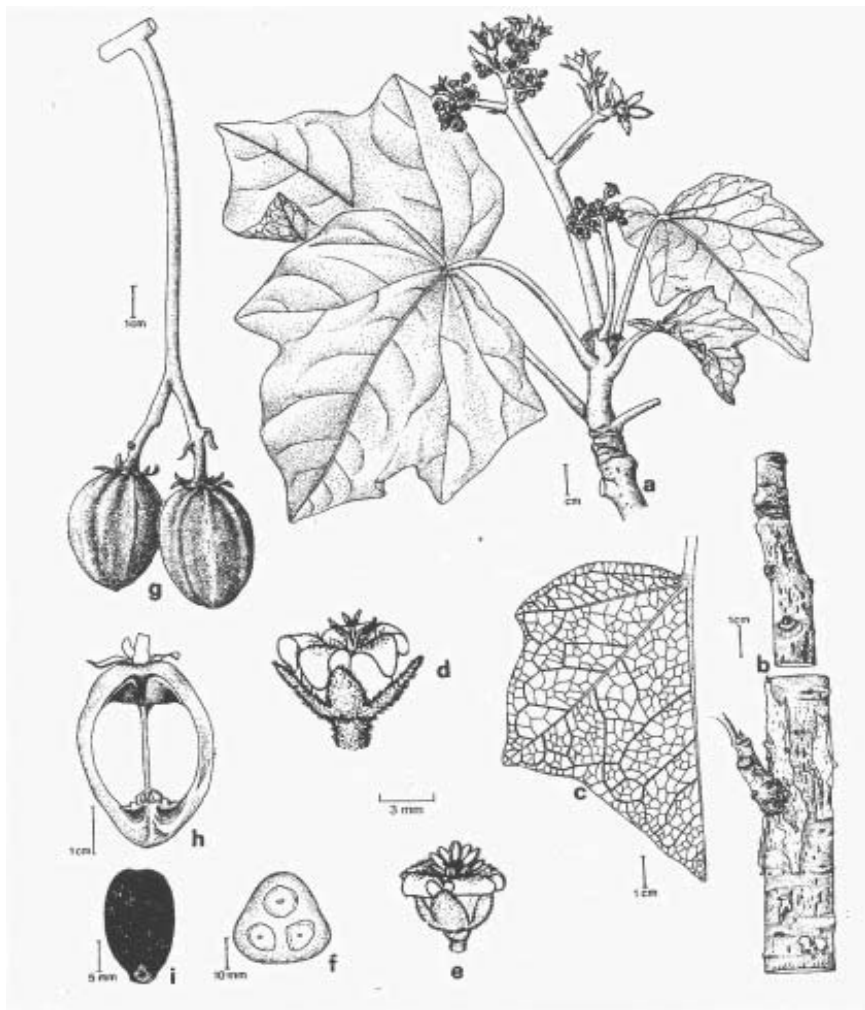


Fig. 1. Partes importantes de *J. curcas*: a) ramas florecidas; b) corteza; c) venas de la hoja; d) flores con pistilos; e) flor con estambres; f) corte transversal de un fruto inmaduro; g) frutos; h) corte longitudinal de un fruto; i) semilla.

Fig. 1. Important parts of *J. curcas*: a) flowered branches; b) bark; c) leaf veins; d) flowers with pistils; e) flower with stamens; f) transversal cut of an immature fruit; g) fruits; h) longitudinal cut of a fruit; i) seed.

café oscuro o negro con posterioridad. Las cápsulas de los frutos son de 2,5 a 4,0 cm de largo por 2,0 cm de ancho, elipsoidales y lisas, que cuando maduran van cambiando a amarillas. Al inicio son carnosas, pero dehiscentes cuando secas. Los frutos se producen en invierno cuando el arbusto bota sus hojas. Cada inflorescencia rinde un manojito de aproximadamente 10 frutos o más. El desarrollo del fruto necesita alrededor de 90 días desde la floración hasta que madura la semilla.

Semillas. Dos a tres por fruto, oblongo elipsoides, de aproximadamente 2 cm de largo y 1 cm de ancho, pálidas, con líneas negras conspicuas. El volumen de aceite es 35-40% en las semillas y 50-60% en el grano.

Adaptación edafoclimática

Es una especie con gran distribución en los trópicos y los subtropicos. Resiste normalmente el calor, aunque también soporta bajas temperaturas y puede resistir hasta una escarcha ligera. Se le encuentra mayormente a bajas elevaciones, por debajo de los 1 200 msnm, en tacotales de áreas secas o húmedas, en planicies o colinas, con precipitaciones de 300 a 1 800 mm y temperaturas de 18 a 28°C; aunque se planta también en sitios con temperaturas de hasta 34°C y no requiere de un tipo de suelo especial. Su requerimiento de agua es sumamente bajo y puede soportar períodos largos de sequía (de tres a seis meses); se adapta a una gran variedad de suelos, incluyendo los de bajo contenido de nutrientes. Aunque los prefiere livianos y bien drenados, se desarrolla normalmente en suelos áridos y semiáridos. *Jatropha* crece en cualquier parte, incluso en las tierras cascajosas, arenosas y salinas; puede crecer en la tierra pedregosa más pobre, inclusive en las hendeduras de las piedras. En suelos pesados la formación de raíces se ve limitada (UNI, 1997; Martínez, 2005; Torres, 2007).

Semilla

Los frutos son recolectados cuando comienzan a abrirse y transportados al lugar de procesamiento, en sacos de yute u otros recipientes

oil volume is 35-40% in the seeds and 50-60% in the grain.

Edaphoclimatic adaptation

It is a widely distributed species in the tropics and subtropics. It normally stands heat, although it also stands low temperatures and can even stand a slight frost. It is mostly found at low heights, below 1 200 meters above sea level, in secondary scrubs (tacotales) of dry or humid areas, in plains or hills, with rainfall from 300 to 1 800 mm and temperatures between 18 and 28°C; although it is also sown in sites with temperatures until 34°C and does not require a special soil type. Its water requirement is very low and can stand long drought periods (from three to six months); it adapts to a large variety of soils, including those with low nutrient content. Although it prefers them light and well drained, it is normally developed on arid and semiarid soils. *Jatropha* grows well anywhere, even on gravel, sandy and salty lands; it can grow on the poorest stony land, even in stone cracks. On heavy soils root formation is limited (UNI, 1997; Martínez, 2005; Torres, 2007).

Seed

The fruits are collected when they begin to open and are transported to the processing site, in jute sacs or other recipients destined to that purpose. A kilogram has between 1 000 and 2 370 seeds.

The direct exposition to sunlight has been reported to have negative effects on seed viability and for such reason drying under shade is recommended. Once separated from the fruits, they must be dried until reaching low moisture content (5-7%) and stored in airtight containers outside. At ambient temperature they can retain viability for at least a year, because due to their high oil content they should not be stored for too long. Joker and Jepsen (2003) report germination percentages lower than 50% after 15 months.

According to these authors the dried seeds germinate very well without pre-treatment. In this case to eliminate the husk before sowing is

destinados para este fin. Un kilogramo contiene entre 1 000 y 2 370 semillas.

Se ha reportado que la exposición directa al sol tiene efectos negativos en la viabilidad de las semillas y por ello se recomienda el secado a la sombra. Una vez separadas de los frutos, estas se deben secar hasta alcanzar un contenido de humedad bajo (5-7%) y se almacenan en contenedores impermeables al aire. A temperatura ambiente pueden retener la viabilidad al menos un año, aunque por su alto contenido de aceite no deben almacenarse por un tiempo demasiado largo. Joker y Jepsen (2003) reportan porcentajes de germinación de menos del 50% a los 15 meses.

Según estos autores, las semillas secadas germinan muy bien sin pretratamiento. En este caso no se recomienda eliminar su cáscara antes de la siembra, pues aunque se acelera la germinación existiría un riesgo de obtener una plántula anormal. Bajo buenas condiciones, la germinación puede completarse en 10 días.

Propagación

Heller (1996) y el IIAP (1999) plantean que la propagación es por medio de semilla y por estaca. Por lo general, la semilla fresca muestra porcentajes altos de germinación (alrededor de 80%) y esta se inicia a los 10-30 días después de la siembra. Como tratamientos pregerminativos se ha utilizado la remoción parcial de la testa, el remojo en agua corriente durante 24 horas, o tiempos alternos de remojo y secado. La siembra puede hacerse en camas de arena o directamente en bolsas, con la cicatriz de la semilla hacia abajo.

En las bolsas se recomienda un sustrato franco a franco arenoso, preferiblemente mezclado con abono orgánico. Las plantas tardan de cinco a siete semanas para alcanzar la altura apropiada para su establecimiento en el campo. Aunque las plántulas crecen muy rápido, deben permanecer en las bolsas por tres meses hasta alcanzar entre 30 y 40 cm de alto. Para entonces estas ya habrán desarrollado su olor repelente que les impedirá ser comidas por los animales (Joker y Jepsen, 2003).

not recommended, because although germination is accelerated, there would be a risk of obtaining an abnormal seedling. Under good conditions, germination can be completed in 10 days.

Propagation

Heller (1996) and the IIAP (1999) state that propagation occurs by seed and cuttings. In general, fresh seed shows high germination percentages (about 80%) and it begins 10-30 days after sowing. As pre-germinative treatments the partial removal of the testa, dipping in tap water for 24 hours, or alternate dipping and drying times have been used. The sowing can be made in sand beds or directly in bags, with the seed scar facing down.

In the bags a loamy to loamy-sandy substratum is recommended, preferably mixed with organic manure. The plants take from five to seven weeks to reach the appropriate height for their establishment in the field. Although the seedlings grow very fast, they should remain in the bags for three months until reaching between 30 and 40 cm high. By then they will have developed their repellent smell which will prevent the animals from eating them (Joker and Jepsen, 2003).

The species can also be propagated by cuttings 1 m long and 5 cm average diameter, and shooting occurs after approximately 20 days (Heller, 1996; IIAP, 1999).

According to Joker and Jepsen (2003), the propagation method depends on the use that will be made of the plantation; the propagation by seeds is generally preferred if the establishment of lasting plantations for oil production is wanted. Direct sowing can only be made in areas with abundant humidity, after the beginning of the rainy season. If it is desired to achieve the fast establishment of hedges and plantations for erosion control, the direct sowing of cuttings is preferable. Thirty-centimeters-long cuttings have been reported to have the highest survival rate, and the plants that are propagated by cuttings normally produce seeds after a year and their growth is fast.

La especie también puede propagarse mediante estacas de 1 m de longitud y 5 cm de diámetro promedio, y la brotación ocurre a los 20 días aproximadamente (Heller, 1996; IIAP, 1999).

Según Joker y Jepsen (2003), el método de propagación depende del uso que se le dará a la plantación; generalmente se prefiere realizar la propagación por semillas si se quiere el establecimiento de plantaciones duraderas para la producción de aceite. La siembra directa sólo debe hacerse en áreas con abundante humedad, después del inicio del período lluvioso. Si se desea lograr el rápido establecimiento de setos y plantaciones para el control de la erosión, es preferible la siembra directa de esquejes. Se ha reportado que los esquejes de 30 cm de longitud son los de mayor índice de supervivencia, y que las plantas que son propagadas por esquejes normalmente producen semillas al cabo de un año y su crecimiento es rápido.

Plantación

Las plantas, en bolsas o propagadas de forma vegetativa, generalmente se utilizan como cercas vivas, a una distancia de 2,0 m entre árboles. Utilizada como tutor de otros cultivos, se planta a 3,0 m entre líneas y 1,5-2,0 m en la línea.

El piñón de botija puede sembrarse en cualquier época del año. En plantaciones a nivel comercial se recomienda una siembra a marco real, con una distancia entre plantas de 5 m, y se obtiene una población de 400 individuos por hectárea (IIAP, 1999); aunque según Hooda y Rawat (2005) la experiencia de la India y otros lugares muestra que una densidad de 2 500 plantas por hectárea (con distancia de 2 x 2 m) puede ser óptima. De acuerdo con Mayorga (2006) la siembra puede hacerse en tresbolillo, en un marco de plantación de 2 x 4 m (separación de 2,0 m entre plantas, dejando calles de 4,0 m), y en el primer año puede sembrarse un cultivo anual intercalado.

Según Joker y Jepsen (2003) la floración ocurre durante el período poco lluvioso y se observan dos picos, aunque en regiones permanentemente húmedas se presenta durante todo el año. Las semillas maduran unos tres meses después de la

Planting

The plants, in bags or vegetatively propagated, are generally used as living fences, at a distance of 2,0 m between trees. Used as stake for other crops, it is planted at 3,0 m between rows and 1,5-2,0 m in the row.

J. curcas can be sown in any season. In plantations at commercial level a real frame sowing is recommended, with a 5-m distance between plants, and a population of 400 individuals per hectare is obtained (IIAP, 1999); although according to Hooda and Rawat (2005) the experience of India and other places shows that a density of 2 500 plants per hectare (with distance of 2 x 2 m) can be optimum. According to Mayorga (2006) the sowing can be performed in quincunx, in a 2 x 4 m planting frame (separation of 2,0 m between plants, leaving spaces between rows of 4,0 m), and in the first year an annual crop can be intercropped.

According to Joker and Jepsen (2003) flowering occurs during the dry season and two peaks are observed, although in permanently humid regions it occurs throughout the year. The seeds mature about three months after flowering and with good humidity conditions the plants from seed breeding stations can produce fruits after the first rainy season; nevertheless, the plants sown directly mature after the second rainy season (table 1).

Agronomical management

In living fences it grows without management needs, except the traditional care of weed control while the tree is established. If used as stake it requires periodical pruning, according to the requirements of the associate crop. It is frequently cultivated freely in gardens and family orchards as shade and ornamental plant. Its useful life lasts 30-50 years.

BUN-CA (1997a) and Mayorga (2006) consider the pruning of this crop necessary from three years of age, because it regulates plant height to facilitate harvest, allow the penetration of light to low branches and the entrance of the tractor for the elimination and incorporation of weeds and stubbles, in addition to increasing

floración y con buenas condiciones de humedad las plantas provenientes de semilleros pueden producir frutos después de la primera estación lluviosa; sin embargo, las plantas sembradas directamente maduran después de la segunda estación lluviosa (tabla 1).

Manejo agronómico

En las cercas vivas crece sin necesidad de manejo, excepto los cuidados tradicionales de control de malezas mientras el árbol se establece. Si se usa como tutor requiere podas periódicas, de acuerdo con los requerimientos del cultivo asociado. Frecuentemente se cultiva libremente en jardines y huertos familiares como planta de sombra y ornato. El árbol tiene una vida útil de 30-50 años.

BUN-CA (1997a) y Mayorga (2006) consideran necesarias las podas de este cultivo a partir de los tres años, pues estas regulan la altura de las plantas para facilitar la cosecha, permiten la penetración de la luz hasta las ramas inferiores y la entrada del tractor para la eliminación e incorporación de malezas y rastrojos, además de aumentar los rebrotes productivos; también se hacen como una práctica de saneamiento, eliminando las ramas muertas para evitar el desarrollo de pudriciones. La poda se realiza antes de la llegada de las lluvias y la altura no debe ser menor que 2,5 m. El corte de una rama se debe hacer de un solo golpe y en forma diagonal, para así evitar la acumulación de agua de lluvia y, por consiguiente, su pudrición. Después de la poda de las ramas hay que aplicar cal disuelta en agua u oxiclورو de cobre en el área del corte, para ayudar a una rápida cicatrización y evitar daños por insectos como el barrenador, que aprovecha las heridas para entrar a la planta.

productive regrowths; it is also done as a cleaning practice, eliminating dead branches to avoid rot development. Pruning is performed before the rainy season and the height should not be higher than 2,5 m. Branch cutting must be made in one go and diagonally, in order to avoid the accumulation of rainfall water and hence rotting. After pruning the branches lime dissolved in water or copper oxychloride must be applied in the pruned area, to aid a fast healing and avoid damage by such insects as borer, which takes advantages of wounds to enter the plant.

Yields

According to Rijssenbeek (2006), yield varies between 100 and 5 000 kg/ha. In literature, the data regarding this aspect vary largely.

The plant begins producing profitably since the first year, its yield increases during the first five years and from that moment it becomes stable. The yield per hectare is 5 t seed, of which 2 t are of oil and 1 t of residual paste, rich in protein (60%) (Martínez, 2005; Parsons, 2005); although according to Jones and Miller (1992) and Hooda and Rawat (2005), seed production ranges vary from 0,4 t to 12 t/ha/year, after five years of cultivation. These latter authors state that an adequate plantation yields about 2,0 kg seed per plant, and on relatively poorer soils from 0,75 to 1,0 kg per plant; one hectare of plantation on a medium quality soil produces as average 1,6 t oil.

Pests and diseases

Among the pests that affect the crop, the insect order *Heteroptera* is particularly remarkable. Also stem borers, of the coleopteran family *Cerambycidae*, known as a minor pest in

Tabla 1. Calendario fenológico
Table 1. Phenological calendar.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
HOJAS											
FLORES											
						FRUTOS					
									SIEMBRA		

Rendimientos

Según Rijssenbeek (2006), el rendimiento varía entre 100 y 5 000 kg/ha. En la literatura, los datos al respecto varían grandemente.

La planta comienza a producir de manera rentable desde el primer año, su rendimiento se incrementa durante los primeros cinco años y a partir de ahí se estabiliza. El rendimiento por hectárea es de 5 t de semilla, de las cuales 2 t son de aceite y 1 t es de pasta residual, rica en proteína (60%) (Martínez, 2005; Parsons, 2005); aunque según Jones y Miller (1992) y Hooda y Rawat (2005), los rangos de producción de semillas varían desde 0,4 t hasta 12 t/ha/año, después de cinco años de cultivo. Estos últimos autores señalan que una plantación adecuada rinde alrededor de 2,0 kg de semilla por planta, y en suelos relativamente más pobres de 0,75 a 1,0 kg por planta; una hectárea de plantación en un suelo de mediana calidad produce como promedio 1,6 t de aceite.

Plagas y enfermedades

Entre las plagas que afectan el cultivo, particularmente es notable el orden de insectos *Heteroptera*. También los barrenadores del tallo, de la familia de coleópteros *Cerambycidae*, conocidos como una plaga menor en la yuca, pueden matar los árboles maduros de *Jatropha*. Los pocos insectos presentes comedores de hojas, no son capaces de hacer mucho daño cuando los árboles han pasado la fase de vivero (Anon, 2001).

Heller (1996) en su trabajo sobre *J. curcas* «promoviendo el uso y conservación de cultivos rechazados y subutilizados», publica una lista con los nombres científicos y síntomas de varias plagas y enfermedades que afectan el cultivo del piñón. Algunos de ellos son *Phytophthora* spp., *Phythium* spp., *Fusarium* spp., *Pestalotiopsis versicolor*, *Julus* sp., larvas de lepidóptero, *Ferrisia virgata* y *Spodoptera litura*.

De acuerdo con la información de BUN-CA (1997b), los insectos benéficos de este cultivo tienen efectos positivos en la polinización y en

cassava, can kill mature trees of *Jatropha*. The few leaf-eating insects present, are not capable of doing much harm when the trees have ended nursery stage (Anon, 2001).

Heller (1996) in a work about *J. curcas* «promoting the use and conservation of rejected and underused crops», publishes a list with the scientific names and symptoms of several pests and diseases that affect this plant. Some of them are *Phytophthora* spp., *Phythium* spp., *Fusarium* spp., *Pestalotiopsis versicolor*, *Julus* sp., lepidopteran larvae, *Ferrisia virgata* and *Spodoptera litura*.

According to the information of BUN-CA (1997b), the beneficial insects of this crop have positive effects on pollination and natural control of other insects that cause damage to the plant. They appear in different seasons and can be classified as: pollinating insects (they feed on the nectar of flowers, with which they aid the pollination of *J. curcas*), predator insects (they feed on other insects, performing natural control) or parasitic insects (they require, during some stage of their development, the body or eggs of insects from families different from theirs). Among pollinating insects are: bees, wasps, glowworms, ants and soldier beetles. Among predator insects are: some flies, spiders and bugs; and as examples of parasitic ones are: wasps that parasite eggs or red bug and black bug.

Uses

In many countries from America and Africa, it is widely used as living fence, stake for other crops, erosion control and shade and ornamental tree (Heller, 1996). Likewise, it can be an excellent alternative in the reforestation of eroded zones, for farmers in regions where their crops have lost commercial value, for those lands that are not apt for cultivation, and even as alternative crop (Martínez, 2005).

It has also been reported that the content of fiber, protein and minerals (P, Ca, Mg, Na and K) of its fruits is important as fertilizer and for its possible use in animal nutrition. The paste obtained after pressing the seed for oil can not

el control natural de otros insectos que causan daño a la planta. Se presentan en diferentes épocas del año y pueden clasificarse como: insectos polinizadores (se alimentan del néctar de las flores, con lo que ayudan a la polinización del piñón), insectos depredadores (se alimentan de otros insectos, realizando control natural) e insectos parasitoides (son los que requieren, durante alguna fase de su desarrollo, del cuerpo o los huevos de insectos de familias diferentes a la suya). Entre los insectos polinizadores están las abejas, las avispas, las luciérnagas, las hormigas y el escarabajo soldado. Dentro de los insectos depredadores se encuentran algunas moscas, arañas y chinches; y como ejemplos de parasitoides existen avispas que parasitan huevos del chinche rojo y el chinche negro.

Usos

En muchos países tropicales de América y África se usa ampliamente como cerca viva, tutores de otros cultivos, control de la erosión y como árbol de sombra y ornato (Heller, 1996). Asimismo, puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se encuentran en regiones donde sus cultivos han perdido el valor comercial, para aquellas tierras que no son aptas para cultivo, e inclusive como cultivo alternativo (Martínez, 2005).

También se ha reportado que el contenido de fibra, proteína y minerales (P, Ca, Mg, Na y K) de sus frutos es de importancia como fertilizante y para un uso eventual en la nutrición animal. La pasta obtenida después de prensar la semilla para aceite no puede ofrecerse directamente como alimento a los animales, pues es sumamente tóxica; sin embargo, si se pasa por un proceso de destoxificación puede usarse sin problema para alimentar vacunos, cerdos y aves, pues contiene altos niveles de proteína (55-58%). Sin destoxificar, puede emplearse como abono orgánico, pues tiene un alto contenido en nitrógeno, similar al del estiércol de gallina. Las ramas y hojas tiernas se usan también como abono verde para árboles de coco (*Cocus nucifera*). Es una planta fijadora de nitrógeno (Heller, 1996).

be directly offered as feed to the animals, because it is extremely toxic; however, if it goes through a detoxification process, it can be used to feed cattle, pigs and poultry, as it contains high protein levels (55-58%). Without detoxifying, it can be used as organic manure, for its high nitrogen content, similar to that of chicken dung. The branches and fresh leaves are also used as green manure for coconut trees (*Cocus nucifera*). It is a nitrogen-fixing plant (Heller, 1996).

It is also used to prepare varnish after the seeds are burned with iron oxide, or as an excellent substitute for industrial oils. In Europe it is used in wool spinning and in textile manufacturing. It is used together with banana tree burning ashes to make a hard homemade soap (Heller, 1996; Anon, 2001).

Heller (1996) and Martínez (2005) state that the oil from the seed is a non conventional, low cost, environment-friendly source of renewable energy, in addition to being a substitute for diesel, kerosene and other fuels. The oil was used in engines in Africa, during World War II. It burns without producing smoke and has been used for illuminating the streets near Rio de Janeiro. The fruit peel and the seed can be used as fuel. The dried seeds, covered with palm oil, are used as torches, which remained lit, even when the wind is strong.

The leaf juice dyes the skin dark red, and cloths indelible black. The bark has 37% tannins which provide a dark blue dye. The latex has also 10% tannins and can be used as ink.

All the parts of the plant have medicinal uses. According to Heller (1996) the seeds were exported from Cape Verde to Portugal to use the oil as purgative, although it is a very drastic method. The ingestion of two or three seeds acts as a strong purgative and it is said that the ingestion of four to five seeds can cause death. They taste as peanut and for such reason children must be prevented from consuming it because in many occasions it has had fatal results. The seed oil is widely used for skin diseases and as reliever of pains, such as those caused by rheumatism. The latex has antibiotic properties against some bacteria, in addition to coagulating

También se usa para preparar barnices después de ser quemadas las semillas con óxido de hierro, o como un excelente sustituto para aceites industriales. En Europa se emplea en el hilado de lana y en manufacturas textiles. Se usa junto con cenizas de quemar plátano para hacer un duro jabón casero (Heller, 1996; Anon, 2001).

Heller (1996) y Martínez (2005) plantean que el aceite de la semilla es una fuente de energía renovable no convencional, de bajo costo y amigable con el ambiente, además de ser un sustituto para el diesel, el keroseno y otros combustibles. El aceite se utilizó en motores en África, durante la Segunda Guerra Mundial. Quema sin producir humo y ha sido empleado para la iluminación de las calles cerca de Río de Janeiro. La cáscara del fruto y las semillas pueden usarse como combustible. Las semillas secas, cubiertas de aceite de palma, se usan como antorchas, que se mantienen encendidas incluso si hay viento fuerte.

El jugo de la hoja tiñe de color rojo la piel, y las telas de un color negro indeleble. La corteza tiene un 37% de taninos que dan un colorante azul oscuro. El látex también tiene un 10% de taninos y se puede usar como tinta.

Todas las partes de la planta tienen usos medicinales. Según Heller (1996) las semillas se exportaban de Cabo Verde a Portugal para emplear el aceite como purgante, aunque es un método muy drástico. La ingestión de dos a tres semillas actúa como un purgante fuerte y se dice que la ingestión de cuatro a cinco semillas puede causar la muerte. El sabor es como el del maní y por ello se debe evitar que los niños lo consuman, pues en muchas ocasiones ha tenido resultados fatales. El aceite de las semillas se usa ampliamente para enfermedades de la piel y aliviar dolores, como los causados por el reumatismo. El látex tiene propiedades antibióticas contra algunas bacterias, además de efectos coagulantes, y se aplica directamente en heridas y cortes como antiséptico, así como para salpullidos, quemaduras e infecciones de la piel. Diversos preparados de la planta, incluyendo las semillas, las hojas y la corteza, frescas o en decocción, se usan en la medicina tradicional y

effects, and it is directly applied on wounds and cuts as antiseptic, as well as for rash, burns and skin infections. Diverse preparations of the plant, including seeds, leaves and bark, fresh or in decoction, are used in traditional medicine and as veterinary medicines, due to their diuretic effects, against edemas, constipation, fever and rheumatic pains (Thomas, 1989; Heller, 1996).

Toxicity

In the fruits and seeds contraceptive properties have been reported. The whole seeds contain between 35 and 38% oil, and the husked and fresh seeds about 37%. The oil is colorless, odorless and very fluid.

In the medicinal plant market of Ver-o-Peso, Belem, Brazil, this plant is sold mixed with *Luffa operculata* to be used in Afro-Brazilian rituals. Healers advise the buyers about the care that must be taken when managing the latex, as it is very caustic.

If it is consumed in high doses, the oil produces alterations in the gastrointestinal tract that are manifested in discomfort, vomit and sweating, and even death can occur.

The bark, fruit, leaves, roots and wood contain cyanide. In the seeds the alkaloid curcun is present, which makes them fatally toxic. Although roasting eliminates deleterious effects, the consumption of fresh or even partially roasted can be fatal; hence its use as food is not recommended. Alcoholic beverages are the antidote of toxic effects (Anon, 2001).

Marketing and opportunities

According to the report by Parsons (2005), *J. curcas* can have a higher energetic reimbursement than any other biofuel. The yield per hectare per year can reach up to 8 t seed, which contain 30% oil; at \$320 USD per ton, it will represent \$728 per hectare per year. Potentially, the yield of *Jatropha* seeds in glycerin is of equal or higher value, at \$2 000 per ton, it would total \$1 120 per hectare per year, and the total income would be \$1 888 per hectare per year.

como medicamentos veterinarios, por sus efectos diuréticos, contra edemas, estreñimiento, fiebre y dolores reumáticos (Thomas, 1989; Heller, 1996).

Toxicidad

En los frutos y semillas se han reportado propiedades contraceptivas. Las semillas enteras contienen entre 35 y 38% de aceite, y las semillas descascaradas y frescas alrededor de 37%. El aceite es incoloro, inodoro y muy fluido.

En el mercado de plantas medicinales de Ver-o-Peso de Belém, Brasil, se vende esta planta mezclada con *Luffa operculata* para uso en cultos rituales afrobrasileños. Los curanderos previenen a los compradores sobre los cuidados que se deben tener con el manejo del látex, por ser muy cáustico.

Si se consume en dosis elevadas, el aceite produce alteraciones en el tracto gastrointestinal, que se manifiestan en malestar, vómitos y gran sudoración, y puede incluso sobrevenir la muerte.

La corteza, el fruto, las hojas, las raíces y la madera contienen cianuro. En las semillas está presente el alcaloide curcina, el cual las hace fatalmente tóxicas. Aunque el tostado elimina los efectos perjudiciales, el consumo de semillas frescas o aun parcialmente tostadas puede ser fatal; de ahí que su uso como alimento no se recomiende. Las bebidas alcohólicas son el contraveneno de los efectos tóxicos (Anon, 2001).

Mercadeo y oportunidades

De acuerdo con lo informado por Parsons (2005), *J. curcas* puede tener un mayor reembolso energético que cualquier otro biocombustible. El rendimiento por hectárea por año puede alcanzar hasta 8 t de semilla, las que contienen un 30% de aceite; a \$320 USD por tonelada, representaría \$728 por hectárea por año. Potencialmente, de igual o mayor valor es el rendimiento de las semillas de *Jatropha* en glicerina, que a \$2 000 por tonelada sumaría unos \$1 120 por hectárea por año, y el ingreso total sería de \$1 888 por hectárea por año.

En Madagascar existen unas 10 000 ha de plantaciones y cada una produce unos 24 HL de

In Madagascar there are 10 000 ha of plantations and each produces 24 HL of oil/ha, for a potential production of 240 000 HL.

Regarding the cost of biodiesel, according to Rubió (2005) it varies regarding different factors: energetic and agricultural policies, markets, price in the market of by-products and derivatives produced with the biofuel, cost of the energy and technology used in the transformation and transport process.

Final considerations

The species *J. curcas* L. can be implemented as a productively fast plant in adverse situations, degraded lands, dry climate, marginal lands and, at the same time, be part of an agrosilvopastoral system. It can be planted on fallow lands and along the limits of pasturelands because it does not grow too high, and it is also appropriate in unused lands, next to railroads, highways and irrigation channels.

The main virtues of *J. curcas* are: growth on any type of soil; it can survive long drought periods; it can be developed in areas with low rainfall (250 mm per year); its propagation is easy; it produces fruits since the first year, which is stabilized in the fifth year and during 30-50 years it continues producing good quality fruits.

To have this plant and a group of new energetic crops in marginal, eroded or potentially apt, but underutilized, areas, can be a strategic element to obtain biodiesel sustainably, in combination with short-cycle crops and livestock production, which would contribute to the local agricultural development and, at the same time, it would produce a beneficial effect on the economy of countries, due to the development of various industries and technologies, generation of qualified labor and jobs, etc.

--End of the English version--

aceite/ha, para una producción potencial de 240 000 HL.

En cuanto al costo del biodiesel, según Rubió (2005) este varía en función de diversos factores: políticas energéticas y agrícolas, mercados,

precio en el mercado de los subproductos y derivados producidos con el biocombustible, costo de la energía y tecnología utilizada en el proceso de transformación y transporte.

Consideraciones finales

La especie *J. curcas* L. puede implementarse como una planta productivamente rápida en situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales y, al mismo tiempo, ser parte de un sistema agrosilvicultural. Puede plantarse en las tierras que estén en período de barbecho y a lo largo de los límites de pastizales porque no crece demasiado alto, así como también es apropiada en los terrenos sin aprovechar, junto a las vías férreas, carreteras y canales de irrigación.

Las principales bondades de *J. curcas* son: crecimiento en cualquier tipo de suelo; puede sobrevivir períodos largos de sequía; puede desarrollarse en áreas con bajo régimen de lluvia (250 mm por año); su propagación es fácil; produce frutos desde el primer año, lo cual se estabiliza en el quinto año y durante 30-50 años continúa produciendo frutos de buena calidad.

Disponer de esta planta y de un grupo de nuevos cultivos energéticos en áreas marginales, erosionadas o potencialmente aptas, pero subutilizadas, puede ser un elemento estratégico para obtener biodiesel de manera sostenible, en combinación con cultivos de ciclo corto y ganadería, lo que contribuiría al desarrollo agrícola local y, en forma paralela, produciría un efecto beneficioso en la economía de los países, debido al desarrollo de industrias y tecnologías variadas, generación de mano de obra calificada y empleos, entre otros.

Referencias bibliográficas

- Anon. 2001. The Potential of *Jatropha curcas* in rural development and environment protection – An Exploration. Concept paper. In: Workshop sponsored by Rockefeller Foundation and Scientific & Industrial Research & Development Centre. Disponible en: <http://www.jatropha.de/zimbabwe/rf-conf1.htm>. Consulta: enero 2008
- Azam, M.N.; Waris, A. & Nahar, N.M. 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some non-traditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy*. 29:293
- Bisse, J. 1988. Árboles de Cuba. Editorial Científico-Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 154
- BUN-CA. 1997a. Realización de podas en el cultivo del tempate. Boletín Cultivo del Tempate en Nicaragua. Biomass Users Network, Costa Rica – Proyecto Biomasa de Nicaragua con cooperación técnica del Gobierno de Austria.
- BUN-CA. 1997b. Insectos benéficos del cultivo del Tempate. Boletín Cultivo del Tempate en Nicaragua. Biomass Users Network, Costa Rica - Proyecto Biomasa de Nicaragua con cooperación técnica del Gobierno de Austria
- Font, F. 2003. Las especies del género *Jatropha* L (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. *Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina*. 2 (1):4-20
- Heller, J. 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L.). Promoting the conservation and use of underutilization and neglected crops. Plant Genetics Resources Institute (IPGRI). Rome, Italy. Disponible en: <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/161.pdf>. Consulta: enero 2008
- Henning, R. 2000. Use of *Jatropha curcas* oil as raw material and fuel: an integrated approach to create income and supply energy for rural development. Experiences of the *Jatropha* Project in Mali, West Africa. Presentation at the International Meeting “Renewable Energy - A Vehicle for Local Development - II”. Folkecenter for Renewable Energy, Denmark
- Henning, R. 2002. Using the indigenous knowledge of *Jatropha* – The use of *Jatropha curcas* oil as raw material and fuel. World Bank. IK Notes. No. 47, August
- Hooda, N. & Rawat, V.R.S. 2005. Role of bio-energy plantations for carbon dioxide mitigation with special reference to India. Disponible en: <http://www.acstrategy.org/simiti/HoodaRawat.pdf>. Consulta: abril 2008
- IIAP. 1999. Cultivo de las plantas medicinales. Piñón blanco. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Disponible en: <http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/iiap/iiap2/CapituloIII-35.htm>. Consulta: enero 2008
- Joker, D. & Jepsen, J. 2003. Seed leaflet. *Jatropha curcas* L. Disponible en: http://www.dfsc.dk/pdf/Seedleaflets/jatropha_curcas_83.pdf. Consulta: abril 2008

- Jones, N. & Miller, J. H. 1992. *Jatropha curcas*: A multipurpose species for problematic sites. The World Bank, Washington D.C., USA
- Jongschaap, R. 2007. Germplasm collection. In: Proceedings of FACT Seminar, *Jatropha curcas*, Agronomy and Genetics. Wageningen, The Netherlands. www.fact-fuels.org. Consulta: mayo 2008
- Martínez, J. 2005. El Piñón, una planta nativa de México con potencial alimentario y agroindustrial. Disponible en: <http://hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>. Consulta: mayo 2008
- Mayorga, L. 2006. Acerca del Taller Biodiesel y Cooperación en Madrid. Ponencias del Taller Internacional sobre Biodiesel y Cooperación para el Desarrollo. Universidad Politécnica de Madrid. 6-7 marzo. Editorial Ingeniería sin Fronteras. Asociación para el Desarrollo. p. 105
- Montes de Oca, Sofía; Iglesias, J.; Del Valle, Yadiris; García, Soraya; Almarales, Ángel; Sotolongo, J.A.; Gómez, I.; Videaux, E. & Cobas, N. 2007. Cultivation of *Jatropha curcas* L. for sustainable development of a semi-arid region of Guantánamo province, Cuba. In: Proceedings of FACT Seminar, *Jatropha curcas*, Agronomy and Genetics. Wageningen, The Netherlands. www.fact-fuels.org. Consulta: mayo 2008
- Ndiaye, A.; Diallo, B.; Diop, M.; Diatta, M.; Sacor, A.; Níger, M. & Diouf, M. 2007. *Jatropha curcas*: seed germination and propagation methods. Germplasm collection. In: Proceedings of FACT Seminar, *Jatropha curcas*, Agronomy and Genetics. Wageningen, The Netherlands. www.fact-fuels.org. Consulta: mayo 2008
- Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy*. 19:1-15
- Parsons, K. 2005. *Jatropha* in Africa: fighting the desert & creating wealth. EcoWorld. Disponible en: <http://www.ecoworld.org/Home/Articles2.cfm?TID=367>. Consulta: mayo 2008
- Rijssenbeek, W. 2006. *Jatropha* planting manual. In: *Jatropha Handbook*. First Draft. FACT Foundation. p. 14. Disponible en www.fact-fuels.org. Consulta: mayo 2008
- Rubió, G. 2005. Los biocombustibles: situación actual, análisis y perspectivas de la producción. En: Taller del MERCOSUR y su comercio con la UE. Disponible en: http://www.fao.org/sd/dim_en2/docs/working1_es.doc. Consulta: abril 2008
- Schmook, B.; Serralta, P.L. & Ku Vera, J. 1997. *Jatropha curcas*: distribution and uses in the Yucatan Peninsula. Proceedings of First International Symposium on Biofuel and Industrial Products from *Jatropha curcas* and other Tropical Oil Seed Plants. Managua. Nicaragua
- Thomas, O.O. 1989. Reexamination of the antimicrobial activities of *Xylopiya aethiopicum*, *Carica papaya*, *Ocimum gratissimum* and *Jatropha curcas*. *Fitoterapia*. 60 (2):147
- Torres, C. 2007. *Jatropha curcas*: desarrollo fisiológico y técnico. En: Boletín CUBAENERGÍA. Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía. La Habana, Cuba. 7 p. Disponible en: www.cubanergia.cu. Consulta: mayo 2008
- UNI. 1997. Producción de Ester Metílico del Tempate (EMAT) como sustituto del combustible Diesel. Boletín PETRONIC. Universidad Nacional de Ingeniería. Gobierno de Austria

Recibido el 7 de julio de 2008
Aceptado el 29 de agosto de 2008