Guía técnica para el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica



Jorge Loaiza Cárdenas
Elizabeth Arnáez Serrano
Ileana Moreira González
Franklin Herrera Murillo
Álvaro Ureña Padilla
Jesús Hernández López

Editorial Tecnológica de Costa Rica

Guía técnica para el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica

Elaborado por:
Jorge Loaiza Cárdenas
Universidad Nacional.

Elizabeth Arnáez Serrano e Ileana Moreira González
Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Franklin Herrera Murillo, Álvaro Ureña Padilla
Universidad de Costa Rica.

Jesús Hernández López
Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Con el aporte de:
Ernesto Pérez,
gerente Coopevaquita R. L. plantación en Laurel, Corredores, Puntarenas.

Willian González,
propietario plantación en Sixaola, Talamanca, Limón.

Ricardo Herrera Monge,
propietario, plantación en Santa Clara y Finca Los Almendros,
Cristo Rey, Los Chiles, Alajuela San Carlos.

Inés Gómez Matarrita,
propietaria de plantación en San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste.

Joaquín Talavera,
Las Juntas de Abangares-Recope

Primera edición para Latinoamérica.
Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2012.

634
G93g Guía técnica para el establecimiento y producción del cultivo de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica / Jorge Loaiza Cárdenas [y otros 5]. -- Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2012.

92 páginas.

ISBN 978-9977-66-244-2

ISBN 978-9977-66-568-9 (e-book)

1. Botánica 2. Cultivos no tradicionales

I. Loaiza Cárdenas, Jorge II. Hernández López, Jesús. III. Arnáez Serrano, Elizabeth. IV. Moreira González, Ileana. V. Ureña Padilla, Álvaro. VI. Herrera Murillo, Franklin

© Editorial Tecnológica de Costa Rica
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Correo electrónico: editorial@itcr.ac.cr
Apdo. 159-7050, Cartago
Tel: (506) 2550-2297 / 2550-2336 / 2550-2392
Fax: (506) 2552-5354
Hecho el depósito de ley.
Impreso en Costa Rica.

Contenido

Presentación **9**

Capítulo I

Aspectos generales **11**

1.1 Origen 11

1.2 Componentes químicos 11

1.3 Usos 11

1.4 Botánica de la planta 13

1.5 Requerimientos agroclimáticos del cultivo 14

1.5.1 Clima 14

1.5.2. Suelo 15

Capítulo II

Sugerencias para el establecimiento de plantaciones de Jatropha, basadas principalmente en las experiencias del proyecto "Validación económica, técnica y ambiental del cultivo de Jatropha curcas como una alternativa de producción de energías no fósiles en cuatro regiones de Costa Rica" **17**

2.1 Formas de propagación de Jatropha curcas 17

2.2 Propagación sexual 17

2.2.1 Características de la semilla por utilizar 17

2.2.2 Siembra directa 19
2.2.3 Siembra por trasplante 20
2.2.3.1 Construcción de almácigos 21
2.2.3.2 Labores de mantenimiento del almácigo 25
2.2.3.3 Cantidad de semilla por utilizar 26
2.3 Propagación asexual 27
2.4 Sugerencias para el establecimiento de plantaciones 32
2.4.1. Escogencia y preparación del terreno 32
2.4.2 Preparación del terreno 33
2.4.3 Marcaje del terreno y hoyos para la siembra 33
2.4.4 Distancias de siembra 34
2.4.5 Época de siembra 34
2.4.6 Poda 35
2.5. Etapas del cultivo en plantación establecida 37
2.6 Sugerencias para el manejo de las plantaciones ya establecidas 41
2.6.1 Fertilización 41
2.6.2 Manejo de malezas 41
2.6.2.1 Efecto de la competencia de malezas en Jatropha 41
2.6.2.2 Tipos de malezas en el cultivo de Jatropha curcas 41
2.6.2.3 Herbicidas utilizados para el control de malezas en Jatropha 47
2.6.2.4 Sugerencias para el control de malezas durante la siembra directa en campo 52
2.6.2.5 Sugerencias para el control de malezas en siembra por trasplante y estacas 54
2.6.2.6 Sugerencias para el control de malezas en plantaciones establecidas. 54
2.6.3 Algunas plagas observadas en el cultivo de Jatropha curcas y posibles medidas para su control 57
2.6.3.1 Hormigas zompopas (Atta cephalotes, orden Hymenoptera, fam. Formicidae) 57

2.6.3.2 Ácaro blanco (Polyphagotarsonemus latus, orden Prostigmata, fam. Tarsonemidae) 59
2.6.3.3 Cochinilla blanca harinosa (Pseudococcus sp.) orden Hemiptera, familia Pseudococcidae. 61
2.6.3.4 Chinche..... 63
2.6.3.5 Barrenador del tallo: Lagocheirus undatus (orden Coleoptera, familia Cerambycidae) 65
2.6.3.6 Trips (orden Thysanoptera, familia Thripidae)..... 66
2.6.3.7 Áfidos: Aphis sp. (Homoptera, familia Aphididae) 66
2.6.3.8 Arragles o trigonas (Trigona sp.)..... 66
2.6.4 Algunas enfermedades de la Jatropha..... 67
2.6.4.1 Antracnosis: Colletotrichum spp. 67
2.6.4.2 Mancha angular: Xanthomonas sp. 67
2.6.4.3 Pudriciones de raíces y base del tallo..... 69
2.7 Manejo post cosecha..... 70

Capítulo III
Experiencias en el manejo de parcelas de observación ubicadas en diferentes regiones de Costa Rica.....73
3.1. Plantación establecida en San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste 73
3.2. Plantación establecida en la EEAFBM, La Garita de Alajuela 75
3.3. Plantación establecida en la finca Recope (Refinadora Costarricense de Petróleo), La Garita de Alajuela 76
3.4. Plantación establecida en Coopevaquita, Laurel, Corredores. 78
3.5. Plantación establecida en Margarita, Sixaola, Limón 80
3.6. Plantación establecida en Horquetas de Sarapiquí Campus UNA-Sarapiquí 81
3.7. Plantación establecida en Barrio Cooper, Los Ángeles de San Ramón, Alajuela.....81
3.8. Plantación establecida en Cristo Rey de Los Chiles 82

Capítulo IV
Estimaciones económicas
Estimaciones de costos de establecimiento, producción y post cosecha 85
4.1. Parámetros de rentabilidad para la obtención de biodiesel a nivel local 85
4.2. Avío para el establecimiento de Jatropha curcas..... 86

Capítulo V
Bibliografía 89

Presentación

Esta guía técnica recoge el trabajo cotidiano que un equipo de investigadores de la Universidad Nacional, el Instituto Tecnológico de Costa Rica, la Universidad de Costa Rica y el Convenio MAG-UCR ha realizado durante varios años de seguimiento a plantaciones establecidas en cinco regiones de Costa Rica: Región Sur, Región Huetar Atlántico, Región Huetar Norte, Región Pacífico Central y Región Chorotega.

Dicho aporte fue posible gracias al financiamiento obtenido mediante de la Comisión de Regionalización Interuniversitaria de la Región Huetar Atlántico (CRI-Atlántico), de los Fondos Especiales para la Educación Superior (FEES) de regionalización otorgados por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE); así, se desarrolló el proyecto por dos años.

Existen condiciones agroclimáticas muy variadas en las cinco regiones en donde se han establecido plantaciones por parte de productores independientes, asociaciones y cooperativas. Igualmente, la capacidad de inversión en el establecimiento del cultivo ha sido muy variada.

Por lo tanto, en esta guía técnica se presentan aspectos relevantes por considerar, los cuales pueden ayudar en el establecimiento del cultivo por parte de cualquier agricultor que quiera establecerlo en condiciones similares a las analizadas.

Aunque se dan algunas indicaciones acerca de las regiones donde esta planta ha manifestado mejor comportamiento, no quiere decir que

se cierre la posibilidad de siembra en otras zonas; por el contrario, queda abierta la opción para que sean los propios productores quienes decidan, dado sus intereses por llevarlo a cabo.

Queda planteada una vasta gama de aspectos por considerar si se quiere tener éxito en el establecimiento y producción de *Jatropha curcas* (tempate).

Los autores



Capítulo I
Aspectos generales

1.1 Origen

El género *Jatropha* es una especie nativa de Mesoamérica. Actualmente se encuentra distribuida en los trópicos y subtrópicos de diversas regiones del mundo. Es cultivada en América Latina, Sureste de Asia, India y África, en donde fue un importante producto de exportación en las Islas Cabo Verde, durante la primera mitad del siglo XX.

1.2 Componentes químicos

La planta de tempate (*Jatropha curcas*) contiene diversidad de sustancias químicas, entre ellas: alcaloides, saponinas, taninos, esteres, toxoalbúminas y compuestos cianogénicos. Además, tiene aceites, ácidos grasos (palmítico, oleico, linoléico y esteárico).

Las hojas contienen estigmasterol y glicósidos; en las semillas se ha detectado la presencia de curcina, una albúmina tóxica termolábil que es la responsable de su elevada toxicidad; asimismo, contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio.

1.3 Usos

Los usos en medicina tradicional son diversos, con propósitos veterinarios y agrícolas. Se utilizan las diferentes partes de esta planta,

ya sea en preparaciones frescas o en decocción de semillas, hojas y madera.

Es una planta de crecimiento rápido; por lo tanto, es usada en cercas vivas, lo cual explica su amplia distribución.

Los extractos acuosos de las hojas controlan Sclerotium sp (hongo) y el extracto de semillas ha mostrado actividad molusquicida.

Tradicionalmente, el látex ha sido empleado por sus propiedades antimicrobianas contra *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Kebsdiella pneumonhiae, Streptococcus pyogenes y Candida albicans*.

Su aceite ha sido utilizado como purgativo y contra los fuertes dolores de huesos que causa el reumatismo.

Por la calidad del aceite que se extrae de las semillas, se puede producir un biodiesel de alta calidad; se estima que cada semilla contiene alrededor de un 37 a 40% de aceite.



Cercas vivas de *Jatropha curcas* cerca del río Tempisque, Cañas, Guanacaste.

Debido a su habilidad para desarrollarse en sitios semiáridos y marginales, también es utilizada para el control de la erosión. Se trata de una alternativa que podría ser manejada y explotada para la mitigación de la pobreza y la generación de autoempleo en las zonas rurales; de igual forma, permite optimizar el uso de la tierra y mano de obra.

1.4 Botánica de la planta

La clasificación taxonómica de *Jatropha curcas L*. es la siguiente:

Reino: Plantae
Filo: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Euphorbiales
Familia: Euphorbiaceae
Nombre científico: *Jatropha curcas L.*

Esta especie se ha conocido con otros nombres científicos como: *Curcas curcas*, *Curcas* indica, *Jatropha edulis*.

Recibe diferentes nombres comunes en distintos países, por ejemplo: coquito, capate, tempate, kuubín-ua (brunka), piñón, piñoncito, piñol, piñón botija, higos del duende, barbasco, piñones purgativos, higo de infierno, purga de fraile, tua tua, physic nut, pinhao manso, entre otros.

Dentro de la familia Euphorbiaceae también se encuentran algunas especies de interés comercial, como higo, higuerilla y yuca.

Es un arbusto perenne o árbol pequeño que alcanza hasta los ocho metros de altura y un diámetro de unos 20 centímetros a la altura del pecho (DAP). Presenta una copa ancha e irregular. Su tallo es verde amarillento; la savia transparente excretada de las partes cortadas se va oxidando y toma un color rojizo; las hojas son simples, alternas, con tres a cinco lóbulos, de borde liso; el haz es verde; el envés es verde claro, glabro o con pelillos finos.

Posee flores verdosas o blanco-amarillas, las inflorecencias miden de 10 a 25 cm de largo; masculinas y femeninas en la misma planta

(floración monoica), algunas hermafroditas, que son polinizadas por insectos, principalmente abejas.

La inflorescencia produce aproximadamente diez frutos ovoides o más, tipo cápsulas, de 2,5 a 4 cm de largo por 2 cm de ancho, elipsoidales, lisos, que cambian de verde a amarillo cuando maduran. Contiene de 2 a 3 semillas negras, oblongo elipsoides, de aproximadamente 2 cm de largo y 1 cm de ancho, con líneas negras conspicuas. El desarrollo del fruto necesita aproximadamente 90 días desde la floración hasta que la semilla madure. La vida productiva puede durar hasta 50 años.

1.5 Requerimientos agroclimáticos del cultivo

1.5.1 Clima

Es una especie adaptable a condiciones edafoclimáticas muy variables, desde regiones tropicales secas hasta zonas ecuatoriales húmedas.

La planta crece bien con precipitaciones anuales entre 250 y 600 mm de lluvia/año, y es tolerante a periodos de sequía. La productividad del tempate se ve afectada por la distribución de las lluvias, por la acción prolongada de vientos durante la época de floración (caída de botones florales y reducción de la polinización), así como por el exceso de humedad en el suelo.

La temperatura ideal se encuentra entre los 20 a 28 °C, pero en climas tropicales puede resistir hasta 35 °C en siembra totalmente expuesta al sol. En periodos cortos puede tolerar temperaturas menores a los 18 °C. Ecológicamente, se adapta en trópicos secos con precipitaciones de 250 mm hasta en subtrópicos húmedos con precipitaciones mayores a los 1500 mm. Las plantas de *Jatropha curcas* pueden encontrarse entre los 5 y 1500 metros sobre el nivel del mar (msnm); sin embargo, su desarrollo es mejor entre los 600 y 800 msnm. La humedad relativa durante la noche debería ser preferiblemente baja.



Flores y frutos de *Jatropha curcas* (tempate)

1.5.2. Suelo

Usualmente se desarrolla en suelos áridos y semiáridos, es altamente susceptible a inundaciones y es resistente a la sequía. No obstante, en sistemas de producción comercial requiere de suelos profundos, bien estructurados y preparados (arenosos a arcillosos), con buen drenaje, para que el sistema radicular pueda desarrollarse y abarcar mayor volumen de suelo, a fin de satisfacer las necesidades nutricionales. El rango de pH recomendado es entre 6,0 y 7,0. Se deben evitar suelos muy arcillosos (con más de 40% de arcilla), superficiales (de menos de 20 cm), con humedad constante, pobre ventilación y mal drenaje.

Se recomienda hacer un análisis de suelo, previo al establecimiento de la plantación, para elaborar un programa de fertilización de acuerdo con las necesidades nutricionales del cultivo.



Muestreo de suelos con barreno en cultivo de tempate
en Coopevaquita, zona sur de Costa Rica.

Capítulo II

Sugerencias para el establecimiento de plantaciones de Jatropha, basadas principalmente en las experiencias del proyecto "Validación económica, técnica y ambiental del cultivo de Jatropha curcas como una alternativa de producción de energías no fósiles en cuatro regiones de Costa Rica"

2.1 Formas de propagación de *Jatropha curcas*

Para el establecimiento de plantaciones de *Jatropha* se pueden utilizar diferentes materiales reproductivos, como la semilla sexual por medio de la siembra directa en el campo, o bien mediante la conformación de almácigos que luego serán trasplantados al campo definitivo. Otra forma es el empleo de estacas, las cuales también pueden ser sembradas de manera directa en el campo o enraizadas previamente.

A continuación se abordan algunos aspectos importantes por considerar, según el método de propagación que se escoja.

2.2 Propagación sexual

Se ha comprobado que la reproducción por medio de semillas es más efectiva, pues las plantas muestran rápido desarrollo y un sistema radicular más fuerte.

2.2.1 Características de la semilla por utilizar

Normalmente, la semilla tiene un diámetro de entre 1,1 y 1,4 cm, y un largo de entre 1,6 y 2,3 cm. El peso por semilla oscila entre 0,6 y 0,8 g a una humedad del 14%. El tamaño depende del tipo de material sembrado y el manejo agronómico del cultivo.

La selección de la semilla es un factor fundamental para garantizar una buena población de plantas y mejores rendimientos; por lo tanto, es importante obtener semillas de alta calidad, que cumplan los siguientes criterios:

- Deben proceder de una plantación de buena producción, de plantas sanas, con buen vigor y condiciones agroecológicas similares al sitio donde se prevé hacer la plantación.
- Deben ser las más pesadas y grandes de su procedencia.
- Preferiblemente utilizar semillas con menos de seis meses de cosechadas.
- Estar libres de daños mecánicos y por insectos.
- No presentar malformaciones ni tener plagas o enfermedades.
- Tener un contenido de humedad de entre un 10 y un 14%.
- Haber sido almacenadas en un sitio fresco, oscuro y seco.
- Se debe conocer la procedencia del material o variedad.
- Que tengan alto porcentaje de germinación y vigor al hacer las siembras.

Después de la cosecha, las semillas deben secarse a la sombra y mantenerse con una humedad cercana al 14%. Si se van a almacenar, debe hacerse en cámaras que tengan condiciones de temperatura, humedad relativa y luminosidad apropiadas, para que no pierda la capacidad de germinación.



Semilla de *Jatropha*, cosecha 2010. Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, (EEAFBM) Universidad de Costa Rica.

2.2.2 Siembra directa

En sistemas de siembra directa, es crucial que la semilla sea sana, vigorosa, con alto porcentaje de germinación, y preferiblemente tratada con un fungicida. El suelo donde se va a sembrar la semilla debe estar lo más suelto posible para promover un buen desarrollo radical de la planta.

Se recomienda hacer un hoyo de unos cinco centímetros de profundidad, poner el fertilizante al fondo, taparlo con suelo, luego colocar la semilla y taparla de manera que quede a unos dos centímetros de profundidad. La siembra puede hacerse con semilla pregerminada o sin pregerminar (Para pregerminar la semilla, hay que colocarla sobre papel periódico mojado y cubriéndolas con periódico húmedo; se mantiene por espacio de 24 horas hasta que estén totalmente

embebidas y empiecen a germinar, momento en el cual se hace la siembra. También puede hacerse en camas de arena o *peat moss*. No se recomienda llevar semillas con mucha radícula, pues al sembrarla, esta se puede dañar). Si la siembra se hace con semilla sin pregerminar, es recomendable colocar la semilla con la punta blanca hacia abajo, para evitar la curvatura conocida como cuello de ganso.

En este sistema de siembra es necesario tener un programa efectivo de control de arvenses o malezas. En caso de pérdidas de plantas en el campo, se recomienda hacer la resiembra con plántulas provenientes de almácigo, a fin de mantener la homogeneidad del cultivo.



Izquierda: semillas en pregerminación. Derecha: Germinación de plántula proveniente de siembra directa (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).

2.2.3 Siembra por trasplante

En este sistema es necesario llevar al campo las plántulas con una altura mínima de 20 cm (se ha visto buen éxito con plantas de 30 a 40 cm de alto), provenientes de un almácigo preparado entre uno y dos meses antes del trasplante; el tiempo que se tarda para tenerlo listo depende del sustrato que se use y de las condiciones climatológicas que se presenten durante el desarrollo de las plántulas.

2.2.3.1 Construcción de almácigos

- Selección del sitio: debe ser de fácil acceso, con disponibilidad de agua en forma permanente, protegido del ingreso de animales, del exceso de viento, y con buena luminosidad. Debe ser plano y cerca del área de siembra definitiva.
- Las semillas utilizadas para hacer los almácigos deben cumplir con las características antes descritas, y pueden colocarse de manera directa en el sustrato donde se hará el almácigo, o bien, pregerminarlas. Esta segunda opción también es útil cuando se tienen algunas dudas sobre la calidad de la semilla, pues permite escoger aquellas que han logrado germinar para pasarlas al sustrato de almácigo; así se logra que este sea más uniforme.
- En caso de que se desee usar semilla pregerminada, se puede hacer con la técnica de los periódicos húmedos, antes descrita; o bien, se pueden colocar las semillas en un sustrato húmedo como arena de río bien lavada, aserrín o turba (peat moss). Esto puede hacerse en bandejas plásticas o cama con un grosor de sustrato de 3 a 4 cm. Esta etapa puede durar entre dos y tres días si se tiene semilla de buena calidad, y se debe hacer con una temperatura alta (entre 28 y 30 °C) y humedad relativa alta (90-95%); sin embargo, se ha demostrado que si la semilla está recién cosechada y es de buena calidad, no es necesario realizar el proceso de pregerminación.
- Selección del sustrato por utilizar para el almácigo: ha dado buenos resultados una mezcla de tres partes de tierra fértil, una parte de granza de arroz y una parte de abono orgánico o compost bien terminado; esta mezcla debe ser debidamente desinfectada, para evitar el traslado de plagas o enfermedades. Otro sustrato que se ha utilizado con costos aceptables es el conocido como Jiffy, hecho a base de turba compactada y recubierto con una membrana biodegradable. Lo venden preparado y su uso simplifica las labores de preparación del almácigo. Estos Jiffys vienen compactados y deshidratados, por lo cual deben colocarse en agua durante unos minutos para que se humedezcan y adquieran el volumen normal para hacer la siembra.

- Desinfección del sustrato: la forma más sencilla y barata de desinfectar la tierra es mediante la solarización. Esta consiste en hacer eras de tierra de unos 30 cm de alto, humedecerla y cubrirla con un plástico negro por unas ocho semanas. Al final de ese tiempo se retira el plástico, se toma el suelo de los primeros 10 cm para hacer la mezcla y se coloca de nuevo el plástico, repitiendo la operación. Dicho proceso debe hacerse con al menos dos meses antes de hacer la mezcla para el llenado de las bolsas. Los recipientes de siembra pueden ser bolsas plásticas negras de varios tamaños (4 x 8 cm, 6 x 8cm o 7 x 10 cm). Otro sustrato es la mezcla de 50% de fibra de coco de buena calidad y 50% de compost en vasos de estereofón de 350 mL.
- Una vez listo el sustrato, se deben sembrar las semillas en los recipientes; de usar semilla pregerminadas, se debe tener el cuidado de no provocar daños a la radícula.
- El almácigo se debe mantener bajo sombra parcial, que puede ser lograda con una estructura de sarán de 60%, sombra de árboles o pequeñas estructuras con techos de hojas de palmeras.



Izquierda: Jiffys hidratados y con semillas de *Jatropha*.
Derecha: plántulas de *Jatropha* en jiffy. (EEAFBM, 2010).



Plantas de *Jatropha* procedentes de semillas sin alto porcentaje de germinación. Nótese varios jiffys sin plantas. En casos como estos, es preferible utilizar semilla pregerminada para garantizar plantas en todos los jiffys. (EEAFBM 2010).



Bolsas plásticas de 4 x 8 cm y 6 x 8 cm, jiffy y vasos de estereofón de 350 mL, utilizados para la siembra de almácigos de *Jatropha*. (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).



Planta de *Jatropha* para siembra por trasplante. Se observa el buen desarrollo radicular.





Trasplante de *Jatropha curcas* en finca de Recope. La Garita de Alajuela, 2009.

2.2.3.2 Labores de mantenimiento del almácigo

Fertilización del almácigo

Por lo general, si se observan deficiencias nutricionales en las plantas o almácigos que se manifiestan con un crecimiento lento, se recomienda la aplicación de fertilizantes foliares que contengan macro y micronutrientes.

Combate de plagas y enfermedades en almácigos

El periodo de almácigo es corto, pero aun así se pueden presentar problemas con insectos cortadores, hormigas arrieras (*Atta sp.*) o áfidos. Si hay presencia de alguna de las plagas anteriormente mencionadas, se pueden hacer aplicaciones de cebos para los insectos cortadores, o Lorsban® en polvo, en el caso de las hormigas. Para los áfidos, los insecticidas piretroides o algún otro producto de contacto son recomendados. En almácigos bajo techo se han visto ataques importantes de cochinillas, las cuales se pueden combatir con productos como diazinón más aceite agrícola.



Áfidos en brotes de la planta de *Jatropha curcas*. La Garita de Alajuela.

Otras labores por realizar en los almácigos

Es conveniente mantener el área de siembra siempre libre de malezas, las cuales se pueden controlar de forma manual.

La aplicación de riego debe realizarse de manera moderada, cuando la planta lo requiera.

Acondicionamiento del almácigo para el trasplante

Una vez que las plántulas han alcanzado un tamaño cercano a los 20 cm de altura, conviene retirarles paulatinamente la sombra y espaciar los riegos, para que se vayan endureciendo y adaptando al pleno sol.



Sitio de crecimiento de almácigos en bolsas plásticas, en campo abierto. (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).

2.2.3.3 Cantidad de semilla por utilizar

Dependiendo de la distancia de siembra y de la topografía, así va a variar el número de plantas por hectárea. Un kilogramo de semilla

contiene entre 1100 y 1300 semillas; así, para sembrar una hectárea se necesitan de 2 a 2,5 kg de semilla, pero eso también depende del porcentaje de germinación y la distancia de siembra.

2.3 Propagación asexual

Este sistema de siembra tiene sus inconvenientes, principalmente en lo que se refiere al desarrollo del sistema radical, pues al usar estacas o partes del tallo no hay un buen desarrollo de raíz pivotante. Sin embargo, la cosecha tiende a ser más precoz que en plantas procedentes de semilla.

Las estacas se pueden sembrar directamente en el campo de siembra definitivo.

Otra opción es poner las estacas a enraizar en tierra, y después de unos dos meses trasladarlas al campo definitivo.

Si la siembra se va a hacer con fines comerciales, las estacas deben tener un mínimo de 3 cm de grosor y unos 20 a 30 cm de longitud. Si las estacas se van a sembrar como cercas vivas, deben tener mínimo un metro de longitud y un grosor mayor a 5 cm, y sembrarlas a doble fila a 0,5 metros entre plantas y entre filas.

La ventaja de la siembra por estacas en cercas vivas, principalmente en fincas ganaderas, es que hay una economía importante en el manejo de la cerca, ya que a partir del cuarto o quinto año y si la densidad de siembra es alta, prácticamente se elimina el manejo de la cerca convencional. Esto economiza en alambre, grapas, postes y mano de obra; de esta manera, únicamente queda la cerca viva de tempate, que se puede podar anualmente.

Cualquiera que sea el interés de la siembra por estaca, el corte apical debe ser en ángulo de 45°. Los cortes superiores deben ser tratados con alguna pasta selladora o con una mezcla de pintura de agua blanca, un fungicida a base de cobre y un insecticida.



Corte de estaca de *Jatropha curcas* en ángulo de 45°.
(EEAFBM, Universidad de Costa Rica).



Corte de estaca de *Jatropha curcas* cubierta con pasta selladora para evitar la entrada de patógenos. (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).

Existen diferentes formas para enraizar las estacas, entre ellas:

a- Sobre camas preparadas en suelo directo. Es importante picar y desmenuzar el suelo y preferiblemente adicionarle un buen compost o materia orgánica descompuesta. Las dimensiones varían con la cantidad de estacas que se quiera enraizar, pero se recomienda que el ancho sea tal que facilite las labores por ambos lados de la era. El objetivo es preparar las plantas del tamaño adecuado para llevarlas a campo, lo cual puede durar alrededor de dos meses y medio en condiciones óptimas. Cuando las plantas tienen entre 30 y 40 cms de altura y empieza a brotar el primer par de hojas verdaderas, se debe sembrar en campo o pasarlo a bolsas, para que la planta engruese un poco más y desarrolle un buen sistema radical.

b- En bolsas con suelo. El suelo preferiblemente debe ser de áreas no cultivadas y con buena materia orgánica. El tamaño de las bolsas puede ser igual al descrito para almácigos de semilla.

c- En Jiffy. En este caso se usan estacas pequeñas, de unos 20 cm de longitud, y relativamente delgadas para que entren en el jiffy. Si se tarda mucho en este recipiente, también deben pasarse a bolsas.



Siembra de estacas de *Jatropha curcas* en camas y en lomillos.
Finca de Ricardo Herrera, Cristo Rey de los Chiles, Alajuela.



Enraizamiento de estacas de *Jatropha* en tierra. (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).



Rebrote de estacas de *Jatropha curcas* en bolsas.



Vivero de *Jatropha curcas* en bolsas de vivero.



Plantas de *Jatropha curcas* en bolsa, al aire libre y bajo invernadero.



Estacas de *Jatropha curcas* en jiffys para enraizar.
(EEAFBM, Universidad de Costa Rica).



Planta de *Jatropha curcas* procedente de estaca enraizada. Se observa la falta de raíz pivotante. (EEAFBM, Universidad de Costa Rica).

2.4 Sugerencias para el establecimiento de plantaciones

2.4.1. Escogencia y preparación del terreno

Se ha visto que las plantas crecen mejor por debajo de los 1000 msnm, en suelos con buen drenaje y preferiblemente fértiles. Existe el mito de que este cultivo se adapta y produce en condiciones marginales de suelo y clima; en realidad, bajo esas condiciones puede sobrevivir, pero no dar una producción comercialmente rentable. Para obtener una buena cosecha que genere altos rendimientos económicos, es necesario que el cultivo se establezca en condiciones agroclimáticas aptas y se realicen todas las labores agrícolas que requiere cualquier otra plantación.

2.4.2 Preparación del terreno

La preparación puede variar dependiendo de la forma de siembra que se escoja. Puede ser en labranza convencional, para lo cual se requiere el paso de un arado y dos pases cruzados de rastra; generalmente, esto puede hacerse en condiciones donde la topografía permita el uso de la maquinaria. Otra forma es en mínima labranza, para ello se puede aplicar un herbicida como glifosato en todo el terreno, o bien en las hileras donde se va a sembrar; se deja unos ocho días para que la maleza se vaya desecando y luego se hacen los hoyos para la siembra. Este sistema es el más recomendable y además el más económico.



Plantaciones de *Jatropha curcas* en mínima labranza.
Finca de Recope, La Garita, Alajuela, 2010.

2.4.3 Marcaje del terreno y hoyos para la siembra

Es importante que el trazo de las hileras de siembra se haga tomando en cuenta las curvas a nivel, para así evitar acumulaciones de agua, las cuales son muy perjudiciales para el cultivo. Esto se puede hacer utilizando un codal o un nivel de manguera, y se pueden ir colocando estacas en los puntos donde se hará el hoyo para la siembra.

Otra forma es hacer un hoyo en cada punto de siembra, siguiendo el contorno del terreno. Es necesario que en cada hoyo que se hace para depositar la planta, semilla o estaca, el suelo esté lo más suelto posible, con la profundidad necesaria para que la raíz no quede doblada al momento del trasplante.

Una vez acondicionado el sitio de siembra, se puede aplicar una mezcla de 50 gramos de fertilizante químico como 10-30-10 o 12-24-12, mezclado con 200 gramos de abono orgánico o *compost*; esto permite dar un buen crecimiento inicial al cultivo. La mezcla se tapa con una capa de tierra y posteriormente se pone la planta, semilla o estaca por sembrar.

2.4.4 Distancias de siembra

En una plantación, el espaciamiento entre las plantas puede variar. Un espaciamiento comúnmente utilizado es el de 3 x 2 metros, con 1 666 plantas por hectárea; de esta manera, cuando las plantas crecen, tienen suficiente espacio para el crecimiento y la ramificación. Además, bajo este modelo se deja suficiente espacio para pasar maquinaria o intercalar cultivos en el primer y segundo año, periodo en el cual se forma la planta.

En cercos vivos, las plantas deben estar separadas unos 50 centímetros entre sí, en una única fila. Para el establecimiento rápido, es aconsejable iniciar el cerco vivo a partir de esquejes o estacas durante la temporada de lluvias.

En cultivos asociados podría separarse más la distancia entre hileras, pero se debe recordar que si hay menos plantas por hectárea, significa menor producción por área. Se están haciendo pruebas con altas densidades.

2.4.5 Época de siembra

La mejor época para plantar es al inicio de la temporada de lluvias, cuando el suelo cuente con humedad y permita el buen establecimiento de las plantas.

Después de esto, el riego adicional solo será necesario cuando la lluvia no sea suficiente. Durante los primeros tres meses de crecimiento, es importante que no falte la humedad en el suelo, ya que es el periodo en el cual la planta desarrolla su sistema de raíces.

2.4.6 Poda

En la producción comercial de *Jatropha*, la poda es una actividad fundamental que permitirá tener plantas con al menos 36 ramas productivas en el tercer año. La primera poda debe realizarse lo antes posible, puede ser tan temprano como un mes después de germinada la semilla, o brotada la estaca. En este caso, conviene dejar al menos tres yemas.



Primera poda en almácigo de bolsas.

La segunda se realiza unos tres meses después de la plantación en el campo, aquí se podan las ramas dejando segmentos de 30 a 50 cm. Una tercera poda puede realizarse en el tercer nivel o estrato de ramas, de manera que la planta vaya tomando la forma de candelabro. Pueden realizarse las podas necesarias para lograr que la planta tenga más de

36 ramas productivas. También conviene quitar “chupones” o ramas que queden muy sombreadas y no vayan a ser productivas.



Segunda poda de *Jatropha curcas* en el campo.



Tercera poda de plantas de *Jatropha curcas*.

En varias plantaciones se ha visto que la primera poda se hace más o menos al año del trasplante, cuando hay un buen tallo y la planta está bien establecida; sin embargo, esta técnica hace que se elimine mucho material y se pierda tiempo en alcanzar la planta bien formada, aunque puede aprovecharse más el material de poda para hacer reproducción.



Izquierda: poda tardía de *Jatropha curcas* asociada a plátano.
Derecha: planta de dos años con tres podas de formación y 40 ramas.

2.5. Etapas del cultivo en plantación establecida

Después de sembrada la planta en el campo, y si las condiciones de clima y manejo son adecuadas, es posible que entre los seis y ocho meses se inicie la etapa de floración, considerada como la tercera etapa de crecimiento. La floración de la *Jatropha* es un asunto complejo: es inducida por factores de estrés como las fluctuaciones de temperatura y sequía, pero todavía se desconoce exactamente cómo y en cuáles umbrales se produce esto. Sin embargo, se ha visto que una floración exitosa ocurre cuando en la etapa de inducción floral se dan condiciones ambientales como alta radiación solar, altas temperaturas tanto la media como la mínima (>18°C) y suficiente lluvia. También le favorece que no ocurran altos porcentajes de humedad relativa.

Las plantas que crecen bajo la sombra de otros árboles o en condiciones nubladas no florecen o su floración es notablemente inferior a las desarrolladas en plantas que crecen a pleno sol.



Planta en floración de *Jatropha curcas*.

En un clima con estaciones bien diferenciadas, la *Jatropha* empieza a florecer una vez finalizados los periodos de estrés, lo cual puede ser varias veces al año. La presencia de polinizadores es uno de los requisitos indispensables para tener una excelente cosecha. Esto se puede favorecer dando condiciones adecuadas para que en los alrededores vivan abejas silvestres como las congas, las cuales visitan las flores de la *Jatropha.*

Una vez ocurrida la polinización, empieza la formación de los frutos, que tardan aproximadamente tres meses para alcanzar una coloración amarilla; esto indica que están listos para ser recolectados. Lo anterior se considera la cuarta etapa de desarrollo.

Después de la cosecha de la fruta, la planta puede entrar en una fase de letargo; por lo general, bota una gran cantidad de hojas. En otras situaciones, si existe buena humedad, buena nutrición y buen desarrollo de la planta, esta puede entrar en otra fase de inducción floral. Esto

dependerá de las condiciones de estrés, pero el mecanismo exacto todavía se desconoce.



Polinizadores en planta de *Jatropha curcas*.



Frutos inmaduros de *Jatropha curcas*.



Plantación de *Jatropha curcas* en fructificación.



Frutos en maduración de *Jatropha curcas* listos para ser cosechados.

2.6 Sugerencias para el manejo de las plantaciones ya establecidas

2.6.1 Fertilización

Lo aconsejable es hacer análisis de suelos, y en función de estos hacer un programa de fertilización, considerando además las necesidades del cultivo y las etapas de mayor demanda de nutrimentos. En las parcelas de campo que se han manejado en varias zonas del país se ha visto buena respuesta de las plantas a la fertilización con al menos 50 gramos de 10-30-10 por planta colocándolo al inicio de la estación lluviosa y a mediados de esta. También después de las podas, cuando hay follaje nuevo, se pueden hacer fertilizaciones foliares con microelementos. La defoliación que presenta típicamente esta planta ayuda en el reciclaje de nutrimientos.

2.6.2 Manejo de malezas

2.6.2.1 Efecto de la competencia de malezas en *Jatropha*

Aun cuando *Jatropha curcas* se considera una especie bastante rústica, se ha observado que durante sus primeros estados de desarrollo puede ser severamente afectada por la competencia ejercida por las malezas. Los mayores problemas ocurren en el primer año de establecimiento. En sistemas donde se siembre directamente la semilla en campo, una buena calidad de la semilla y un buen manejo inicial de las malezas son cruciales para lograr un buen establecimiento de la plantación. Los efectos de la competencia por malezas se traducen en plantas amarillentas, con menos follaje, tallos más delgados, menor altura y menor ramificación.

2.6.2.2 Tipos de malezas en el cultivo de *Jatropha curcas*

El tipo y cantidad de malezas que se presente en una plantación de *Jatropha* dependen mucho del sitio y su banco de semillas en el suelo, de las condiciones de suelo y clima, y del historial de manejo de malezas que se haya dado a ese lote antes y durante la plantación. En el suelo se almacena gran cantidad de semillas de malezas que pueden germinar en diferentes momentos, lo cual provoca que siempre tengamos nuevas

poblaciones de malezas. Lo ideal es tener un listado de las especies que se presentan en la finca y cuáles tienen mayor potencial de daño para la *Jatropha.* Aquellas especies de rápido crecimiento, follaje denso y sistema radical profuso, con requerimientos similares a la *Jatropha*, tienden a ser más perjudiciales. Si no se dispone de esos listados, se recomienda al menos agruparlas en las siguientes cuatro categorías:

a) Malezas de hoja angosta: incluye todas las gramíneas o poáceas, también conocidas popularmente como zacates. Estas se caracterizan por tener tallos redondos y hojas delgadas y alargadas en posición alterna a lo largo del tallo.
b) Malezas de hoja ancha: incluye todas las dicotiledóneas, tanto anuales como perennes y trepadoras; estas tienen hojas en forma redondeada, sin importar su tamaño.
c) Ciperáceas: incluye todas las especies de la familia Cyperaceae, conocidos como coyolillos, además de la navajuela y pelos de chino. Son plantas similares a los zacates, pero a diferencia de estos, las ciperáceas en su mayoría tienen el tallo triangular, hojas agrupadas en espiral en la base del tallo, lisas, brillantes, y tallo floral sin ramificaciones.
d) Commelinaceas: agrupa las especies conocidas como “siempre vivas”. En su mayoría son especies rastreras o volubles, suculentas, y aunque en algunas de ellas las hojas son relativamente anchas, pertenecen a las monocotiledóneas.

Esta forma sencilla de agruparlas ayuda para tomar decisiones sobre cuáles estrategias de control utilizar, pues la eficacia de algunos métodos de control varía según los grupos de malezas que se tengan. En vista de que la cantidad de especies que se pueden comportar como malezas es muy amplia, a continuación se muestran algunos ejemplos para cada grupo indicado, a fin de que sirvan de guía para hacer este tipo de clasificación.

Ejemplos de malezas de hoja angosta o poáceas potencialmente dañinas para *Jatropha:*

Ejemplos de malezas de hoja ancha con potencial de daño en *Jatropha*:

Ejemplo de Ciperáceas (Coyolillos)

Ejemplo de Commelinaceas (Siempre viva)



Roottboellia cochinchinensis (caminadora). Inflorescencia y estados tempranos de desarrollo (Foto: Adolfo Soto). Esta especie es anual (vive menos de 1 año), crece rápido y puede alcanzar dos metros o más de altura. Presenta semillas en forma de tuquito y pelos urticantes en la base de las hojas.



Ixophorus unisetus (Zacate Honduras) (Foto: Adolfo Soto). Es una planta perenne utilizada también como pastura; de crecimiento rápido, suculenta, llega a cubrir todo el terreno, posee panícula con pelos largos.



Baltimora recta (Flor amarilla). Especie anual común en el Pacífico Central y Seco. La floración es muy marcada al final del año, es muy visitada por abejas. Llega a cubrir totalmente el terreno.



Melampodium divaricatum (Comunismo). Especie anual de rápido crecimiento, común en áreas disturbadas. *M. perfoliatum* es muy similar, pero con pecíolos alados, hojas más grandes y sépalos más grandes que los pétalos. Pueden llegar a cubrir los terrenos.



Amaranthus spinosus (Bledo) (Foto: Adolfo Soto). Especie anual de rápido crecimiento, tiene espinas y produce gran cantidad de semillas.



Izquierda: planta de churristate (*Ipomoea* sp.) (Foto: Dow Agroscience).
Derecha: plantas de churristate creciendo en una plantación de *Jatropha* en Santa Cruz, Guanacaste. Nótese su hábito trepador, lo que afecta más a la *Jatropha*.



Cyperus rotundus (Coyolillo). Especie perenne, pequeña, pero presenta secreción de sustancias alelopáticas que pueden afectar el crecimiento de varios cultivos. Produce gran cantidad de pequeños tubérculos que le rven para reproducirse. Sus inflorescencias son de color marrón.



Commelina diffusa (Siempre viva). Especie perenne, rastrera, de porte pequeño y raíces superficiales. Tallo y hojas suculentas. Se reproduce por semilla sexual y vegetativamente por las yemas de los tallos. Puede llegar a cubrir el suelo, pero siempre de poca altura. Siempre vive creciendo junto con plantas pequeñas de *Jatropha*. Podría funcionar como cobertura viva, pero dichos estudios no se han realizado en *Jatropha*.

2.6.2.3 Herbicidas utilizados para el control de malezas en *Jatropha*

Durante la fase de establecimiento, las plantaciones de *Jatropha* deben recibir un adecuado control de las malezas, para evitar los daños producidos por estas. En plantación establecida, cuando las plantas están bien formadas y con buena cobertura del suelo, el problema de malezas disminuye; sin embargo, siempre deben realizarse labores de control, especialmente alrededor de las plantas, zona que además se requiere limpia para recolectar los frutos que caen. Estas labores pueden hacerse mediante el uso de herbicidas; no obstante, uno de los inconvenientes es que no hay herbicidas registrados para *Jatropha*, básicamente por ser un cultivo nuevo o en proceso de domesticación.

En el cuadro 1 se indican algunos herbicidas que han sido evaluados en *Jatropha*, pero que por la razón antes expuesta tendrían que utilizarse con ciertas limitaciones y cuidados. Cuando se utilicen herbicidas, es muy importante calibrar los aspersores y hacer la dosificación correcta, considerando la concentración del ingrediente activo en la formulación comercial que se disponga; en este caso, se mencionan dosis con base en los ingredientes activos y no en el producto comercial.

Cuadro 1. Herbicidas con uso potencial en el cultivo de *Jatropha curcas*

Grupo A. Herbicidas no selectivos para aplicación dirigida sobre las malezas emergidas, o para eliminar vegetación previo a la siembra de la *Jatropha*	
Glifosato	
Rango de dosis	De 350 a 2 000 gramos de ingrediente activo (glifosato)/ha
Nombres comerciales registrados en Costa Rica	120 marcas registradas. Ejemplos: Roundup 35,6 SL; Touchdown 50 SL; Roundup Max 68 SG; Root out 36 SL; Roka 35,6 SL; Rival 68 SG; Rodeo 35,6 SL; Rondopaz 36 SL ; Ranger 24 SL, Ranger Plus 68 SG ; Biokil 24 SL y 35,6 SL; Balazo 35,6 SL; Arrasador 75,7 S.G.
Malezas que controla	Zacates o poáceas, varias malezas de hoja ancha y ciperáceas. Pobre control sobre Rubiáceas (chiquizacillos) y siempre viva. Dosis bajas para malezas en primeros estados de desarrollo. Cuanto más desarrollada la maleza o en condiciones de estrés, se requiere aumentar la dosis.
Cuidados	Si este herbicida le cae a la *Jatropha*, la daña. Se usa para eliminar vegetación establecida antes de la siembra, o en la plantación pero aplicándola a la maleza de forma dirigida. Para aplicarlo conviene acidificar el agua, evitar aguas duras y agregar un penetrante a la mezcla. Se requiere unas dos horas sin lluvia después de la aplicación. Debido a que es sistémico, no se necesita que la maleza sea totalmente bañada, y pueden utilizarse aplicadores de felpa como los *ecoweeder*. Por no tener efecto residual, pronto se notará una nueva emergencia de malezas.

Glufosinato de amonio	
Nombres comerciales registrados en Costa Rica	Basta 15 SL y 20 SL; Finale 15 SL; Bioquim Terminal 15 SL.
Rango de dosis	De 120 a 450 g de i.a/ha
Malezas que controla	Herbicida de amplio espectro, controla zacates, hoja ancha y varias ciperáceas.
Cuidados	No es selectivo a la *Jatropha*, por lo cual debe evitarse que entre en contacto con la planta. Se usa de manera similar al glifosato; sin embargo, no es totalmente sistémico, por eso se requiere que las malezas queden bien cubiertas por la aspersión. Este herbicida no tiene efecto residual y pronto se notará una nueva emergencia de malezas. Entre las ventajas está que no tiene problemas con aguas duras y además es muy poco tóxico a humanos.
Paraquat	
Nombres comerciales registrados en Costa Rica	72 marcas registradas. Ejemplos: Gramoxone 20 SL; Boa 20 SL; Agroquat 20 SL; Cafesaquat 20 SL; Fuego 20 SL; Gramecoop 20 SL, Rimaxone 20 SL.
Rango de dosis	De 200 a 500 g ia/ha
Malezas que controla	Herbicida de amplio espectro, controla zacates, hoja ancha y varias ciperáceas.
Cuidados	No es selectivo a la *Jatropha*; por eso debe evitarse que entre en contacto con la planta. Es un herbicida de contacto; por lo tanto, es necesario que las malezas queden bien cubiertas por la aspersión. No tiene problemas con aguas duras, pero el agua usada para aplicarlo debe estar clara, pues se inactiva con el suelo disuelto en el agua. Este herbicida no tiene efecto residual, por lo que pronto se notará una nueva emergencia de malezas. Es de alta toxicidad a humanos, por lo que debe usarse con los equipos de protección adecuados y con extremo cuidado.

Grupo B. Herbicidas para aplicación sobre poáceas emergidas, pero selectivos a la *Jatropha*	
Fluazifop-butil	
Nombres comerciales registrados en Costa Rica	Fusilade 12,5 EC; Fluazifop-p-butyl 12,5 EC; Rimac fluazifop-p-butyl 12,5 EC; Flop 12,5 EC.
Rango de dosis	De 100 a 150 g ia/ha
Malezas que controla	Solo zacates o poáceas en diferentes estados de desarrollo.
Cuidados	Este herbicida es selectivo a la *Jatropha*, no le afecta si le cae al follaje. Solo controla poáceas, por lo que el resto de malezas seguirá creciendo; es útil cuando hay un problema de solo zacates. Dosis bajas controlan malezas pequeñas; para zacates más desarrollados se requieren dosis altas.
Cletodim	
Nombres comerciales registrados en CR	Select 12 EC y 24 EC; Cletozell 12 EC
Rango de dosis	De 100 a 150 g ia/ha
Malezas que controla	Solo zacates o poáceas en diferentes estados de desarrollo.
Cuidados	Su uso es muy similar al fluazifop–butil. Es selectivo a la *Jatropha*. Solo controla poáceas, por lo que el resto de malezas seguirá creciendo. Dosis bajas controlan malezas pequeñas; para zacates más desarrollados se requieren dosis altas.
Grupo C. Herbicidas aplicados en preemergencia a las malezas y a la *Jatropha*, o en bandas cerca de las plantas de *Jatropha* ya emergidas	
Diurón	
Nombres comerciales registrados en Costa Rica	82 registros comerciales
	Diruex 50 SC, Diurex 80 WP, Diurón 80 SC, Diurón 80 WP, AAtrex 80 SC, Batazo 50 SC, Batazo 80 WG, Batazo 50 SC, Bioron 48 SC, Bioron 80 WG, Karmex 80 WP, Karmex 80 WG, Trombo 80 WP, Rimac diurón 50 EC.
Rango de dosis	De 700 a 1000 g ia/ha
Malezas que controla	Hoja ancha y algunas poáceas.

Cuidados	Es de uso preemergente, pero puede controlar plántulas de varias malezas. En suelos arenosos se usan dosis bajas, mientras que en suelos arcillosos las dosis altas. No se han dado problemas de toxicidad en este cultivo en siembra directa y en aplicaciones dirigidas, en suelos de textura media; pero en suelos arenosos y mucha lluvia este herbicida podría llegar al sistema radical de la *Jatropha* y producir síntomas de toxicidad.
Linurón	
Nombre comerciales	Diez nombres comerciales registrados: Afalón 45 SC 47 WP, Afacoop 50 WP, Lorox 50 WP, Linurex 50 WP, Drexel Linurón 48 EC, Agromart linurón 48 EC, 50 WP; Agrozamoranos linurón 45 SC y 50 EC.
Rango de dosis	De 500 a 1000 g ia/ha
Malezas que controla	Hoja ancha y algunas poáceas
Cuidados	Muy similares al diurón
Pendimetalina	
Nombres comerciales	21 nombres comerciales registrados: Prowl 40EC, 45 CS, 50 EC; Gramilax 40 EC, 50 EC; Garra 33 EC, 40 EC; Bioquin Toro 50 EC; Garrolite 50 EC; Hebreh 50 EC; Rimac pendimetalina 50 EC, entre otros.
Rango de dosis	De 750 a 1500 g ia/ha
Malezas que controla	Poáceas y algunas hojas anchas. Controla Rottboellia
Cuidados	Este herbicida aplicado en preemergencia ha mostrado buena selectividad a la *Jatropha*.
	No es efectivo sobre malezas emergidas, por lo que debe aplicarse antes de que germinen. No controla ciperáceas. Puede ser aplicado en mezcla con herbicidas como el diurón para ampliar el rango de control. Si hay maleza emergida, se puede mezclar con herbicidas no selectivos como glifosato (si predominan poáceas perennes), o bien con glufosinato de amonio o paraquat para malezas anuales. En este último caso, debe aplicar de manera dirigida a las malezas, cuidando que la mezcla no caiga sobre el follaje de la *Jatropha*.

Alachlor	
Nombres comerciales	Alanex 48 EC. Lazo 48 EC
Rango de dosis	De 1000 a 2000 g ia/ha
Malezas que controla	Poáceas, algunas hojas anchas y ciperáceas. No controla Rottboellia.
Cuidados	Puede aplicarse en preemergencia a las malezas y a la *Jatropha*. Debido a que es más eficaz para poáceas, se puede mezclar con diurón para ampliar el rango de control de malezas de hoja ancha. Las dosis bajas se utilizan en suelos livianos o con alto contenido de arena, y las dosis altas en suelos con alto contenido de arcillas o materia orgánica. De igual manera que la pendimetalina, puede aplicarse en forma dirigida a la maleza en mezcla con glifosato, glufosinato de amonio o paraquat.

2.6.2.4 Sugerencias para el control de malezas durante la siembra directa en campo

En este caso, se puede partir de una preparación convencional del terreno, que normalmente consiste de una arada y dos pases de rastra. Seguidamente se puede sembrar la semilla de *Jatropha* y antes de que germine se pueden aplicar herbicidas preemergentes como los indicados en el cuadro 1. Otra opción es que una vez preparado el terreno se deje unos días hasta que germinen las malezas; posteriormente se siembra la semilla de *Jatropha* y antes de que germine, se aplica glifosato en mezcla con alguno de los herbicidas preemergentes. El glifosato es de amplio espectro y muy efectivo contra poáceas anuales y perennes emergidas.

En vez de glifosato también se puede utilizar el glufosinato de amonio, herbicida no selectivo, de amplio espectro de acción contra malezas, pero al momento más costoso que el glifosato. Estos dos últimos herbicidas no tienen efecto residual sobre las malezas, es decir, solo eliminan a aquellas malezas que les cae el producto y no afectan a las que nacen. Por esa razón se utilizan preemergentes en la mezcla, los cuales pueden eliminar nuevas generaciones de malezas que germinen en los 30 a 45 días siguientes a la aplicación.

Según las condiciones del terreno, podría sustituirse la mecanización por una siembra directa sobre rastrojos. En este caso, la vegetación existente se elimina mediante una aplicación adecuada de glifosato, que puede ser total o solo en las franjas donde se sembrará la *Jatropha*. Una vez que la vegetación empiece a secarse, se puede sembrar la *Jatropha* y antes de que germine se pueden aplicar herbicidas preemergentes.

Los herbicidas preemergentes tienen un periodo de control que puede durar entre 30 y 45 días, dependiendo de la dosis y condiciones de suelo y clima; por lo tanto, cuando se observe una nueva germinación de malezas, se pueden hacer deshierbas manuales, o si fuera necesario una nueva aplicación de un herbicida como glifosato, glufosinato de amonio o paraquat, en mezcla con algún preemergente, pero la aplicación debe hacerse utilizando campanas de protección para que el herbicida no caiga directamente en el follaje de la *Jatropha.*



Aplicación de herbicidas preemergentes en *Jatropha* sembrada en sistema de labranza convencional con lomillos. Los herbicidas de este tipo se deben aplicar antes de que las semillas de *Jatropha* germinen.

2.6.2.5 Sugerencias para el control de malezas en siembra por trasplante y estacas

De nuevo, la siembra puede hacerse sobre terreno mecanizado, o bien eliminando la vegetación de manera total o en las franjas de siembra, con herbicidas como glifosato o glufosinato de amonio. Una vez hecho el trasplante, cuando hayan emergido malezas, se pueden hacer aplicaciones dirigidas con campana de cualquiera de los herbicidas mencionados anteriormente, en mezcla con preemergentes. En las entrecalles, las malezas pueden ser controladas con chapeas, motoguadañas o mantener una cobertura vegetal de especies arvenses pequeñas y poco competitivas.



Aplicación de herbicidas preemergentes en la hilera de siembra y cobertura con especies de porte pequeño en las entrecalles. (Foto en finca Recope, Alajuela).

2.6.2.6 Sugerencias para el control de malezas en plantaciones establecidas.

Las plantas de *Jatropha* ya establecidas son menos afectadas por las malezas, aunque conviene mantener limpia una rodaja o banda alrededor de los árboles, con el fin de facilitar su manejo, inspección de campo, fertilización, cosecha y otras labores. En las rodajas y bandas pueden aplicarse herbicidas como glifosato o glufosinato de amonio, en mezcla

con herbicidas preemergentes. Las entrecalles pueden mantenerse con chapeas, motoguadañas o pases de chapeadora acopladas a tractores pequeños que puedan circular en ese espacio. Además, debido a que la *Jatropha* no es consumida por el ganado, se puede sembrar algún pasto que permita mantenerla con ganado; en este último caso; se han utilizado distancias de siembra más amplias.

En regiones con periodos secos bien definidos, se estima que con dos a tres aplicaciones de herbicidas durante la estación lluviosa es suficiente para mantener la plantación en condiciones donde las malezas no resulten perjudiciales.

Las plantaciones de *Jatropha* también se pueden asociar con cultivos de porte bajo que no le causen sombra al follaje de la *Jatropha*. En estos casos, si se usan herbicidas, se debe tener el cuidado de que sean selectivos también al cultivo en asocio; de lo contrario, es mejor hacer deshierbas manuales.



Plantación establecida con control mecanizado de malezas en las entrecalles y uso de herbicidas en la hilera de siembra.



Jatropha ya establecida con rodaja en la base de las plantas y cobertura vegetal de césped en las entrecalles.



Pastoreo de ovejas en una plantación de *Jatropha* asociada con pastos.

2.6.3 Algunas plagas observadas en el cultivo de *Jatropha curcas* y posibles medidas para su control

Es común la creencia de que las plantas de *Jatropha* son poco atacadas por plagas, dada la presencia de principios tóxicos en sus hojas; sin embargo, en diferentes partes del mundo se ha reportado un considerable número de plagas que se dan en este cultivo. A continuación se describen algunas de las principales plagas observadas en Costa Rica y se hace mención a otras encontradas en la *Jatropha*. En varios casos se indican posibles productos para controlarlas; la mención de nombres comerciales se hace con el fin de orientar al productor, sin embargo, pueden utilizarse otros productos similares que estén disponibles en el mercado y contengan los mismos principios activos, o bien otros que estén registrados para el control de las plagas mencionadas.

2.6.3.1 Hormigas zompopas (Atta cephalotes, orden Hymenoptera, fam. Formicidae)

También son conocidas como hormigas cortadoras, pues cortan hojas de diferentes especies vegetales y las acarrean por caminillos hechos por ellas mismas, hasta sus hormigueros, donde producen un hongo del cual se alimentan. La *Jatropha* pequeña es fuertemente atacada por estas hormigas, lo cual causa defoliación total; incluso llegan a cortar el tallo en pequeños trozos hasta acabar completamente con la planta. Durante las primeras etapas de siembra se deben hacer inspecciones periódicas y ubicar los hormigueros para aplicar las medidas de control. En pruebas realizadas con diferentes materiales genéticos de *Jatropha* se observó que todos fueron igualmente atacados. En plantas adultas es raro ver ataques por estas hormigas.

La mayoría de productos que se utilizan para combatirlas va dirigida a eliminar el hongo que cultivan dentro de los hormigueros para la alimentación; a eliminar la reina para que no haya nueva producción de obreras, y en algunos casos eliminar directamente a las hormigas.

Algunos productos que se pueden utilizar son:

Lorsban (clorpirifos): formulación en polvo aplicada directamente dentro de las galerías con ayuda de una bomba mata hormigas.

Mirex-S (sulfluramida): colocar los cebos en los caminillos y cerca del hormiguero para que los lleven hasta las galerías del hormiguero.

Omitox (octoborato de sodio): aplicar en dosis de 20 gr/m^2 de hormiguero. El boro afecta al hongo que cultivan las hormigas dentro del hormiguero.

Siege-Pro (hidrametilnona): aplicar unas cinco cucharaditas por hormiguero en las entradas. Tiene efecto principalmente sobre la reina, por lo que su efecto en el hormiguero tarda hasta ocho semanas en verse.

Control biológico con hongos como *Metarhizium anisopliae (Metschn), Trichoderma viride Pers. y Trichoderma harzianum,* con los cuales se ha encontrado en algunos hormigueros hasta un 100% de mortalidad de las hormigas.

Popularmente, también se utilizan otras estrategias, pero han sido menos efectivas, por ejemplo, inundación con agua, caldo de chiles picantes, macerados de cáscara de naranja y otros productos que generen alta acidez para afectar el crecimiento del hongo.



Daños por hormigas zompopas en plantas jóvenes de *Jatropha curcas*.

2.6.3.2 Ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*, orden Prostigmata, fam. Tarsonemidae)

Ha sido la principal plaga en plantaciones jóvenes ubicadas en Alajuela, ataca los brotes de las plantas y causa deformación y coloración bronceada de las hojas más nuevas en desarrollo. Estas por lo general caen y la planta se nota defoliada, aunque puede conservar las hojas viejas; como consecuencia, la planta detiene su crecimiento y no hay producción de flores ni frutos.

Las plantas defoliadas reinician la producción de nuevos brotes, pero si no se controla, el ataque empieza de nuevo, ya que el ácaro tiene la particularidad de abarcar un gran número de especies vegetales, puede mantenerse en malezas y otros cultivos, para llegar otra vez a los brotes de la *Jatropha.*

Este ácaro es muy prolífico y la etapa de huevo a adulto puede tardar tan solo cinco días. La temperatura y humedad alta ayudan a su desarrollo, a diferencia de otros ácaros como la arañita roja, que le favorecen las condiciones de poca humedad. Debido a que el ácaro blanco es muy pequeño, la forma de verlo es con una lupa preferiblemente de 20 aumentos, o bien utilizando estereoscopios. Para los muestreos deben tomarse las hojas más nuevas del brote y observarlas por la parte de abajo o envés, que es donde los adultos más se alimentan, refugian y ponen sus huevecillos.

En el mercado existe un buen número de acaricidas eficaces para el combate de esta plaga, algunos de ellos con acción ovicida. Se recomienda hacer aplicaciones rotando acaricidas de grupos químicos y modos de acción diferentes. Entre algunos productos que han dado buenos resultados están:

Acaramik 1,8 EC (abamectina) aplicado en dosis de 1,5 l/ha; Oberon 24 SC (spiromesifen) a 0,5 l/ha; Mitigan 18,5 EC (dicofol) aplicado a 6,4 l/ha; Tiovit 80 WG (azufre) 10 kg/ha; Omite 30 WP (propargita) 4 kg/ha.

También está la opción de utilizar controladores biológicos como el *Metarhizium*, que se puede alternar con algunos acaricidas como los antes mencionados.

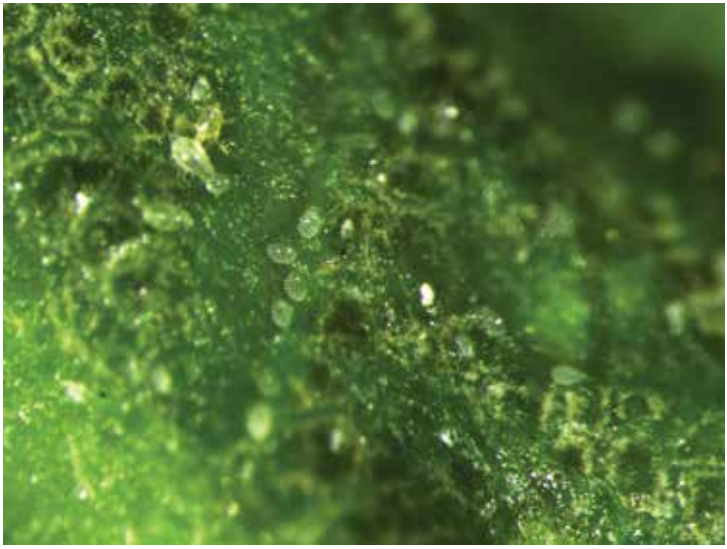
Debido a que el periodo para pasar de huevo a adulto es muy corto, cuando hay alta infestación se deben hacer aplicaciones cada ocho días, y distanciarlas cuando las poblaciones se bajen significativamente; en el caso de *Jatropha*, no se tienen datos sobre el grado de infestación que podrían tolerar las plantas.



Izquierda: daños por el ácaro blanco en brotes de plantas de *Jatropha curcas*.
Derecha: brote atacado por el ácaro blanco, en estado
avanzado, las hojas se secan y caen.



Las hojas jóvenes de la *Jatropha* atacadas por el ácaro blanco muestran
deformaciones, y lesiones ásperas de coloración bronceada.



Huevos del ácaro blanco, se caracterizan por ser translúcidos con puntos blancos. Parte superior izquierda de la foto, un macho adulto cargando a una hembra en estado de pupa.

2.6.3.3 Cochinilla blanca harinosa (*Pseudococcus* sp.) orden Hemiptera, familia Pseudococcidae.

Han ocurrido importantes ataques de *Jatropha* en viveros bajo techo; en plantaciones de campo son poco frecuentes. Se reproducen con bastante rapidez y cuando alcanzan altas poblaciones pueden causar amarillamiento de las hojas nuevas, de las cuales succionan la savia, excretando un rocío rico en azúcares; esto atrae hormigas que se alimentan de dichos exudados y protegen a la cochinilla del ataque de depredadores. Estos azúcares también son el alimento ideal para un hongo llamado fumagina, que crece sobre las hojas formando una mancha aceitosa oscura, de poco efecto sobre la *Jatropha.*

Algunos productos que pueden utilizarse para su control son:

Diazinón 60 EC (diazinón) o marcas similares, puede aplicarse a una dosis de 1 ml por litro de agua, en mezcla con aceite agrícola a razón de

5 ml por cada litro de caldo por aplicar. Es un producto organofosforado de mediana peligrosidad para mamíferos, pero muy tóxico para abejas, por lo cual su uso debe ser muy cuidadoso.

Lebaycid 50 EC (fentión) o marcas similares, en dosis de 1 ml por litro de agua.

También se puede aplicar control biológico con hongos entomopatógenos como *Bauveria bassiana, Metarhizium anisopliae, Verticillium lecanii,* entre otros; en el mercado se pueden conseguir por separado o en mezclas. Las dosis dependen de la concentración de esporas, que son las que atacan a los insectos plaga en diferentes estados de desarrollo, sin dejar residuos ni ser tóxicos para los humanos. Las aplicaciones deben hacerse cada ocho días, cuando hay alta infestación, y posteriormente se pueden espaciar en función de la cantidad de plaga que quede.

Además de las cochinillas, tienen buen efecto sobre moscas blancas, áfidos o pulgones y varios tipos de ácaros.



Izquierda: cochinillas blancas en diferentes estados de desarrollo, alimentándose por el envés de hojas de *Jatropha*.
Derecha: acercamiento de adulto de cochinilla.

2.6.3.4 Chinche

Entre ellos:

Chinche punto rojo *(Pachycoris klugii Burmeister)*. Orden Heteroptera, familia Scutelleridae. También se menciona la especie *Pachycoris torridus* (rojo con manchas negras). Daño: chupa los frutos en diversas etapas de desarrollo y causa deformación y vaneo; además, pueden entrar microorganismos por las heridas y causar aborto y pudrición de frutos.

Chinches patas de hoja. Se mencionan las especies *Leptoglossus zonatus, Leptoglossus oncolor y Leptoglossus gonagra.* Orden Heteroptera, familia Coreidae).

De amplia distribución en Mesoamérica. Chinches relativamente grandes, de color marrón, y en su dorso una franja amarilla en forma de zig zag. Las patas suelen ser laminadas en forma de una hoja seca. Daño: con su estilete se alimentan de savia de flores y frutos, provocando caída de flores, aborto de frutos y entrada de patógenos a través de las heridas que causan

Chinche verde hediondo *(Nezara viridula L).* Orden Heteroptera, familia Pentatomidae.

Muy común en Mesoamérica. Se caracteriza por su coloración verde y olor apestoso, sobre todo cuando es tocado. También se alimenta succionando savia de hojas y frutos.

Control: Se pueden utilizar insecticidas a base de clorpirifos (Trasmerquin clorpirifos 48 EC, Pirifos 48 EC) o de dimetoato (Agrial Dimetoato 40 EC, Difos 40 EC, Sistemin 40 EC). Las dosis de estos últimos varían entre 0,6 y 1L de producto comercial por hectárea. Se mencionan efectos favorables en el control de estos chinches con los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae.*





Izquierda: chinche hediondo (*Nezara viridula*) foto de insects.tamu.edu.
Derecha: chinche patas de hoja (*Leptoglossus zonatus*)
foto de Natasha Wright (ipmimages.org).



Chinche de puntos rojos. Foto: flickriver.com

2.6.3.5 Barrenador del tallo: *Lagocheirus undatus* (orden Coleoptera, familia Cerambycidae)

Las larvas de este cerambicido taladran los tallos de la *Jatropha,* haciendo galerías. Por ahora no es un problema importante, se ha observado en árboles de *Jatropha* en cercas en la zona de Orotina y en Cristo Rey de los Chiles. Reportado en *Jatropha* en Brasil y otros países. También ataca otras especies de la familia Euphorbiaceae, como la yuca, el jocote, algunos higuerones, itabo, entre otros. El adulto no causa problemas, pero se menciona que la etapa de huevo a adulto puede durar aproximadamente cuatro meses, de manera que las larvas viven bastante tiempo alimentándose en las galerías. Se ha visto que durante las podas se puede incrementar el ataque, así como causar la muerte de ramillas, puerta de entrada a pudriciones en el tallo y menor producción de frutos.



Daño avanzado causado por el taladrador en tallo de *Jatropha*.

2.6.3.6 Trips (orden Thysanoptera, familia Thripidae)

Los trips son insectos muy pequeños que raspan las hojas tiernas y flores de la *Jatropha,* provocando deformación y caída de hojas y flores, lo cual afecta el rendimiento. Se presentan más en épocas calientes, pues las temperaturas altas acortan la duración de huevos a adultos, y se pueden incrementar más las poblaciones.



Trips, pequeño insecto raspador que causa enrollamiento en las hojas jóvenes de *Jatropha*.

2.6.3.7 Áfidos: *Aphis* sp. (Homoptera, familia Aphididae)

Es común verlos alimentándose en grupos muy densos sobre hojas jóvenes en los brotes y flores. Causan deformación de las hojas de la *Jatropha.* Tienen muchos otros hospederos, entre ellos malezas. Debido a que poseen muchos enemigos naturales, no se espera que sean una plaga de gran importancia en este cultivo.

2.6.3.8 Arragles o trigonas (*Trigona* sp.)

Abejas de coloración oscura, sociales, mastican fibras que llevan a sus nidos provocando lesiones en ramas, pecíolos e inflorescencias de la *Jatropha*. En tiempos de floración, es muy común verlas en las inflorescencias, por lo cual se supone que ayudan en la polinización.



Áfidos, pequeños insectos de aspecto globoso, generalmente verdes, que succionan savia en los brotes de la *Jatropha* y producen deformación de las hojas. (Foto: aphisdweb.com)

2.6.4 Algunas enfermedades de la *Jatropha*

2.6.4.1 Antracnosis: *Colletotrichum* spp.

Este hongo causa manchas necróticas grandes y de forma irregular en las hojas; los síntomas pueden empezar en los bordes y continuar hacia el centro de estas. Por el envés pueden observarse manchas oscuras más elevadas, conocidas como acérvulos. Además, causa defoliación.

Para su control pueden utilizarse fungicidas a base de macozeb, clorotalonil, hidróxido de cobre, entre otros.

2.6.4.2 Mancha angular: *Xanthomonas* sp.

Estas bacterias causan manchas marrón oscuro que van quedando delimitadas por las venas, lo cual da una apariencia angular. Con el envejecimiento, la mancha se hace necrosa y toma una coloración blanquecina en el centro.

Para su control pueden utilizarse bactericidas como hidróxido de cobre y terramicina.



Lesiones en hojas de *Jatropha* provocadas por *Xanthomonas* sp.



Lesiones en hojas de *Jatropha* provocadas por *Xanthomonas* sp.

2.6.4.3 Pudriciones de raíces y base del tallo

En condiciones de exceso de humedad en el suelo se ha observado muerte de plantas por pudriciones radicales y en la base del tallo. Algunos hongos como Phytium, Fusarium y Phytophthora sp., así como bacterias del género Pseudomonas, se han relacionado con estas pudriciones.

Se recomienda evitar áreas encharcadas o mal drenadas. Fertilizar en el momento adecuado y según los contenidos de nutrimentos en el suelo y las necesidades del cultivo.

Otros hongos que se han reportado en *Jatropha* en otros países son: *Pestalotiopsis paraguarensis, Pestalotiopsis vesicolor y Cercospora jatrophae-curces.* Se han visto daños por cercospora en plantaciones de *Jatropha* en la zona de Los Chiles.



Pudrición de tallo causado por la bacteria *Pseudomonas* sp.



La construcción de drenaje puede ayudar a evitar daño por *Pseudomonas* sp.

2.7 Manejo post cosecha

Los frutos listos para la cosecha son aquellos que han alcanzado un color amarillento, aunque si las recolectas no son muy seguidas, es común que se cosechen frutos secos y algunos que han caído. Los frutos recién recolectados pueden ser llevados a la descascaradora, en la cual se separan las semillas de las cáscaras; si no se pueden llevar de inmediato, se pueden extender en un lugar seco.

Las semillas de *Jatropha* tienen en promedio 18 mm de largo, 12 mm de ancho y 10 mm de espesor. Las dimensiones de las semillas varían en una misma planta, y entre materiales o procedencias. Los rangos de peso de las semillas varían entre los 0,5 y 0,8 gramos cada una, con un promedio de 1 333 semillas por kilogramo.

Estas consisten en una cáscara dura que representa alrededor del 37% en peso del total, y un grano blanco y suave al interior, que representa el 63% restante. Las semillas secas tienen un contenido de humedad de alrededor del 7% y contienen un rango de 32 a 40% de aceite, con un promedio de 34%.

Prácticamente todo el aceite se encuentra en la parte interior de la semilla (núcleo).

Conviene que las semillas se pongan a secar antes de llevarlas a la prensa, esto puede hacerse en patios expuestos al sol, o bien techados con plástico o lámina transparente, secadoras solares y otros métodos que preferiblemente no consuman mucha energía.

Posteriormente se pasan a la prensa para la extracción del aceite, el cual puede ser comercializado o destinado a la fabricación del biodiesel. En el país existen varias plantas de diferentes tamaños con capacidad para procesar aceites y convertirlos en biodiesel. Entre ellas la de Ricardo Herrera, ubicada en Los Ángeles de San Ramón, quien además tiene una plantación de *Jatropha* en Cristo Rey de Los Chiles.

Industria

La parte industrial para la elaboración del biodiesel y el aprovechamiento de los cooproductos, tales como la torta que queda después de la prensa, las cáscaras y la glicerina, serán incluidos posteriormente en una segunda parte de esta guía.



Planta de producción de biodiesel en Los Angeles de San Ramón, Alajuela.



Bioreactores para la elaboración de biodiesel en Los Ángeles de San Ramón, Bajo los Rodríguez, Alajuela.

Capítulo III
Experiencias en el manejo de parcelas de observación ubicadas en diferentes regiones de Costa Rica

3.1. Plantación establecida en San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste

Está ubicada en las coordenadas 10° 12'602" latitud norte, 85° 41'522" longitud oeste, y a una altitud de 359 msnm. Pertenece a doña Inés Gómez Matarrita. En ella se establecieron 1 100 plantas de un material procedente de Bagaces, Guanacaste, y otro de la India. La distancia de siembra fue de 3 x 2 m. El terreno es una ladera bastante pronunciada, con suelos franco arenoso-arcillosos, profundos y de alta fertilidad.

Dicha parcela se subdividió en tres; el primer año, cada una de ellas estuvo asociada con frijol, maíz - zapallo y pasto, respectivamente. No se notaron efectos negativos de los cultivos asociados sobre el crecimiento de la *Jatropha*, aunque poco después de la cosecha de estos se le hizo una segunda poda de formación. Esta parcela ha mantenido un buen estado de salud, aunque se notó mayor crecimiento de las plantas en las partes más bajas, que además mantuvieron un poco más de humedad en el verano y resultaron en suelos más fértiles.

Para el segundo año será sembrada con pasto *Brachiaria brizantha,* debido a que en la finca hay vacas de ordeño que fueron pastoreadas en la parcela luego de la cosecha de los cultivos asociados, sin causar problemas a la *Jatropha.* Como dato interesante, en esta parcela no se tuvo floración durante el primer año y medio de vida de las plantas.



Parcela de *Jatropha* asociada con frijol en San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste.



Parcela de *Jatropha curcas* en asocio con maíz y frijol. San José de la Montaña, Santa Cruz, Guanacaste.

3.2. Plantación establecida en la EEAFBM, La Garita de Alajuela

En la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, ubicada en la Garita de Alajuela, a 850 msnm, se encuentra una parcela de aproximadamente una hectárea; la mitad está constituida por material de *Jatropha* de la India y la otra mitad por material de Brasil. Esta parcela inició a mediados del 2007, con baja producción de frutos aproximadamente al año de edad; las dos podas de formación que ha recibido también han sacrificado la producción. El primer año se asoció con frijol y papaya.

Durante la fase de establecimiento hubo ataques severos de hormigas cortadoras, las cuales fueron controladas con Lorsban aplicado a los agujeros de los hormigueros. Posteriormente se observó muerte de algunas plantas que se encontraban en las partes más húmedas del terreno, debido a pudriciones de las raíces y el tallo. Al segundo año de edad se presentó un ataque muy severo del ácaro blanco, el cual fue controlado con acaricidas a base de azufre, abamectina y el hongo Metarhizium.



Jatropha introducida de Brasil en asocio con maíz. EEAFBM.

En esta misma Estación Experimental también hay un banco de germoplasma con más de 35 accesiones de diferentes partes del país y de otros países.

3.3. Plantación establecida en la finca Recope (Refinadora Costarricense de Petróleo), La Garita de Alajuela

En una finca propiedad de Recope, ubicada en la Garita de Alajuela, a 840 msnm, y en clima con una época seca bien definida entre diciembre y abril, se instaló una parcela de *Jatropha*, aproximadamente de una hectárea, con material de la India, Guanacaste, Brasil y México. La distancia de siembra utilizada fue de 3 x 2,5 m. La siembra se realizó al final de la estación lluviosa del 2009, por lo que las plantas sufrieron con el verano, pero no murieron.

Los terrenos donde se sembró esta parcela son planos, relativamente pesados; en el pasado estuvieron sembrados con caña de azúcar y luego con pasto Guinea. Por lo tanto, para evitar la competencia inicial de este pasto con la *Jatropha*, fue necesario realizar una chapia con tractor, y cuando hubo crecimiento nuevo se aplicó glifosato y penetrante; posteriormente se hizo otra aplicación dirigida de estos productos, lográndose un excelente control de las malezas y dejando una cobertura de especies pequeñas en las entrecalles, que se han mantenido con chapias mediante motoguadañas.

En esta parcela se ha presentado incidencia de moderada a alta del ácaro blanco y antracnosis, lo cual ha provocado defoliación y caída de flores. Parte de esta parcela se ha destinado a hacer algunas pruebas con distancias de siembra y control de malezas.

En la misma finca, Recope ha sembrado cinco hectáreas de *Jatropha* con materiales de la India, Brasil, y uno por estacas procedente de Turrubares, Alajuela.



La misma siembra, tiempo después de los tratamientos con glifosato. Obsérvese el cambio a vegetación de especies de hoja ancha y la aplicación en banda con campana. Recope, La Garita Alajuela.



Mantenimiento de vegetación pequeña como cobertura y limpia manual de la rodaja de las plantas de *Jatropha*. Recope, La Garita Alajuela.



Mantenimiento de vegetación pequeña como cobertura y limpia manual de la rodaja de las plantas de *Jatropha*. Recope, La Garita Alajuela.

3.4. Plantación establecida en Coopevaquita, Laurel, Corredores.

Esta plantación está ubicada en las coordenadas 08º 28 52.9" latitud norte, 082º 57 51.8" longitud oeste y a una altitud de 28 msnm.

La cooperativa Coopevaquita estableció en su propiedad seis hectáreas de *Jatropha,* en un suelo franco arcilloso, pesado, el cual anteriormente había sido sembrado por plátano. Se sembró material sexual importado de la India. En las áreas más húmedas y en parches se presentaron daños por pudrición radical debido a la bacteria *Pseudomonas sp,* razón por la cual fue necesario hacer un buen sistema de drenaje a pala, lo cual ayudó a evitar que el problema se extendiera.

El otro problema que se presentó en esta plantación fue la carencia de un adecuado control de malezas, pero debido a falta de presupuesto para realizar dichas labores en los momentos adecuados. Se realizaron podas de formación al año de realizado el trasplante; las distancias de siembra implementadas fueron de 3 x 2 m. La cosecha se inicia a partir de los ocho meses de la siembra en campo, con una producción promedio de 100 a 150 frutos por árbol.



Plantación de *Jatropha curcas* en Coopevaquita, Corredores. Se puede observar una buena formación de las plantas.



Plantas de *Jatropha curcas* con una buena formación. Coopevaquita, Corredores.

3.5. Plantación establecida en Margarita, Sixaola, Limón

Está ubicada en las coordenadas 09º 33 49.4" latitud norte, longitud oeste 082º 42 03.9" y a una altitud de 33 msnm. Su propietario es el señor William González. Se encuentra ubicada en Margarita de Sixaola, Talamanca, con una extensión de 2 hectáreas.

Cuenta con material de la India y de Guanacaste. El terreno es franco arenoso, con un excelente drenaje, pues se sembró en domos hechos con tractor de orugas. Desde su inicio, esta plantación se asoció con el cultivo de plátano, a una distancia de siembra de 4 x 3 m. A pesar de ubicarse en un clima húmedo y cálido como el de la región Atlántica, ha mostrado excelente crecimiento, quizás inducido por la competencia por luz, debido al cultivo asociado.

El cultivo también ha mostrado una excelente sanidad, e inició producción de frutos aproximadamente a los ocho meses después del trasplante, siendo esta producción muy baja (80 a 100 frutos por planta). Aproximadamente a los 14 meses después del trasplante se realizó una poda de formación, la cual se consideró tardía.



Poda tardía de *Jatropha curcas* asociada a plátano.

3.6. Plantación establecida en Horquetas de Sarapiquí Campus UNA-Sarapiquí

En la finca de la UNA-Sarapiquí se destinó una manzana de terreno para la siembra de *Jatropha curcas,* variedad de la India. Con suelos franco arenoso-arcilloso, pedregoso, de topografía plana. Presenta serios problemas de humedad, lo que ha inducido a un pobre desarrollo de la plantación. La distancia utilizada fue de 3 x 2 m. La producción ha sido muy escasa (20-30 frutos por planta), con mucha pérdida de frutos por falta de cuaje y exceso de humedad.

3.7. Plantación establecida en Barrio Cooper, Los Ángeles de San Ramón, Alajuela

Está ubicada en las coordenadas 10° 20 51.3" latitud norte 084° 31 21.1" longitud oeste y a una altitud de 174 msnm.

El propietario de esta plantación es el señor Ricardo Herrera Monge, con una extensión de dos hectáreas. Cuenta con material de la India, de Guanacaste y otro de origen desconocido. El primer lote se ubicó a la orilla del río (aproximadamente a una hectárea), de topografía plana, lugar que posiblemente fue cultivado de plátano y otras raíces y tubérculos. Con suelos franco arenosos, profundos. Tres meses después de establecido el cultivo aparecieron brotes de pudrición radical y muerte de plantas en parches aislados. Se separó y determinó la presencia de *Pseudomonas sp;* se realizaron aplicaciones de bactericida (Agrimicyn 500), cal viva y drenaje, con lo cual se controló el avance de la enfermedad.

Se realizó la primera poda de formación cuatro meses después de establecida la plantación; la segunda se dio al año de establecida la plantación. El segundo lote, ubicado cerca al quebrador, se sembró con material de la India y estacas del material de Guanacaste. Igual que en el primer lote, por problemas de encharcamiento aparecieron brotes de la bacteria, la cual se controló principalmente realizando canales de drenaje. Hasta después de un año de plantados ambos lotes se realizó la segunda poda de formación.



Establecimiento de Plantación de *Jatropha curcas* en Barrio Cooper de Los Ángeles de San Ramón, Alajuela, Lote 1.



Parcela de *Jatropha curcas* en el lote 2, Los Angeles, San Ramón.

3.8. Plantación establecida en Cristo Rey de Los Chiles

Esta plantación se encuentra ubicada en Cristo Rey de Los Chiles, con una extensión de 12 hectáreas. Cuenta con material de la India, de Guanacaste y otro de origen desconocido. Presenta suelos franco arcillosos, profundos y de topografía levemente ondulada, así como drenaje natural muy bueno. Su propietario es el señor Ricardo Herrera Monge.

Se ha encontrado una excelente adaptación del cultivo bajo las condiciones imperantes en esta zona. Además, se han presentado algunos daños por *Cercospora* y por el taladrador del tallo; sin embargo, se ha hecho un oportuno manejo de esta enfermedad y plaga. También se ha mantenido un excelente control de malezas (a base de herbicidas y chapias) y hay un área experimental con cobertura de manicillo. Se tienen experiencias de siembra directa, así como podas a los tres y seis meses después del trasplante.

Asimismo, se cuenta con experiencia en el uso de abejas polinizadoras; se da la presencia de enjambres distribuidos en la plantación, y gracias a ellos se ha visto un incremento en la producción de frutos. En este lugar se ha visto que las plantas la inician entre los 6 y 7 meses después del trasplante, aunque con esa edad la producción es relativamente baja, como es de esperar.



Plantación de *Jatropha curcas* en Finca Los Almendros,
Cristo Rey de Los Chiles, Alajuela.



Vista parcial de un lote de *Jatropha curcas* con buen drenaje natural.
Finca Los Almendros, Cristo Rey de Los Chiles, Alajuela.

Capítulo IV
Estimaciones económicas Estimaciones de costos de establecimiento, producción y post cosecha

4.1. Parámetros de rentabilidad para la obtención de biodiesel a nivel local

Considerando que a una distancia de siembra de 2 x 3 m en una hectárea se siembran 1 666 plantas, y que entre el segundo y el quinto año a cada planta se le mantengan 30 ramas por árbol, tendríamos:

1 666 x 30 = 49 980 ramas/Ha

En cada rama se produce una inflorescencia con 20 frutos en promedio:

49 980 x 20 frutos = 996 600 frutos

Cada fruto tiene tres semillas:

996 600 frutos x 3 semillas = 2 998 800 semillas

Cada semilla pesa en promedio 0,78 gr:

2 998 800 x 0,78 = 2 339 064 gr = 2 339 06 Kg de semilla por cosecha

Si se obtienen dos cosechas al año

2 339,06 X 2 cosechas = 4 678,12 Kg.

De 1 Kg de semilla se obtienen 400 cc de aceite:

4 678 x 40% = 1 870,2 litros de aceite por hectárea

De 1 litro de aceite se obtiene 1 litro de biodiesel:

A octubre del 2010, el precio del diesel es de ¢520 / litro

1 870,2 litros x 520 colones /litro diesel = ¢972 504 / hectárea

A partir del quinto año, se podría esperar que la planta tenga un mayor porte y mantenga más de 30 ramas, pero esto estaría por verse de acuerdo con la realidad y manejo de cada región.

4.2. Avío para el establecimiento de *Jatropha curcas*

1- 1 666 plantas para siembra de 1 Ha 300 ¢ / planta a 3x2 m* 499 800

2- Preparación de terreno (herbicidas) 3 jornales (24 h X 1050 ¢ / hora) 25 200

3- Costo de Rondoup 1 ½ L / estañón 200 L.....4 042

4- Marcar, estaquillar, hoyar, siembra (6 jornales x 8 días X 6 peones X 1050 ¢ / hora 302 400

5-Primera fertilización foliar (15 días después de la siembra) 8 H X 1050 .....¢8 400

6- Producto para fertilización foliar (Fertiplant L / 2706 ¢) 2 706

7- Primera fertilización granulada (30 d.d.s.) 8 H X 1050 ¢.....8 400

8- Producto para fertilización granulada (12-24-12) 60 grs / planta. Saco 45 kg = 13 775 ¢ X 3 sacos.....41 325

9- Primera aplicación contra ácaro 8 H X 1050 ¢.....8 400

10- Producto Acaramix 5 873 ¢/100cc.....5 874

11- Primera aplicación contra taladrador (10% arbolitos afectados)Monarca 16 710 ¢/ 500 cc (dosis 1 /10 cc agua inyectado al tronco) 3 342

12- Primer control malezas (Roundup) 8 H X 1 050 ¢/H 8 400

13. Producto control malezas (1/2 L /estañón)..... 1 348

14- Rodajea 46 H / Ha X 1050 ¢ / H 48 300

15- Primera poda (2 1/2 meses d.d.s.) 16 H X 1050 ¢/H 16 800

16- 15 días d.d. poda aplicación (que haya follaje nuevo) fertilización foliar 8 H X 1050 ¢/ H.....8 400

17- Producto aplicación foliar Fertiplant L/2706 ¢..... 2 706

18- Segunda fertilización granulada 1 8-5-15-6-0,3-7,3 X 3 sacos 40 191

19- Mano obra aplicación granulada 8H X 1050 ¢/ H.....8 400

20- Segunda aplicación contra ácaro 8 h X 1050 ¢/ H 8 400

21- Producto Vertimec (100cc / estañón / 8 860 ¢).....8 860

22- 2ª, 3ª, 4ª,5ª, chapia (cada dos meses) 8 H X 4 X 1050 ¢/ H.....33 600

23- 2ª , 3ª, 4ª,5ª, rodajea (cada dos meses) 46 H X 4 X 1050 ¢/ H.....193 200

24- 2da poda (4 ½ meses d.d primera poda) 16H X 1050 ¢/H.....16 800

25- Recolecta frutos (65 qq X 50H X 1050¢/H 52 500

* El precio de la planta varía según el método de siembra y los costos de semilla y materiales.

Si al costo total de inversión (¢1690 994) se le saca el costo de las plantas, preparación del terreno y mano de obra de siembra, que suman (¢1 164 642), el costo por mantenimiento de la plantación seria de 526 352 aproximadamente.

Por consiguiente, se podría estimar una rentabilidad aproximada de 972 504 – 526352 = ¢ 446 152 por Ha a partir del tercer año de producción, pues los dos primeros serían para pagar los costos de establecimiento.

Actualmente no se cuenta con datos de costos del descascarado, prensado y traslado del aceite, así como el costo de convertir el aceite en biodiesel.

Capítulo V
Bibliografía

Bartoli. J.A. (2008) *Manual para el cultivo de piñón (Jatropha curcas)* en Honduras. La Lima, Cortés. 30p.

Cultivo de Jatropha curcas y construcción de una planta de biodiesel en San Esteban, Olancho, Honduras
http://74.125.47.132/search?q=cache:QSYXD47FCE8J:www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx%3FArchivo%3Dodoc_9537_1_22062006.pdf+*jatropha*+*curcas*&cd=9&hl=es&ct=clnk&gl=cr

Dos Santos, L.A. (2007) *Cultivo de pinhao manso. (Jatropha curcas L.): para producao de oleo combustibel*. Vicosa, Brazil. 40p.

Jatropha – the agrofuel of the poor?
http://www.grain.org/seedling/?id=480

Jatropha curcas: beyond the myth of the miracle crop.
http://www.ascension-publishing.com/BIZ/4ABVolckaert.pdf

Jongschaap, R.E.E; Corré, W.J; Bindraban. P.S; Brandenburg. E.A. (2007) *Claims and Facts on Jatropha curcas L. Plant Research International B.V., Wageningen UR*. Report 18.

Maes, W.H; Trabuco, A; Achten, W.M.J; Muys, B. (2009) *Climatic growing conditions of Jatropha curcas L.* Biomass and Bionergy 33 (2009) 1481-1485.

Verdades y mentiras sobre Jatropha curcas (Parte I)
http://www.engormix.com/verdades_mentiras_sobre_*jatropha*_s_articulos_1733_AGR.htm

Nota

Queremos agradecer a todas aquellas personas que han colaborado en las diferentes partes de este proceso, en especial a María Fernanda Herrera y Lissette Hernández, estudiantes de agronomía, por sus valiosos aportes en la recopilación de datos y búsqueda de información bibliográfica para la elaborar esta guía técnica.

Igualmente a Ana Isabel López Amador, administradora de la finca Los Almendros, por su compromiso, entrega y dedicación con la plantación de *Jatropha* en la finca de Don Ricardo Herrera.

Finalmente, para los propietarios de las plantaciones de *Jatropha* que permitieron poder realizar los seguimientos y recopilar esta información.

La publicación de esta obra fue aprobada
por el Consejo Editorial de la
Editorial Tecnológica de Costa Rica

Dirigió la edición: Ana Ruth Vílchez Rodríguez
Diseño y diagramación: Felipe Abarca Fedullo

Guía técnica para el establecimiento y producción del cultivo de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica

© 2026 Jorge Loaiza Cárdenas, Elizabeth Arnáez Serrano, Ileana Moreira González, Franklin Herrera Murillo, Álvaro Ureña Padilla y Jesús Hernández López
Editorial Tecnológica de Costa Rica
Tecnológico de Costa Rica

Esta obra se encuentra disponible en acceso abierto, con autorización de las personas titulares de los derechos correspondientes.

Se distribuye bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional:



Se permite compartir la obra, con el debido reconocimiento de la autoría y de la fuente editorial, para usos no comerciales y sin distribuir versiones modificadas, de conformidad con los términos de la licencia.

Los materiales de terceros identificados en la obra pueden estar sujetos a condiciones de uso diferentes.