



PARAGUAY
BICENTENARIO

"Construyendo patria todos los días"



Facultad de
Ciencias Agrarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

AVANCES DE INVESTIGACIÓN SOBRE *JATROPHA CURCAS* EN PARAGUAY

Editado por Héctor J. Causarano M.



San Lorenzo, Paraguay - 2011

Investigación
cofinanciada por:



200

PARAGUAY
BICENTENARIO

"Construyendo patria todos los días"



Facultad de
Ciencias Agrarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

AVANCES DE INVESTIGACIÓN SOBRE *JATROPHA CURCAS* EN PARAGUAY

Editado por Héctor J. Causarano M.



San Lorenzo, Paraguay - 2011

Investigación
cofinanciada por:



Avances de investigación sobre ***Jatropha curcas*** en Paraguay. / editor Héctor J. Causarano
M. – San Lorenzo, Paraguay : FCA-UNA, 2011.
80 p. : il., tablas, figuras ; 29 cm.

Incluye bibliografías

1. ***Jatropha curcas*** – Investigaciones – Paraguay. 2. ***Jatropha curcas*** – Cultivo.
3. Semillas – Calidad. 4. ***Jatropha curcas*** – Cuidados culturales. 5. ***Jatropha curcas*** –
Enfermedades y plagas. 6. ***Jatropha curcas*** – Genotipos. 7. ***Jatropha curcas*** – Cultivo –
Análisis económico. I. Título.

CDD : 633.89

ISBN: 978-99953-912-7-0

Diseño de tapa: Noemí C. López Ramirez
Diagramación: ERVAZ Arte Digital

La presente publicación se realiza en el marco de la divulgación de resultados de un proyecto de investigación científica con co-financiamiento público no reembolsable del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) de la República del Paraguay.

Programa de Apoyo al Desarrollo de la Ciencia, Tecnología e Innovación en Paraguay
Convenio de Préstamo 1698 OC-PR con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

El Conacyt, la entidad financiadora internacional y/o el Estado paraguayo no necesariamente deben estar de acuerdo con las conclusiones científicas y técnicas generadas en el marco del proyecto, pues éstas son de exclusiva responsabilidad de la institución ejecutora.





Proyecto de Investigación

“¿Es sostenible el cultivo de *Jatropha* en sistemas productivos de agricultura familiar campesina?”

Contrato C 1698/OC-PR N° 25/2009

Equipo de Trabajo

Módulo 1 – Estado del Arte

María Gloria Ovelar Aguilera
Carlos Enrique Irazábal Torales
Pedro Anibal Vera Ojeda

Módulo 2 – Calidad de la Semilla

Líder Ayala Aguilera
Lidia Pérez de Molas

Módulo 3 – Genotipos por localidad

Cipriano Ramón Enciso Garay
Oscar Joaquín Duarte Álvarez
Oscar Natalio Salinas Godoy
Julio Mario Colmán González

Módulo 4 – Cultivos Asociados

Andrés José Armadans Rojas
Rudy Osmar Brassel Sanabria
Gustavo Adolfo Rolón Paredes

Módulo 5 – Plagas y Enfermedades

Aida Lorenza Orrego Fuentes
María Bernarda Ramírez de López

Módulo 6 – Viabilidad Económica

María Gloria Cabrera Romero
Jorge Daniel González Villalba

Coordinación General

Héctor Javier Causarano Medina

Presentación

Las semillas de *Jatropha* o Piñón Manso (*Jatropha curcas* L.) tienen alto contenido de aceite que puede utilizarse directamente en medicina y en la elaboración de cosméticos, o puede transformarse en “biodiesel”. Los biocombustibles atraen la atención debido al elevado precio del petróleo y a la necesidad de encontrar fuentes de energía alternativa. Por su potencial en la generación de ingresos, el cultivo de *Jatropha* se ha venido introduciendo en programas de desarrollo rural de América Latina, África y Asia. Sin embargo, la producción de granos es altamente variable y las predicciones de ingresos adicionales se han hecho en base a información sin rigor técnico-científico.

En Paraguay, en los últimos cuatro años, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, varios emprendimientos privados y un proyecto de la Fundación Moisés Bertoni con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, han fomentado el cultivo de *Jatropha* para fortalecer la diversificación productiva y generar una fuente alternativa de ingresos. En el año 2009 fue creada la Cámara de la Cadena Productiva del Pi-

ñón Manso (CAPROPIM) con el objeto de diseñar e implementar una agenda nacional y participar junto a actores públicos y privados en un Foro sobre el aporte potencial del cultivo de *Jatropha* en un programa nacional de biocombustibles.

A pesar de todos estos esfuerzos, aun no existen plantaciones bien establecidas con más de cinco años de producción, y no se dispone de información congruente sobre la productividad y rentabilidad del cultivo de *Jatropha*. Es sumamente importante que previo al cultivo masivo, se determinen las mejores prácticas agronómicas y se realice una evaluación objetiva de los potenciales riesgos y beneficios, sobre todo para el sistema productivo de agricultura familiar campesina.

Teniendo en cuenta la necesidad de generar información, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA) implementó un proyecto de investigación para evaluar y documentar los riesgos y beneficios agro-económicos resultantes de la introducción del cultivo de

Jatropha en sistemas productivos de agricultura familiar campesina en Paraguay. Este proyecto fue co-financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y trató de responder a algunas preguntas: ¿Genotipos más productivos?, ¿Potenciales plagas y enfermedades?, ¿Cómo influyen el clima y el suelo en la productividad?, ¿Puede integrarse al sistema productivo de la agricultura familiar?; y sobre todo, ¿Es realmente una alternativa económica en la agricultura familiar campesina? El proyecto duró solamente dos años, por lo que algunas preguntas tuvieron respuesta parcial; pero se desarrolló la capacidad de la Facultad de Ciencias Agrarias como institución de referencia sobre el tema, y se crearon oportunidades para continuar la investigación.

El proyecto tuvo tres componentes. El primero consistió en integrar conocimientos existentes en Paraguay sobre el cultivo de *Jatropha curcas* L. El segundo componente consistió en la realización de experimentos a campo y laboratorio para responder a preguntas agronómicas; para el efecto se

utilizaron los campos experimentales y los laboratorios de la casa matriz (San Lorenzo) y filiales de la FCA/UNA en Pedro Juan Caballero (Amambay) San Pedro de Ycuamandyyu (San Pedro), Caazapá (Caazapá), y Cruce los Pioneros (Chaco Central). El tercer componente consistió en la evaluación económica de los riesgos y beneficios de la integración de *Jatropha* al sistema productivo de la agricultura familiar campesina.

Las experimentaciones de campo y laboratorio, y los análisis socio-económicos fueron conducidos por docentes-investigadores de la FCA/UNA y contaron con el apoyo de tesis de grado. Este manual presenta los resultados obtenidos y se espera que contribuya para una discusión objetiva sobre los potenciales riesgos y beneficios en la actualidad y sobre la necesidad de invertir en investigación previo al cultivo masivo de *Jatropha*.

Prof. Ing. Agr. Lorenzo Meza López
Decano Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad Nacional de Asunción

Agradecimientos

Los autores de esta publicación expresan su sincero agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCA/UNA), especialmente al Decano Prof. Ing. Agr. Lorenzo Meza López y a la Directora Administrativa Lic. Eduvigis Jara Lenguaza. Asimismo, al equipo del Programa 1698/OC-PR del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), especialmente a la M.Sc. Sol Báez, Oficial de Proyectos de Investigación, por el constante apoyo brindado durante el desarrollo de la Investigación.

Los agradecimientos son también para los directivos de la Fundación Moisés Bertoni por el respaldo recibido durante la elaboración y ejecución del Proyecto de Investigación.

Igualmente, los autores reconocen la valiosa contribución de los miembros de la Cámara de la Cadena Productiva del Piñón Manso (CAPROPIM) y del Programa Nacional de Biocombustibles.

Por último, pero no por ello menos, se expresa gratitud a todos los estudiantes y técnicos de campo y laboratorio de la FCA/UNA que ofrecieron su esfuerzo y talento para desarrollar el proyecto de investigación.

Tabla de contenido

	Página
Capítulo 1 Estado del Arte en Cultivo de <i>Jatropha</i> . María Gloria Ovelar Aguilera, Héctor Javier Causarano Medina, Carlos Enrique Irrazabal Torales, Pedro Anibal Vera Ojeda	9
Capítulo 2 Calidad y Longevidad de Semillas de <i>Jatropha</i> . Líder Ayala Aguilera, Rosa María Oviedo de Cristaldo, Lidia Florencia Pérez de Molas.	21
Capítulo 3 Algunos Aspectos Agronómicos del Cultivo de <i>Jatropha curcas</i> . Andrés José Armadans Rojas, Rudy Osmar Brasel Sanabria, Gustavo Adolfo Rolón Paredes, Oscar Joaquín Duarte Álvarez.	32
Capítulo 4 Plagas que atacan a la <i>Jatropha</i> . María Bernarda Ramírez de López.	40
Capítulo 5 Enfermedades de la <i>Jatropha</i> . Aida Lorenza Orrego Fuente.	49
Capítulo 6 Comportamiento de Genotipos de <i>Jatropha curcas</i> L. en Diferentes Ambientes. Cipriano Ramón Enciso Garay, Oscar Joaquín Duarte Álvarez, Julio Mario Colmán González, Oscar Natalio Salinas Godoy, Edelira Velázquez, Francisco Vergara Ocampos.	57
Capítulo 7 Estudio Económico del Cultivo de <i>Jatropha</i> : Un Análisis para la Agricultura Familiar Paraguaya. María Gloria Cabrera Romero, Jorge Daniel González Villalba, Estela Mari Cabello Cardozo.	71

Estado del Arte en Cultivo de *Jatropha*

María Gloria Ovelar Aguilera, Héctor Javier Causarano Medina,
Carlos Enrique Irrazabal Torales, Pedro Anibal Vera Ojeda.

La *Jatropha* o Piñón Manso (*Jatropha curcas* L.) es una planta perenne que puede sobrepasar 5 m de altura. Pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, la misma familia del tártago (*Ricinus communis* L.) y la mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Crece en forma silvestre en varios Departamentos de la Región Oriental del Paraguay, principalmente en el centro y norte (Cordillera, San Pedro, Concepción, entre otros). Hasta hace pocos años era utilizada solamente como árbol de sombra o cerco vivo (Figura 1).

Los análisis realizados a muestras de semillas provenientes de diferentes genotipos de

Jatropha curcas en Paraguay, muestran que las mismas contienen entre 26 y 37% de aceite en base a semillas completas y secas y extracción con solventes (Capítulo 6 de este manual). Aunque fructifica en el primer año de cultivo, el potencial productivo se expresa a partir del cuarto, y puede producir durante más de 40 años (CAS, 2009). El aceite puede utilizarse en medicina y en la elaboración de cosméticos, o puede transformarse en biodiesel. Por su potencial de generar ingresos económicos, el cultivo de *Jatropha* se ha introducido en programas de desarrollo rural de América Latina, África y Asia.



Figura 1. Plantas de *Jatropha* utilizadas como cerco vivo.

Es importante señalar que en Paraguay los estudios sobre *Jatropha* son aun escasos. Algunos trabajos se han iniciado en temas relacionados con el manejo agronómico (densidad de plantación, poda, métodos de propagación, entre otros). No se ha trabajado en el mejoramiento genético de la especie y en el establecimiento de una variedad que pueda ser recomendada para su cultivo en forma segura. Todos los cultivos fueron implantados a partir de granos seleccionados como semilla. Poco se sabe de su productividad, se hicieron estimaciones sobre plantas en su estado silvestre, pero los cultivos más antiguos tienen 4 años y los niveles de producción son muy variables. Además, aun no existe un canal de comercialización definido.

A continuación se resume los estudios a campo que se vienen realizando y los conocimientos adquiridos sobre el cultivo de *Jatropha* en Paraguay.

¿Cómo surge en Paraguay el interés hacia el cultivo de *Jatropha*?

Según Silva (1998), los indios Guaraníes fueron los primeros en conocer las propiedades de la *Jatropha*, a la que dieron el nombre de Kuri jyva o Turuvi. Utilizaban sus semillas como purgante y sus raíces como agente depurativo; además le atribuían propiedades aromáticas y rejuvenecedoras.

Arboles de *Jatropha* se encuentran en forma silvestre en Paraguay. Pocos años atrás esta planta carecía de importancia económica y en los hogares solo era utilizada como árbol ornamental, para sombra o como cerco vivo.

En el año 2004 se organizó el Programa

Brasileño de Biodiesel, diseñado para dar incentivos a la producción de combustible a partir de aceites vegetales, entre ellos de *Jatropha*. El siguiente año, el Congreso de Brasil emitió la Ley 11.097/2005 que autorizó la mezcla de 2% de biodiesel con el diesel convencional y estableció la obligatoriedad de esta mezcla para el período 2008-2012; y que a partir del 2013, el diesel tradicional debe contener como mínimo 5% de biodiesel (Alvarez, 2009).

El Programa Brasileño de Biodiesel creó la demanda por granos de *Jatropha* para extracción de aceite y un mercado de oportunidad para la exportación de semillas y granos de buena calidad producidos en Paraguay. El Señor Néstor Cabañas Bazán, de la Ciudad de Horqueta, Departamento de Concepción (comunicación personal), tuvo a su cargo en el año 2006, el envío inicial de 350 kilos de granos seleccionados para ser utilizados como semillas (Figura 2). El interés brasileño continuó y se llegaron a exportar miles de kilos de granos. Como en Paraguay no existían cultivos establecidos de *Jatropha*, se identificaron plantas buenas productoras de granos (semillas) en los Departamentos de Concepción y San Pedro, para cosechar los granos y enviarlos al Brasil. En una visita realizada por nuestro equipo de investigación en mayo de 2011 a EMBRAPA Agropecuaria Oeste, sita en Dourados, MS, Brasil, se pudo constatar que las plantas de *Jatropha* en los experimentos de la Estación Experimental provinieron de las semillas enviadas desde Paraguay.

Desde el año 2007, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, empresas privadas y un proyecto de la Fundación Moisés Ber-



Figura 2. Selección manual de granos de *Jatropha curcas* para ser utilizados como semillas. Los granos fueron colectados de plantas silvestres en el Departamento de Concepción (Néstor Cabañas, comunicación personal).

toni, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo, han fomentado el cultivo de *Jatropha* para fortalecer la diversificación productiva y generar una fuente alternativa de ingresos en Paraguay. En las escuelas agrícolas del país, se han instalado parcelas demostrativas de *Jatropha*.

En el año 2009 fue creada la Cámara de la Cadena Productiva del Piñón Manso (CA-PROPIM) con el objeto de diseñar e implementar una agenda nacional y participar junto a actores públicos y privados en un foro sobre *Jatropha*.

Estudios de campo sobre *Jatropha*

En las tierras de la Estancia Cascada, Bella Vista Norte, Departamento de Amambay,

una empresa del grupo COPETROL S.A. cuenta con 200 ha de *Jatropha*. El mayor porcentaje de las plantaciones se encuentra sobre suelos franco arenoso y arenoso de baja fertilidad. Si el cultivo se establece con éxito y se logra buena producción de frutos y aceite, la empresa tiene intención de aumentar la superficie cultivada hasta cubrir 3000 hectáreas (Hugo Huespe, comunicación personal). El equipo de trabajo de la FCA/UNA visitó las parcelas instaladas y pudo observar que las plantas en suelo arenoso no presentaban buen desarrollo (Figura 3), además se pudo observar daños causados por hormigas y ácaros.

En el Departamento de Canindeyu, la Fundación Moisés Bertoni asistió la instalación de plantaciones de *Jatropha* en 10 fincas de productores en el asentamiento “Britez cue”,



Figura 3. Vista de un cultivo de *Jatropha curcas* implantado sobre un suelo arenoso de baja fertilidad. Estancia Cascada, Bella Vista Norte, Amambay.

dos de las cuales se mantienen como parcelas demostrativas, una en suelo pobre y otra en suelo fértil. En estas parcelas se comparan densidades de plantación, fertilización y asociación con cultivos como ka'a he'e, sésamo y poroto. En el asentamiento "Villa Ygatimí" se han instalado 42 parcelas (Andrés Benítez, comunicación personal).

En el Distrito de Horqueta, Departamento de Concepción, la empresa Eco Energy Investments Paraguay SAECA, posee una parcela experimental de aproximadamente dos hectáreas (Figura 4), donde se viene evaluando las características agronómicas de germoplasma de *Jatropha* y su respuesta

a la poda y densidad de plantación. También se ensayan formas de multiplicación de la planta (Carlos Passeriu, comunicación personal).

En el Campo Experimental de Chore, dependiente del Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA), ubicado en el Distrito de Chore, Departamento de San Pedro, se encuentra una parcela demostrativa, con 500 plantas aproximadamente, donde se realizan estudios de identificación de plagas y enfermedades que atacan al cultivo. Por otro lado, al momento de redactar este capítulo, se informó que en breve sería instalado un experimento con el objetivo de evaluar métodos



Figura 4. Vista de la parcela experimental de *Jatropha curcas* de la empresa Eco-Energy Investments Paraguay SAECA, en el Distrito de Horqueta, Departamento de Concepción.

de podas y su efecto sobre el rendimiento en granos del Piñón Manso (Armando Adorno, comunicación personal).

En el Distrito de San Roque González de Santa Cruz, Departamento de Paraguari, existe una parcela demostrativa de *Jatropha*, de 0,25 ha aproximadamente. Se evalúa altura de poda (30, 40, 50 y 60 cm del suelo) y asociación con abonos verdes y otros cultivos. Esta parcela se instaló en el marco de un proyecto de validación de tecnologías para pequeños agricultores, que cuenta con cooperación de la agencia JIRCAS del Japón (Justo López Portillo, comunicación personal).

Se tiene información que en el actual Centro de Investigación Hernando Bertoni (ex IAN), dependiente del IPTA, ubicado en el Distrito de Caacupé, Departamento de Cordillera, ya en la década de 1950 se hicieron las primeras evaluaciones a plantas de *Jatropha*; sin embargo, el equipo de trabajo

no pudo acceder a mayor información. En la actualidad, se vienen realizando estudios bajo la supervisión del Ing. Agr. Manuel Mayeregger. Entre los estudios se menciona un experimento donde se evalúa densidades de plantación (3x1m; 3x1,5m y 3x2m) y su efecto sobre la producción de granos, y otro sobre asociación de cultivos. Resultados preliminares muestran mejor rendimiento de grano con la densidad 3x2m, y que la productividad de *Jatropha* no es afectada cuando el cultivo se asocia con Arveja, Lupino o Cártamo. Además, se han hecho algunas observaciones sobre efectos de la poda; por ejemplo, cuando las plantas reciben una poda de formación a los 50 cm de altura (medida desde el cuello), éstas disminuyen drásticamente su producción en el primer año. Por otro lado, se cuenta con un pequeño banco de germoplasma, con materiales provenientes de los Departamentos de Cordillera y Canindeyu, y líneas introducidas del Brasil en el marco de una cooperación con EMBRAPA.

En el Centro Tecnológico Agropecuario en Paraguay (CETAPAR), ubicado en el Distrito de Yguazu, Departamento de Alto Paraná, se cuenta con un banco de germoplasma de 15 genotipos de *Jatropha*, que fueron introducidas en el año 2007 desde diferentes localidades de Brasil y Paraguay. Se han hecho varias evaluaciones sobre aspectos morfológicos, de rendimiento y contenido de aceite en granos; algunas de estas evaluaciones se incluyen en el Capítulo 6 de este manual.

En el Chaco Central se vienen realizando varios trabajos de investigación. En Cruce Los Pioneros se encuentra un Centro Experimental del IPTA, donde en el año 2007 se instaló un experimento para evaluar el efecto de la densidad de plantación (2x2m, 2x3m, y 2x6m) sobre la producción de *Jatropha*. Además, en la Chacra Experimental Isla Po'i, dependiente de la Cooperativa Chortitzer Komitee, ubicada en las afueras de Loma Plata, Departamento de Pte. Hayes, se cuenta con una hilera de plantas de *Jatropha* para tener información de su crecimiento y desarrollo, asimismo de su comportamiento ante el ataque de plagas y enfermedades. Por otro lado, en Campo León, a 80 km al noreste de Cruce Los Pioneros, existe una plantación de 25 hectáreas instalada en el año 2008, donde se comparan dos densidades de plantación, 2x2m y 2x4m (Oscar Natalio Salinas, comunicación personal).

Además de los estudios mencionados precedentemente, la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción viene realizando estudios sobre *Jatropha*, en el marco de un proyecto de investigación que fue cofinanciado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

En el marco de este proyecto, se instalaron experimentos para comparar genotipos de *Jatropha curcas* en zonas agroecológicas contrastantes (Departamentos de Presidente Hayes, Amambay, Caazapá); así como también experimentos sobre asociación de cultivos en San Lorenzo, Paraguari y San Pedro de Ycuamandyyu. También, se hicieron ensayos de laboratorio sobre calidad, longevidad y vigor de las semillas, y se describieron plagas y enfermedades que atacan al cultivo en plantaciones ubicadas en diferentes puntos del país.

Publicaciones sobre *Jatropha*

La Facultad de Ciencias Agrarias, a través de sus docentes investigadores y estudiantes, ha producido investigaciones sobre *Jatropha*, cuyas publicaciones están disponibles para su respectiva consulta en la Biblioteca de la Institución. A continuación se resume la mayoría de éstas con sus respectivos títulos y autores.

1. *Jatropha curcas* L. o piñón manso, una alternativa al biodiesel. A.L. Orrego Fuente (2008).

Esta publicación tiene dos partes: Investigación bibliográfica y resultados de trabajos de investigación realizados en la Facultad de Ciencias Agrarias. Entre los resultados más importantes se mencionan los siguientes:

Las semillas botánicas de *Jatropha curcas* L. son portadoras o trasmisoras de patógenos como *Phomopsis* spp., *Colletotrichum* spp., *Botriodiplodia* spp., *Fusarium* spp., *Fusariella* spp., *Alternaria* spp., *Graphium* spp., *Penicillium* spp., y *Aspergillus* spp.. Los cuatro pri-

meros son muy importantes porque pueden causar grandes pérdidas en otros cultivos. Es necesario asegurar el control de semillas de *Jatropha curcas* que ingresan al país, principalmente las provenientes de otros países tropicales, por el riesgo de ingreso de nuevas especies o razas de patógenos inexistentes en el país.

En un experimento que comparó productos químicos para el tratamiento de semillas se constató que la incidencia de colonias de hongos fue del 42% en semillas sin tratar, 25% cuando las semillas se trataron con Thiram al 36%, 14% cuando se trataron con Tebuconazole+Thiram, y 6% cuando se trataron con Carbendazin+Thiram. Los hongos *Aspergillus* spp. y *Botriodiplodia* spp. fueron los más frecuentes en las semillas de *Jatropha curcas*. Los productos químicos parecieron incidir sobre el porcentaje de germinación, en este sentido, el mayor porcentaje de germinación (71%) se alcanzó en semillas sin tratar y en semillas tratadas con Thiram al 36%; mientras que en semillas tratadas con Carbendazin+Thiram y Tebuconazole+Thiram el porcentaje de germinación fue del 66 %.

Se demostró que el porcentaje de germinación de las semillas de *Jatropha curcas* L. es directamente proporcional al peso de las semillas. Cuando el peso de mil semillas fue mayor a 810 gramos se obtuvo 97% de germinación, mientras que cuando el peso de mil semillas se encontraba entre 410 y 500 gramos se obtuvo apenas 8% de germinación. Por ello, se recomienda que al adquirir semillas de *Jatropha curcas* es necesario asegurarse que el peso de mil semillas sea mayor a 700 gramos.

A partir de 48 horas de la siembra ya se pudieron observar indicios de germinación, pero la mayor parte de la germinación se produjo entre 5 y 7 días de la siembra, donde todas las semillas con vigor inician el proceso de germinación. Una buena metodología para implantar con éxito un cultivo de *Jatropha* consiste en pre-germinar semillas y luego seleccionar plántulas vigorosas y transferirlas a macetas en el vivero, colocando siempre una semilla pre germinada por maceta. Este método permitió llevar al vivero solo semillas viables, de tal manera a no perder tiempo ni espacio con aquellas que perdieron su poder germinativo. El pre-germinado de semillas permite eliminar las plántulas que presentan síntomas de enfermedad o que están defectuosas, pues ya es conocido que las semillas traen consigo algunos patógenos que pueden ocasionar la muerte de la plántula antes de su emergencia, o causan daños y muertes de mudas. Al cabo de dos meses se obtuvieron plantas con promedio de altura entre 40 a 50 cm, condición que permite llevarlas al lugar definitivo.

En un experimento de *Jatropha* que evaluó la incidencia de enfermedades en el vivero, se constató el ataque de *Colletotrichum* spp., *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., *Cercospora* spp., *Periconia* spp., *Helminthosporium* spp. y *Phoma* spp., entre otros. Se observó que la muerte de los punteros de plantas jóvenes y lesiones en el tallo son causadas por hongos de los géneros *Fusarium* spp., *Phytophthora* spp. y *Pythium* spp. También, las plantas con crecimiento suculento del tallo y hojas, expuestas a los fuertes rayos solares sufren considerables quemaduras y los tejidos muertos propician el crecimiento de muchos microorganismos oportunistas y cosmopolitas.

2. Viabilidad técnica y financiera de una planta productora de biodiesel a partir de aceites vegetales no comestibles, potencialmente Piñón Manso (*Jatropha curcas* L.) en el Departamento de Presidente Hayes, Paraguay. A.M. Mongelós Fernández (2008). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad técnica y económica de la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales no comestibles en el Paraguay. El estudio de mercado estimó una demanda insatisfecha a nivel local de 55% con una fuerte tendencia a aumentar, debido a la promulgación de la Ley 235/07 que establece la obligatoriedad de la mezcla de biodiesel con gasoil en el territorio paraguayo. El estudio técnico determinó que la planta procesadora tendría una producción anual de 3.300 m³ de biodiesel y 297 toneladas de glicerina cruda. Estaría ubicada en el distrito de Villa Hayes, departamento de Presidente Hayes. La tecnología de producción sería mediante el proceso Batch (discontinuo). Se determinó una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 53%. El Valor Actual Neto (VAN), a una tasa de descuento de 32% fue de 1.295.588.875 guaraníes, la relación beneficio/costo obtenida fue de 1,73. Esto comparado con la tasa de oportunidad (32%), siendo el VAN positivo y la relación beneficio costo mayor que uno, permitió concluir la factibilidad financiera del proyecto. Por lo tanto, la implantación y operación del proyecto sería una actividad económicamente rentable, con existencia de oportunidades en mercado y técnicamente viable.

3. Análisis comparativo de la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de *Jatropha*

***curcas* L. de tres categorías: Seleccionada, Pre-seleccionada y Descarte. I.T. Ruíz Irala (2009). Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal.**

El objetivo de esta investigación consistió en evaluar la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de *Jatropha curcas* L. de tres categorías: Seleccionada, Pre-seleccionada y Descarte, empleando dos métodos de cultivo: Blotter Test y el medio PDA. Diez semillas de *Jatropha* fueron colocadas de manera equidistante en placas de Petri, con 20 repeticiones. Las placas fueron incubadas durante 8 días en estufa a 28°C. En ambos métodos, fue identificada la presencia de microorganismos y cuantificado el número total de colonias. Con el test de Blotter se determinó el porcentaje de germinación y la energía germinativa de las semillas. Los resultados demostraron que las semillas de *Jatropha curcas* L. son transmisoras de varios patógenos, como los hongos de los géneros *Aspergillus* spp., *Botriodiplodia* spp., *Fusarium* spp., *Macrophoma* spp., *Chaetomiun* spp., *Colletotrichun* spp., *Penicillium* spp., *Periconia* spp. Los hongos con mayor incidencia fueron *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp. Las semillas de *Jatropha curcas* L. de mayor peso de las tres categorías: presentaron porcentajes de germinación superiores al 70% y la energía germinativa alcanzó su pico el día 5.

4. Estado fitosanitario del piñón manso (*Jatropha curcas* L.) en condiciones de monocultivo en el Paraguay. L. Garcete Jiménez (2009). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

El objetivo de esta investigación fue valorar el estado fitosanitario del cultivo de Ja-

tropa, en los Departamentos de Cordillera, Central, Paraguari, San Pedro, Concepción y Boquerón y la identificación de patógenos en semillas botánicas, en condiciones “in Vitro”. Se muestrearon hojas, tallos, raíces y frutos con síntomas de enfermedad y se colectaron las plagas presentes. Se identificaron los patógenos y plagas presentes. Los resultados mostraron que la *Jatropha curcas* L. en condiciones de monocultivo es atacada por enfermedades y plagas. Los patógenos causantes de enfermedades fueron *Alternaria* spp., *Cercospora* spp., *Colletotrichum* spp., *Curvularia* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Oidium* spp. y *Phakopsora* spp. Las plagas identificadas fueron *Empoasca* spp., *Pachycoris* spp., *Spodoptera* spp., *Polyphagotarsonemus* spp. y langostas del Orden Orthoptera. Los patógenos de semillas fueron *Alternaria* spp., *Aspergillus* spp., *Botryodiplodia* spp., *Colletotrichum* spp., *Curvularia* spp., *Fusarium* spp. y *Phomopsis* spp.. Se constató un alto porcentaje de infección de los hongos *Fusarium* spp. y *Colletotrichum* spp.

5. Dinámica poblacional de ácaros y cigarrita verde (Hemíptera, Cicadellidae) en el cultivo del piñón manso (*Jatropha curcas* L.) en las localidades de San Lorenzo, San Roque González y Caacupé-Paraguay. M.A. Aguilera Insaurrealde (2009). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

Se estudió la dinámica poblacional de ácaros y cigarrita verde en el periodo de marzo a junio de 2009, en cultivos de *Jatropha* de San Lorenzo, San Roque González y Caacupé. Se realizaron observaciones semanales, en veinte plantas, las cuales fueron divididas en dos estratos (superior y medio), observando tres hojas por estrato (total seis hojas

por planta), considerando los ácaros adultos y ninfas móviles para el caso de la cigarrita. Durante las observaciones fueron detectadas cuatro especies de ácaros y una especie de cigarrita, Acaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*), Acaro de los cítricos (*Panonychus* spp.), Acaro predador (*Amblyseius* spp.), Acaro predador rojo (*Phytoseiulus* spp.) y Cigarrita verde (*Empoasca* spp.) La intensidad de infestación en cada localidad y estrato de la planta fue variable. En general, se presentaron las mayores poblaciones de *Polyphagotarsonemus latus* y *Empoasca* spp. en San Roque González, *Panonychus* spp. en San Lorenzo y *Amblyseius* spp. en Caacupé.

6. Caracterización de colectas y accesiones de *Jatropha curcas* L., mediante estudios morfológicos, fenológicos, agronómicos, químicos y fitosanitarios en el Departamento de Alto Paraná. F.A. Vergara Ocampo (2009). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

La investigación se llevó a cabo entre los meses de enero y julio del 2009, con el propósito de caracterizar la colección de germoplasma de *Jatropha curcas* L. del Centro Tecnológico Agropecuario en Paraguay (CETAPAR), de acuerdo a sus características morfológicas, fenológicas, agronómicas, fitosanitarias y calidad de semillas. El método empleado para las evaluaciones morfológicas, agronómicas y calidad de semillas fue el de muestreo aleatorio en quince tratamientos y cinco repeticiones. Las evaluaciones fenológicas y fitosanitarias se realizaron de modo descriptivo. La colección se encuentra compuesta de clones implantados en el año 2007, provenientes de colectas de las localidades paraguayas de: Guayaki, Juan L. Mallorquín, Minga Gua-

zú, Caraguatay, La Colmena, Sapucaí, Fulgencio R. Moreno, Santa Rosa del Aguaray y Horqueta; y de la localidad brasileña de Dourados; además de accesiones del estado brasileño de Minas Gerais (Bento, Filomena, Gonzalo, Oracilia y Paraguacu). Para las variables morfológicas altura de planta, número de ramas por planta y diámetro ecuatorial de frutos se observaron diferencias estadísticas entre los materiales, no así para las demás características. La floración se produjo en la última semana de marzo, salvo para Fulgencio R. Moreno, Santa Rosa del Aguaray y Paraguacu. En todo el germoplasma, excepto Santa Rosa del Aguaray, el periodo de cosecha alcanzó 11 semanas. Las enfermedades que se presentaron en todo el germoplasma fueron roya (*Phakopsora* spp.), oídio (*Oidium* spp.) y bacteriosis. Manchas de alternaria (*Alternaria* spp.), cercosporiosis (*Cercospora* spp.) y fusariosis (*Fusarium* spp.) solo se presentaron en algunos de los materiales estudiados. Las especies plagas que se registraron en la parcela muestral fueron: hemípteros de los géneros *Largus*, *Jadera*, *Lygaeus*, *Pachycoris* y *Leptoglossus*; cigarrita verde (*Empoasca* spp.); ácaro blanco (*Polyphagotarsonemus latus*); vaquitas (*Dibrotica speciosa*); ciempiés (*Julus* spp.); caracoles (*Bulimulus* spp.); trips; formícidos y ortópteros de diversas especies.

7. Propagación vegetativa de *Jatropha curcas* L. en función a distintas longitudes de estacas. F. M. Castillo Echeverría (2010). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes longitudes de estacas (20, 25, 30, 35 y 40 cm) sobre la densidad de raíces y el porcentaje de brotación de la *Jatropha curcas* L.

Los resultados no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados.

Interés de Empresas Privadas por Aceite de *Jatropha*

Existen en Paraguay empresas que producen biodiesel a partir de grasa animal, aceite recuperado y aceites vegetales que no se destinan a consumo humano. Estas empresas han manifestado su interés en adquirir aceite de *Jatropha*; entre ellas Bioenergy Paraguay S.A. manifestó que puede adquirir todo el aceite de *Jatropha* que se le pueda ofrecer a un precio de 650 a 700 dólares americanos la tonelada (Oscar Saurini, comunicación personal). Asimismo, la empresa Bioenergía SAECA manifestó que desea adquirir aceite de *Jatropha* a un precio de 3.300 a 3.500 guaraníes por kilogramo (Carlos Butner, comunicación personal). Las personas entrevistadas indicaron que a pesar de la demanda por aceite de *Jatropha*, aun no hay en Paraguay oferta del mismo.

Superficie cultivada con *Jatropha*

El Programa Nacional de Biocombustibles estima que existen 920 hectáreas cultivadas con *Jatropha* en Paraguay (Braulio Román, comunicación personal). En la Tabla 1 se presenta la distribución de superficie de cultivo por Departamento y Distrito. Los Departamentos con mayor superficie cultivada son Amambay (200 ha), Alto Paraná (170 ha), San Pedro (122 ha), además de los Departamentos de Concepción, Caaguazú e Itapúa con aproximadamente 100 hectáreas cada uno. Las plantaciones más antiguas tienen 4 años.

Tabla 1. Estimación de la superficie cultivada con *Jatropha* en Paraguay.

Departamento	Distrito	Superficie (hectáreas)
Concepción	Concepción	75
	Horqueta	25
	Arroyito	5
	Belen	3
	Loreto	1
San Pedro	Nueva Germania	25
	Santa Rosa	25
	Gral. Resquín	20
	Gral. Aquino	20
	Yrybukua	20
	Lima	10
	Chore	1
	Kapiibary	1
Cordillera	Varios	10
Caazapa	Tavai	1
	Caazapa	1
Guaira	Villarrica	1
Central	Ita	5
	Itaugua	5
Paraguari	Carapegua	7
	Ybytymi	7
	Ybycui	6
	Yaguaron	6
	Paraguarí	3
	Piribebuy	2
Misiones	San Juan	1
	San Ignacio	10
	Santa María	10
Itapua	Encarnación	100
Alto Paraná	Itaipyty	100
	Puerto Irala	30
	O'Leary	40
Caaguazú	San Joaquín	60
	RI3 Corrales	40
Pte. Hayes	Cerrito	7
	B. Aceval	5
	A. Sánchez	3
	Loma Plata	25
	Gral. Díaz	2
	Cruce Los Pioneros	1
Alto Paraguay	Lagerenza	0,5
Amambay	Bella Vista Norte	200
Total		919,5

Fuente: Ing.Agr. Braulio Román, Programa Nacional de Biocombustibles

Consideraciones finales

El interés por el cultivo de *Jatropha* se inició en respuesta a la necesidad de producir aceite vegetal que pueda mezclarse con diesel con-

vencional. Instituciones públicas y privadas vienen dedicando esfuerzo para aumentar los conocimientos sobre buenas prácticas de manejo para el cultivo, pero los resultados son aun parciales y los sistemas de producción aún no están validados. ►

Los trabajos de investigación en curso tienen relación con tecnología de semilla, identificación y control de plagas y enfermedades, densidad de plantación, asociación de cultivos, y poda, entre otros. No se dispone de una variedad de *Jatropha* que pueda cultivarse con seguridad, lo que hace necesario priorizar un programa de mejoramiento genético.

A pesar de que las informaciones técnicas son escasas, el cultivo de *Jatropha* viene difundiendo en varios Departamentos y se estima que la superficie actual de cultivo alcanza 920 hectáreas. Las plantaciones más antiguas tienen 4 años, por lo que aun no se dispone de información certera sobre el potencial productivo. Los rendimientos de aceite han demostrado ser muy variables, entre 26 y 37% en base a semillas secas completas y extracción con solventes.

Para asegurar el establecimiento exitoso del cultivo de *Jatropha* en Paraguay es muy importante seguir investigando tanto en aspectos agronómicos como genéticos. Extender el cultivo en un marco de poco conocimiento científico y tecnológico implica serios riesgos.

Referencias Bibliográficas

- Aguilera I., M.A. 2009. Dinámica poblacional de ácaros y cigarrita verde (Hemíptera, Cicadellidae) en el cultivo del piñón manso (*Jatropha curcas* L.) en las localidades de San Lorenzo, San Roque González y Caacupé-Paraguay. Tesis (Ing.Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 35 p.
- Álvarez M., C. 2009. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. Economía Informa, núm. 359. (en línea). Consultado el 20 de agosto de 2011. Disponible en <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/econinforma/pdfs/359/04carlosalvarez.pdf>
- Castillo E., F.M. 2010. Propagación vegetativa de *Jatropha curcas* L. en función a distintas longitudes de estacas. Tesis (Ing.Agr.). San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 30 p.
- Garcete J., L. 2009. Estado fitosanitario del piñón manso (*Jatropha curcas* L.) en condiciones de monocultivo en el Paraguay. Tesis (Ing.Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 49 p.
- Mongelós F., A.M. 2008. Viabilidad técnica y financiera de una planta productora de biodiesel a partir de aceites vegetales no comestibles, potencialmente piñón manso (*Jatropha curcas* L.) en el Departamento de Presidente Hayes, Paraguay. Tesis (Ing.Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 120 p.
- Orrego F., A.L. 2008. *Jatropha curcas* o piñón manso, una alternativa al biodiesel. San Lorenzo, Paraguay. FCA, UNA. 71 p.
- Ruíz I., I.T. 2009. Análisis comparativo de la calidad fisiológica y sanitaria de semillas de *Jatropha curcas* L. de tres categorías: seleccionada, pre-seleccionada y descarte. Tesis (Ing.Ftal.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 50 p.
- Silva N., F. 1998. Múltiplos Usos de Espécies Vegetais pela Farmacologia Guarani através de Informações Históricas. I Simpósio de Etnobiologia e Etnoecologia. Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia, Brasil. Diálogos, DHI/UEM, 02: 177-199. (en línea). Consultado el 20 de agosto de 2011. Disponible en <http://www.uem.br/dialogos>.
- Vergara O., F.A. 2009. Caracterización de colectas y accesiones de *Jatropha curcas* L., mediante estudios morfológicos, fenológicos, agronómicos, químicos y fitosanitarios en el Departamento de Alto Paraná. Tesis (Ing.Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 80 p.

Calidad y Longevidad de Semillas de *Jatropha*

Líder Ayala Aguilera, Rosa María Oviedo de Cristaldo,
Lidia Florencia Pérez de Molas.

La planta de *Jatropha* puede crecer y producir semillas en diversos tipos de suelos, inclusive en arenosos, salinos, alcalinos y rocosos, los cuales pueden tener restricciones nutricionales o físicas. Esta adaptabilidad no significa que su cultivo sea rentable en estas condiciones. El mejor atributo, de las semillas de *Jatropha* es su alto contenido de aceite; además, la planta puede fructificar y producir semillas por más de cuarenta años (Figura 1).



Figura 1. Plantas de *Jatropha curcas* de 15 años de edad.

En su condición de planta silvestre, la *Jatropha* presenta características genéticas que deben ser mejoradas; por ejemplo, el tamaño de la planta y la desuniformidad en la maduración de los frutos que dificulta la cosecha (Figura 2). Es importante seleccionar genotipos y establecer variedades productivas y económicamente viables, orientadas principalmente a la producción de aceite para fabricar biodiesel (Nunes, 2009).

Generalmente se reporta que las semillas de *Jatropha* contienen entre 36 y 64% de aceite, pero es necesario aclarar si los valores se expresan en base a la semilla íntegra con tegumento y/o en base a semillas secas, además del sistema de extracción utilizado. Los análisis realizados a muestras de semillas provenientes de diferentes genotipos de *Jatropha curcas* en Alto Paraná, Amambay y Pte. Hayes, muestran que las mismas contienen entre 26 y 37% de aceite en base a semillas secas completas y extracción con solventes (Capítulo 6 de este manual)

El potencial oleífero de las semillas ha incentivado a productores y empresarios para dinamizar y divulgar el cultivo a los efectos de disponer de materia prima.



Figura 2. Frutos de *Jatropha* con diferencias de maduración.

Como en todas las especies agrícolas cultivadas, las semillas de variedades adecuadas, en cantidad y calidad constituyen un insumo estratégico. Los temas relacionados a la viabilidad y longevidad, así como la elección del tipo de almacenamiento adecuado, ayudan a definir, en parte, la calidad de las semillas.

Las pruebas laboratoriales de análisis de calidad estandarizadas para las semillas, como

la de germinación, pureza física, viabilidad y longevidad son fundamentales para la correcta toma de decisiones. La viabilidad puede determinarse mediante la prueba de tetrazolio, mientras que la longevidad puede determinarse mediante pruebas de germinación que se repiten a lo largo de un período de tiempo.

En este capítulo se indican algunos aspectos relativos a la tecnología de producción comercial de semillas y a la calidad y viabilidad de las semillas de *Jatropha curcas* cuando son almacenadas en ambiente controlado y convencional.

Composición de la Semilla

La composición química de las semillas enteras y maduras de *Jatropha*, según Matos *et al* (2009), se indica en la Tabla 1. Los resultados muestran un contenido mucho mayor de aceite de los que fueron reportados en genotipos de *Jatropha* en Paraguay (Capítulo 6 de este manual). Si bien el contenido de

Tabla 1. Composición aproximada (media y desviación estándar) de semillas de *Jatropha curcas*, según Matos *et al.* (2009)

Característica	Valores obtenidos sobre base seca	
	g/100 g de semilla	mg/100g de semilla
Aceite ^(a)	50,0 ± 2,35	
Humedad	5,12 ± 0,24	
Proteína cruda ^(b)	25 ± 0,20	
Extracto etéreo	48,50 ± 0,18	
Fibra cruda	9,4 ± 0,12	
Ceniza	4,2 ± 0,29	
Calcio, Ca		455,38 ± 3,14
Magnesio, Mg		483,30 ± 0,02
Potasio, K		518,35 ± 0,44

^a Extraído con solventes por el método Soxhlet

^b Proteína cruda = N (%) x 6.25

aceite es el principal interés en las semillas de *Jatropha*, también las semillas poseen un alto porcentaje de proteína 25% y de minerales como Calcio, Magnesio y Potasio con 455, 483 y 518 mg/100 gr de semilla respectivamente.

Así como ocurre con otras semillas oleaginosas, la *Jatropha* posee un bajo contenido de humedad (5,12%), con relación a las semillas de cereales, que está en torno de 12%. Las variaciones en el contenido de aceite también pueden obedecer a las características de la variedad utilizada, el clima donde es cultivado, el estado de maduración de las mismas, el tiempo que transcurre de su maduración a la cosecha, entre otros.

La Producción de Semillas de *Jatropha*

La producción de semillas es una actividad especializada, regulada por ley, donde se deben considerar aspectos fundamentales de manejo del cultivo, de modo a asegurar la obtención de semillas que representen efectivamente a la variedad que se desea multiplicar. De esta manera, son consideradas semillas aquellas que provengan efectivamente de un sistema formal de producción, regido por normas que garanticen la calidad de las semillas producidas.

La *Jatropha* puede multiplicarse por medio de estacas y de semillas botánicas. En Paraguay se cuenta con normas y procedimientos para la producción y comercialización de semillas, establecidos por el Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE). La producción comercial de semillas de *Jatropha* debe cumplir con las normativas de producción fijadas para esta

especie, de acuerdo a lo establecido en la Ley N° 385/94 “De Semillas y Protección de Cultivares”.

En el caso de *Jatropha*, es común que en Paraguay se utilicen granos (no semilla) para su multiplicación informal.

Las semillas de *Jatropha* en un contexto formal de producción comercial pueden ser producidas bajo cualquiera de las cuatro categorías: Fundación, Registrada, Certificada o Fiscalizada. Estas normas establecen que el campo de producción deberá ser inspeccionado tres veces, en pos siembra, floración y pre-cosecha y los inspectores verificarán, según los padrones y la categoría de producción, la presencia de especies extrañas, malezas prohibidas o restringidas, plantas enfermas y atípicas dentro del cultivo (SENAVE, 2009).

El responsable de la producción de semillas debe remitir muestras a un laboratorio autorizado para verificar la calidad física y fisiológica del lote producido. Las normas establecen un mínimo de 95% de pureza física, un máximo de 10% de humedad y un mínimo de 70% de poder germinativo para las categorías Fundación y Fiscalizada y un 80% para las de categoría Registrada y Certificada. Las semillas comerciales deben obligatoriamente contar con una etiqueta que contemple informaciones sobre el productor, especie, variedad, lote, tratamiento, germinación, pureza física, peso neto y el periodo agrícola en que fueron producidas (SENAVE, 2009).

Debido a las recientes iniciativas de investigaciones sobre *Jatropha*, no se cuentan en el Paraguay con variedades comerciales, salvo

aciones de genotipos de diversos orígenes con algunas caracterizaciones agronómicas (Capítulo 6 de este manual). Se entiende por variedad al conjunto de plantas cultivadas que son claramente distinguibles de las demás de su especie por cualquier característica morfológica, fisiológica, citológica, química u otras, las cuales, cuando son reproducidas sexual o asexualmente mantienen sus características distintivas.

El éxito agronómico de una variedad está condicionado a la disponibilidad de semillas de alta calidad, y para la obtención de las mismas se cuenta con las normativas que regulan esta actividad.

Almacenamiento de Semillas Oleaginosas

El potencial de almacenamiento está indirectamente relacionado con la composición química de la semilla. Las semillas oleaginosas se deterioran más rápido que las amiláceas; sin embargo, se da también el caso que algunas semillas con alto contenido de aceite como el tártago (*Ricinus communis*) y el tomate (*Lycopersicon esculentum*), tienen buenas características de almacenamiento (Baudet y Villela, 2009). Algunos autores refieren que en el caso de la semilla de *Jatropha curcas* L., se debe disminuir el tiempo de almacenaje después de haber sido colectada, debido a su alto contenido de aceite y a la pérdida rápida de su poder germinativo (AEA y OCTOGON, 2006).

Bajo condiciones de clima tropical la viabilidad de las semillas puede disminuir por debajo del 50% luego de 15 meses (AEA Y OCTOGON, 2006). El alto nivel de viabilidad y

bajo nivel de germinación poco después de la cosecha, son indicadores de latencia. Las semillas destinadas para siembra se deben secar para bajar su contenido de humedad a niveles de 5% a 7% y almacenarse en contenedores en condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Conservadas a 20°C, las semillas pueden mantener su alto porcentaje de viabilidad durante al menos un año. Es importante señalar que las semillas con alto contenido de aceite tienen, en general, tiempo de almacenamiento menor que semillas con bajo contenido de aceite. Las semillas almacenadas bajo condiciones ambientales normales mantienen la viabilidad durante siete u ocho meses; a partir del octavo mes, la viabilidad de la semilla comienza a deteriorarse, por lo tanto, para mantener su viabilidad y capacidad germinativa de manera efectiva, las semillas destinadas para la siembra deben mantenerse a temperaturas bajas. Es importante también considerar el embalaje apropiado, que puede ser de papel multilaminado o polipropileno trenzado. Estos son embalajes semipermeables aconsejados para almacenar semillas por periodos que van hasta un año.

En general, se considera que una vez reducida la humedad en semillas de *Jatropha*, las mismas pueden almacenarse por varios meses sin que esto produzca una reducción significativa en su viabilidad.

Longevidad de Semillas

Según Martínez y Pérez, citado por Bonifaz (2009), la longevidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad de germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y tipo de almacenamiento (Carvalho y

Nakagawa, 1988). En el almacenamiento, los factores de mayor influencia son el contenido de humedad, la temperatura y las condiciones de la atmósfera de almacenamiento (Sandoval, 2006).

Las semillas de *Jatropha* son longevas y debe reducirse su humedad hasta alcanzar entre 5 y 7% antes de almacenarse. A temperatura ambiente las semillas pueden retener su capacidad de germinar durante un año por lo menos. Esa característica de longevidad le da ventajas en relación con otras oleaginosas. Sin embargo, con el tiempo el aceite varía su pH, se vuelve más ácido, lo que posteriormente afectará el proceso de transesterificación para producir biodiesel, lo que encarece el proceso industrial al requerir un consumo mayor de materia prima (Rijssenbeek, 2009).

Viabilidad de Semillas

Se considera viable a aquella semilla capaz de germinar y desarrollar plántulas normales. El período de viabilidad está en función a las características genéticas y vigor de la planta progenitora, las condiciones climáticas predominantes durante la maduración de las semillas, del grado de daño mecánico en la semilla, de las condiciones de almacenamiento y de otras operaciones (Carvalho y Nakagawa, 1988). Según López, citado por Ramírez (2008), la viabilidad de las semillas es el porcentaje de las mismas aptas para la germinación independientemente de su latencia.

La prueba de tetrazolio permite la determinación rápida de la viabilidad y vigor de una

semilla siendo útil para el análisis de su estado de deterioro y de latencia (Marco Filho *et al.*, 1985). La prueba de tetrazolio se basa en la actividad de las enzimas deshidrogenasas, las cuales catalizan las reacciones respiratorias en las mitocondrias, durante la glucólisis y el ciclo de Krebs. Estas enzimas, en especial la deshidrogenasa del ácido málico, reducen la sal de tetrazolio (2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio o TCT) en los tejidos vivos. La solución de TCT se difunde a través de los tejidos de la semilla. En las células vivas ocurre una reacción de reducción que resulta en la formación de un compuesto de color rojo estable y no soluble, conocido como trifenilformazan, el cual indica actividad respiratoria en las mitocondrias y demuestra su viabilidad celular (Krzyzanowski *et al.*, 1999).

Es común el reporte de semillas de *Jatropha* que no germinan, sin que esto signifique que no estén viables, sino más bien se debe a una condición de latencia. La latencia de semillas es un fenómeno por el cual éstas dejan de germinar, aunque sean viables y se presenten las condiciones ambientales adecuadas para ello (Carvalho y Nakagawa, 1988). Es un mecanismo que permite a las plantas crecer en donde ocurren condiciones ambientales extremas, como en los desiertos o en las regiones frías, en donde las condiciones ambientales, después de la diseminación de las semillas, pueden no ser favorables para la germinación inmediata (Acuña, 2003). Esta condición es común a muchas especies silvestres no cultivadas, o en especies donde el trabajo de fitomejoramiento se enfoca a otras partes de la planta, como en el caso de las pasturas, la yerba mate, árboles forestales y otros.

Germinación y Longevidad de Semillas

La Figura 3 muestra los resultados de un estudio sobre germinación y longevidad de semillas de *Jatropha*, realizado en la FCA/UNA en dos condiciones, Cámara Fría y Almacenamiento Convencional, durante 178 días (Machado, 2011). Se encontró que en condiciones de almacenamiento convencional, la germinación se mantuvo entre 20 y 30% durante 115 días aproximadamente, y luego los valores aumentaron rápidamente conforme transcurría el tiempo, alcanzando 60% de germinación a los 178 días de evaluación. Por otra parte, cuando las semillas fueron almacenadas en Cámara Fría, el porcentaje de germinación se mantuvo en 30% durante 115 días, y luego aumentó hasta valores de 50% al alcanzar los 157 días de evaluación, manteniéndose así hasta los 178 días.

El porcentaje de germinación es un indicador de la calidad fisiológica de un lote de

semillas, ayuda a determinar la cantidad de semillas que serán utilizadas en la siembra y la posible población de plantas que se obtendrá en condiciones favorables (Borrajo, 2006).

Según Rijssenbeek (2009), el bajo porcentaje de germinación en semillas de *Jatropha* pocos meses después de la cosecha es indicador de latencia. La viabilidad y el poder germinativo se reducen a partir del séptimo u octavo mes en condiciones normales de almacenamiento a 22 °C y con 7% a 8% de humedad en la semilla.

Los resultados experimentales presentados en la Figura 3 mostraron que la condición de latencia fue superada naturalmente sin aplicación de tratamientos pre-germinativos a partir de los 130 o 150 días, según fueran almacenadas en Cámara Fría o en Almacén Convencional, respectivamente.

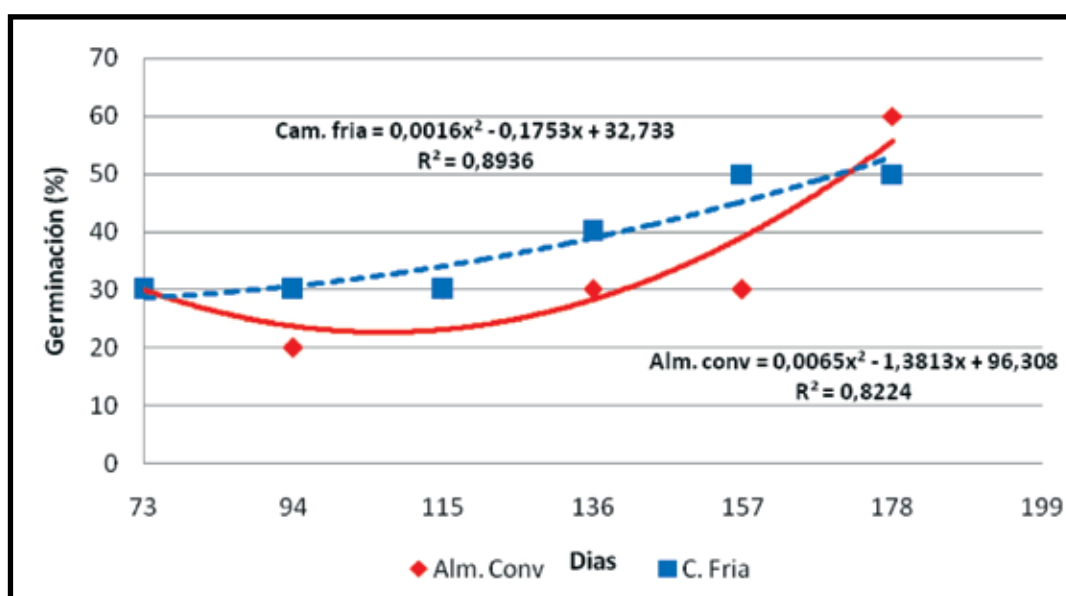


Figura 3. Germinación y longevidad de semillas de *Jatropha* en dos condiciones de almacenamiento.

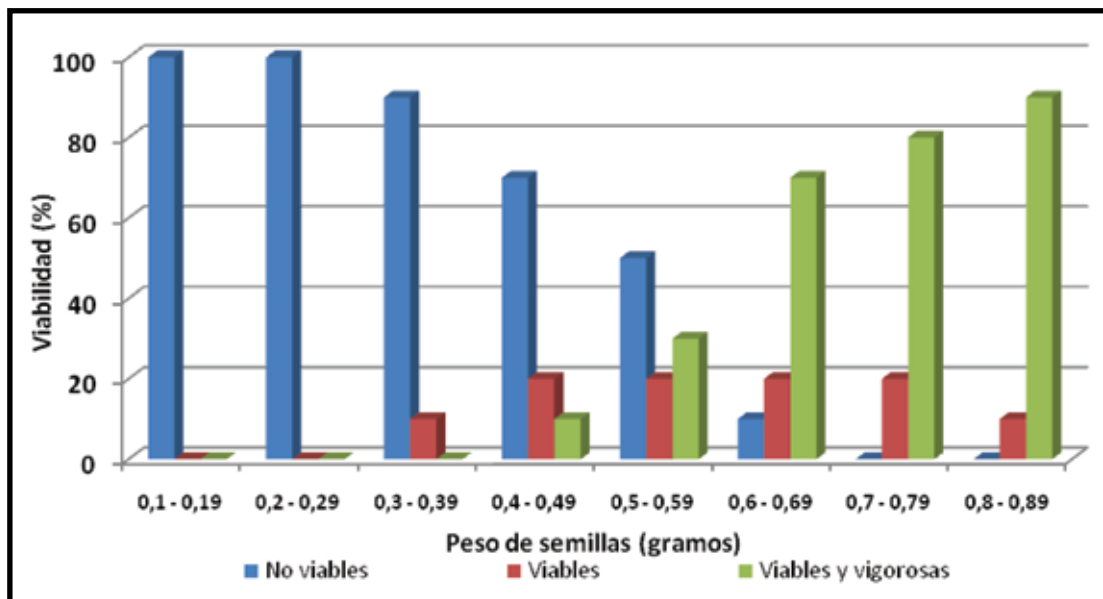


Figura 4. Viabilidad de semillas de *Jatropha*, separadas por peso en ocho fracciones.

Vigor y viabilidad de semillas en relación al peso

En un lote de semillas de *Jatropha* pueden existir algunas que no germinan, por encontrarse en estado de latencia o por presentar inviabilidad del embrión. En la Figura 4 se presentan los datos de viabilidad de semillas de *Jatropha* separadas en ocho fracciones de peso y analizadas mediante la prueba del tetrazolio. La evaluación mostró que la viabilidad de estas semillas está en relación directa con el peso de las mismas.

Los resultados experimentales mostraron que la condición de viabilidad de las semillas de *Jatropha* solo se presentó en aquellas cuyo peso fue mayor a 0,3 g y a medida que aumentó el peso también aumentó el porcentaje de viabilidad y vigor. Aquellas semillas cuyo peso es menor a 0,4 g no presentan germinación independientemente de su tamaño. El mayor porcentaje de germinación se presenta en aquellas que pesan por encima de 0,81 g alcanzando valores iguales o superiores a 97% (Figura 5).

Las semillas de *Jatropha* que pesaron entre 0,10 y 0,59 g presentaron altos porcentajes de inviabilidad. Algunas de estas semillas presentaron daños externos visibles, la condición de inviabilidad fue evidenciada por la prueba de tetrazolio (Figuras 6 y 7), que muestra al embrión muerto y en consecuencia imposibilidad de germinación (Figura 6).

El peso de la semilla es un indicador importante de calidad de las semillas y su estado de maduración. En un lote se preferirán aquellas semillas con peso elevado y que evidencien buen desarrollo de todos sus tejidos (Marcos Filho, 1985). Dentro de un lote de semillas de *Jatropha* que no fueron sometidas a algún tipo de clasificación por peso, se encuentran semillas vanas, heridas, perforadas o mal cargadas. Una investigación realizada por Orrego (2008) también concluyó que el porcentaje de germinación de las semillas de *Jatropha* está relacionado con su peso.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, los lotes de semilla de *Jatropha* destinados para uso o comercialización, deben someterse a un acondicionamiento que permita su clasificación por peso para separar las semillas inviables del lote, mejorando de esta manera la calidad fisiológica del mismo.

La Figura 5 a1, muestra la porción superior de una semilla de *Jatropha* y en la misma se observan las partes del embrión correspondientes a la plúmula, el hipocótilo y la radícula, mientras en la Figura 5 a2 se observa la mitad inferior donde se aprecian los cotiledones.

En la Figura 6 se observan tres semillas de *Jatropha curcas*, clasificadas dentro de la categoría de viables y no vigorosas. En las fotografías se observa que el embrión y las demás

estructuras no presentan una coloración rosa clara uniforme y la presencia de manchas de color rojo oscuro evidencian que ciertas partes del mismo han iniciado el proceso de deterioro fisiológico.

En la Figura 7 se observan tres semillas de *Jatropha curcas*, clasificadas dentro de la categoría de no viables o muertas.

La falta de uniformidad en la coloración y la presencia de zonas muy oscuras se atribuye a la existencia de áreas deterioradas dentro del embrión, que lo vuelven inviable.

A su vez se observa que los cotiledones se encuentran en estado avanzado de descomposición evidenciado por colores rojos muy oscuros, tejidos flácidos y áreas necróticas que ocupan casi todo su volumen.

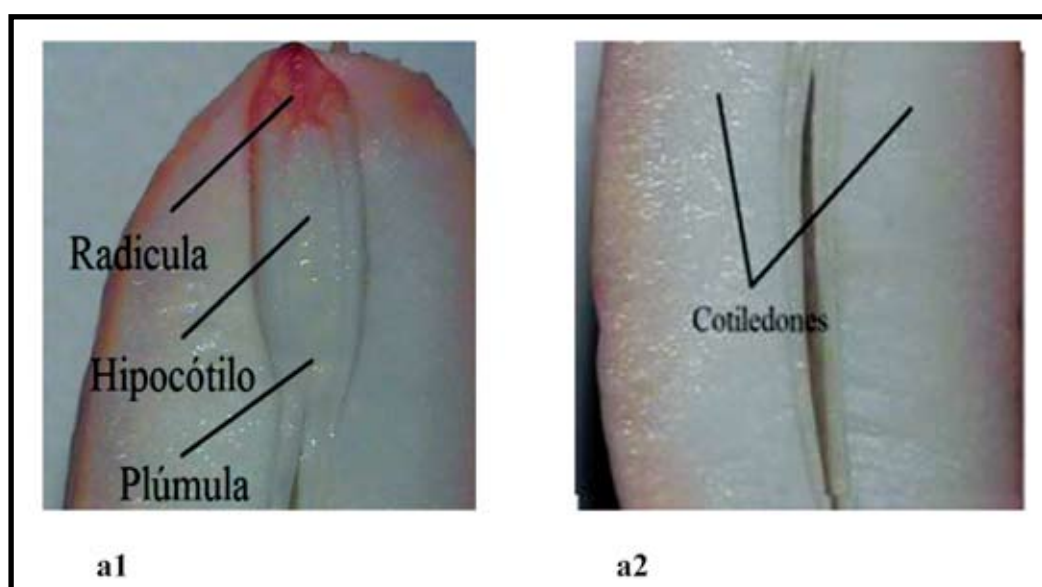


Figura 5. Semillas viables y vigorosas de *Jatropha curcas* sometidas a la prueba de tetrazolio al 0.075%.

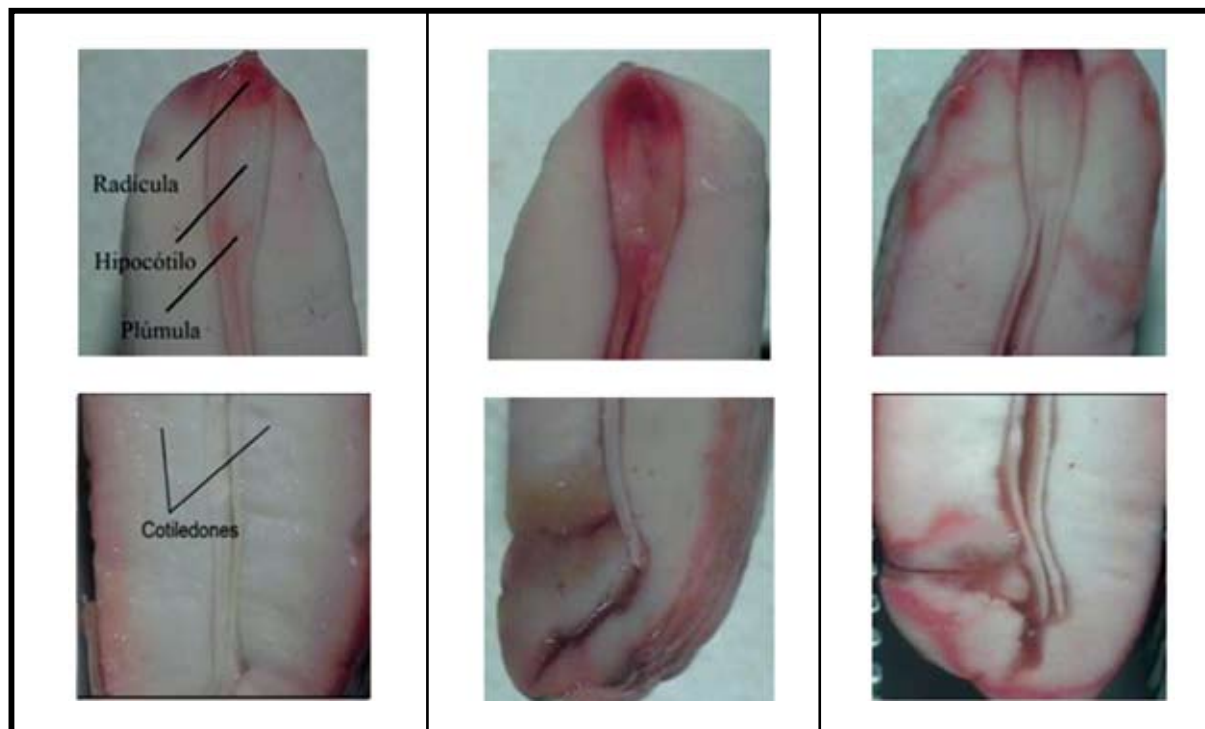


Figura 6. Semillas viables y no vigorosas de *Jatropha curcas* sometidas a la prueba de tetrazolio al 0.075%.

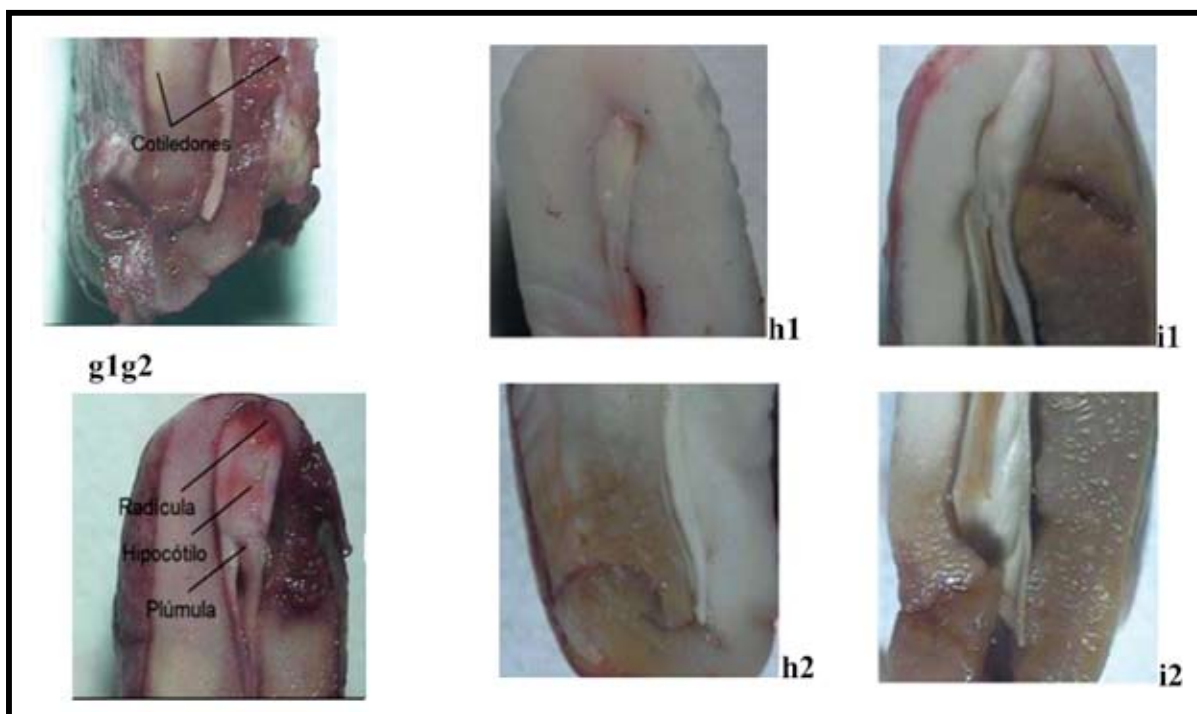


Figura 7. Semillas inviables de *Jatropha curcas* sometidas a la prueba de tetrazolio al 0.075%.

Peso de mil semillas y tamaño

En la Tabla 2 se presentan los valores del peso de mil semillas expresado en gramos y las dimensiones expresadas en milímetros. El peso de mil semillas de *Jatropha curcas* varía debido a que el peso individual de las mismas también lo hace, pudiendo encontrar diferencias hasta de 0,8 g entre las mismas. Marcos Filho (1985) afirma que el peso de mil semillas es un indicador importante de calidad de las semillas y estado de maduración. El peso de mil semillas no solo es una característica varietal, sino que depende de las condiciones que han prevalecido durante todo el período vegetativo del cultivo (FAO, 1978).

Algunas consideraciones finales

Para expandir el cultivo de la *Jatropha* se necesita generar información para el manejo agronómico adecuado, de manera a obtener buena producción de granos y aceite. Esto está condicionado a la disponibilidad de variedades adecuadas, adaptadas a las condiciones edafoclimáticas y tecnológicas del lugar. No hay duda que la disponibilidad de semillas de alta calidad es un factor para el éxito. En este contexto, en el país se cuenta con normativas para la producción de semillas.

Tabla 2. Tamaño y peso de mil semillas de *Jatropha curcas* colectadas en la localidad de Horqueta, 2010.

Longitud (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso de mil semillas (g)
18,8	11,5	8,7	690



Figura 8. Semillas de *Jatropha*

Las semillas secas de *Jatropha* (Figura 8) se pueden almacenar en almacenes convencionales de semillas comerciales, sin necesidad de un control artificial de temperatura y/o humedad, ya que con adecuada ventilación y embolsado las semillas no registran pérdidas de vigor y germinación durante seis meses. Cuando colectadas en su estado de madurez fisiológica pueden presentar latencia y la misma es superada naturalmente a partir del quinto mes aproximadamente.

El peso individual de las semillas está relacionado con la viabilidad y vigor de las mismas, aumentando sus valores porcentuales con el aumento de peso. Así, las semillas de

Jatropha necesariamente deben someterse a un acondicionamiento que permita su clasificación por peso, a fin de separar las semillas inviábiles del lote, mejorando de esta manera la calidad fisiológica del lote.

Además del análisis de germinación y pureza física, también es posible el uso de la prueba de tetrazolio para determinar la viabilidad de las semillas de *Jatropha curcas* y su clasificación en semillas: inviábiles, viables no vigorosas y viables y vigorosas.

Referencias Bibliográficas

- Acuña, M. 2003. Latencia de semillas forestales. Santiago, Chile: Centro de Semillas de Árboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. (en línea). Consultado el 10 de setiembre de 2010. Disponible en: <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n14/4.html>
- AEA (Alianza en energía y ambiente con Centroamérica); OCTOGON S.A. 2006. *Jatropha curcas* L. su expansión agrícola para la producción de aceites vegetales con fines de comercialización energética. (en línea). Consultado el 9 de setiembre de 2010. Disponible en: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/AEAJatrophaCurcas.pdf>
- Baudet, L. y Villela, F. 2009. Almacenamiento de semillas. Tercer curso de especialización en ciencia y tecnología de semillas por tutoría a distancia. Asociación nacional de productores de semillas. Montevideo, Uruguay. (en línea). Consultado el 13 de setiembre de 2010. Disponible en: www.copagran.com.uy/index.php?option=com_docman&task
- Bonifaz, V. 2009. Reinventario y determinación de la calidad física, química y biológica del germoplasma forrajero del banco activo de la Facultad de Ciencias Pecuarias. Tesis (Ing. Zootecnista). Riobamba, Ecuador. (en línea). Consultado el 15 de setiembre de 2010. Disponible en: <http://dspace.espoeh.edu.ec/bitstream/123456789/62/1/17T0905.pdf>
- Borrajo, C.I. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Curso internacional en ganadería bovina subtropical. Reconquista, Argentina. (en línea). Consultado el 15 de setiembre de 2010. Disponible en: http://www.produccion/animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturascultivadas_megatemicas/79-semilla.pdf
- Carvalho, N y Nakagawa, J. 1988. Semillas. Ciencias, tecnología y producción. Trad. por Ricardo Varela. 1ª ed. San Pablo, B.: Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. 405 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1978. Las semillas agrícolas y hortícolas. Roma, Italia: Sagraf. 616 p.
- Krzyzanowski, C.F.; Vieira, R.D.; França Neto, J. 1999. Vigor de sementes. Conceitos e testes. 1ª ed. Londrina, Brasil: Abrates. 218 p.
- Machado, I.A.. 2011. Evaluación de la calidad y longevidad de semillas de *Jatropha curcas* L. almacenadas en ambiente controlado y convencional. Tesis (Ing.Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 42 p.
- Marco Filho, J.; Cicero, S.; Toledo, F. 1985. Manual de analisis de sementes. 4a ed. San Pablo, Br: 112 p.
- Matos, J.M. et al. 2009. Characteristics and composition of *Jatropha curcas* oils, variety Congo-Brazzaville. Research journal of Applied Sciences, Engineering and Technology. V.1 n13, p 154-159, ISSN 2040-7467
- Nunes, C.F. et al. 2009. Morfología externa de frutos, sementes e plântulas de pinhão-mansô Pesq. agropec. bras., Brasília, v.44, n.2, p.207-210
- Orrego F., A.L. 2008. *Jatropha curcas* o piñón mansô, una alternativa al biodiesel. San Lorenzo, Paraguay. FCA, UNA. 71 p.
- Ramírez, L.C. 2008. Caracterización fisiológica de daños en semillas de *Brachiaria brizantha* mediante prueba de tetrazolio. Tesis (Ing.Agr.). Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 32 p.
- Rijssenbeek, W. 2009. Manual de *Jatropha*. FACT (Fuels from Agriculture in Communal Technology). (en línea). Consultado el 7 de setiembre de 2010. Disponible en: www.fact-foundation.com/en/The_Jatropha_Handbook_Espanol
- Sandoval, A. 2006. Almacenamiento de semillas de especies forestales. Santiago, Chile: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. (en línea). Consultado el 17 de setiembre de 2010. Disponible en: <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n14/1.html>
- SENAVE (Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas). 2009. Normativas paraguayas sobre semillas. Dirección de semillas. 337 p.

Algunos Aspectos Agronómicos del Cultivo de *Jatropha curcas*

Andrés José Armadans Rojas, Rudy Osmar Brassel Sanabria,
Gustavo Adolfo Rolón Paredes, Oscar Joaquín Duarte Álvarez.

En general, se considera que la *Jatropha* es una planta rústica y que se adapta mejor que otras a condiciones de clima y suelos marginales. Sin embargo, la planta fue poco estudiada como cultivo y aun no se cuenta con un sistema de producción mínimamente validado, para que se puedan realizar recomendaciones sobre forma de propagación (semillas, esquejes, mudas), densidad de plantación, fertilización, poda, asociación con otros cultivos, etc.

En este capítulo se indican algunos aspectos relativos al manejo del cultivo de *Jatropha*.

Preparación de Mudass

La *Jatropha* se multiplica por medio de semillas botánicas o por medio de esquejes o estacas (Heller, 1996). Por lo general, la semilla germina entre los 10 y 30 días después de la siembra.

A la semilla se le puede practicar técnicas de pre-germinación, como la remoción de la testa, el remojo en agua por 24 horas, o tiempos alternos de remojo y secado. La siembra puede hacerse en camas de arena o directamente en macetas con sustrato franco a franco arenoso, preferiblemente mezclado con abono orgánico. Una vez germinadas, las plántulas crecen rápidamente, y

en lo posible deben permanecer en maceta hasta alcanzar 30 a 40 cm de altura, para ser trasplantadas a su lugar definitivo.

Otra forma de preparar mudas es con la utilización de esquejes de 30 a 50 cm de largo, la ventaja es que estas plantas entran en producción más rápidamente que las provenientes de semillas botánicas.

Establecimiento de la Plantación

La correcta utilización del espacio disponible es de suma importancia, para colocar el adecuado número de plantas. De modo general, se puede utilizar los siguientes sistemas de plantación: el Cuadrado, Rectángulo y Tres-bolillos. El sistema cuadrado, es el más simple y el más utilizado, con la desventaja de que cabe un menor número de plantas por superficie; este sistema puede tener dificultad para realizar los cuidados culturales. El sistema rectangular permite un mayor número de plantas en línea, facilitando los tratamientos culturales, control fitosanitario, cosecha y transporte, además de posibilitar un mejor aprovechamiento del terreno. El sistema tres-bolillos ofrece la ventaja de mayor número de plantas, 15% por área con relación a los dos sistemas anteriores. En terrenos con declives, el cultivo debería seguir la curva de nivel.

Densidad de Plantación

La densidad de plantación depende de varios factores, entre los que se puede citar la fertilidad y textura del suelo que interfieren en el porte y vigor de las plantas, el clima que limita o favorece el desarrollo de la planta y la tecnología a ser adoptada.

En plantaciones comerciales se puede utilizar una densidad de 5x5m, obteniéndose una población de 400 plantas por hectárea (IIAP, 1999). Hoode y Resvat (2005) mencionan una densidad de 2500 plantas por hectárea, plantando a una distancia de 2x2m. Torres (2007) cita densidades de 2500, 2000, 1670, 1250 y 1100 plantas por hectárea, con distancia de plantación de 2x2m, 2x2,5m, 3x2m, 2x4m y 3x3m respectivamente. También pueden ser implantadas en hileras dobles o en la forma de cerco vivo con distancias 2,5 a 3m entre plantas dentro de la hilera.

Preparación del Suelo y Plantación

La preparación del suelo se debe realizar con la debida anticipación. Es conveniente realizar un análisis físico-químico del suelo, de manera a realizar las correcciones que sean necesarias (nivel de nutrientes, pH, principalmente). Posterior a la preparación del suelo, se efectúa la marcación, de acuerdo al sistema y distancia de plantación a ser utilizado, para luego realizar la apertura del hoyo, de 20x30 cm de profundidad, a la cual se le puede agregar una fertilización de fondo, por ejemplo 200 g de 20-30-20.

Definida la densidad de plantación, se calcula el número de mudas necesarias, a lo que se debe agregar alrededor de 1% para la repo-

sición de mudas pérdidas o fallas. La muda debe tener entre 30 a 40 cm de altura, para propiciar un rápido crecimiento. La plantación se debe efectuar en el periodo donde ya no exista peligro de heladas, entre los meses de setiembre y noviembre en la Región Oriental del país, además de coincidir con el inicio del periodo de lluvias, para evitar la necesidad de riego. En caso que las mudas no fueran transplantadas inmediatamente, éstas deberán permanecer en lugar sombreado y cerca de una fuente de agua para ser regadas.

En el momento de la plantación de las mudas, se retira el embalaje y se planta a una profundidad de manera tal que el cuello de la planta quede ligeramente por encima del nivel normal del suelo, posteriormente se cubre con suelo presionando firmemente alrededor de la muda.

Después de terminar la plantación, puede ser necesario regar, además es recomendable cubrir el suelo, en lo posible, en un radio de medio metro alrededor de la planta, con cobertura muerta como paja, resto vegetal o aserrín, para mantener la humedad.

Es importante mencionar que la *Jatropha* también permite la siembra de semillas en el lugar definitivo, o incluso el uso de esquejes provenientes de plantas madre a los efectos de dar mayor uniformidad al cultivo. En este caso las estacas deben medir por lo menos 30 cm. Las estacas se colocan en el suelo húmedo dejando unos 15 cm en la parte superior del suelo.

Labores Culturales

El mayor rendimiento de un cultivo se alcan-

za cuando se aplica el conjunto de prácticas adecuadas a cada situación. El buen sentido y la apropiada ejecución de las operaciones permite que se alcance mayor productividad, mejor aprovechamiento de mano de obra y de equipamientos, que darán un menor costo y así una mayor rentabilidad. Es decir, las prácticas de manejo están íntimamente relacionadas con factores técnicos y socio-económicos.

Replante: consiste en la nueva plantación de una muda en el sitio donde se haya constatado la pérdida de la misma, es importante realizar el replante lo antes posible de manera a mantener la uniformidad de la plantación.

Control o manejo de maleza: la plantación debe mantenerse libre de malezas, pues trae una serie de ventajas, tales como, menor competencia por agua y nutrientes y menor riesgo de incidencia de plagas y/o enfermedades, pues las malezas pueden ser hospederas de algunas plagas.

Dependiendo del tamaño de la plantación, el control de maleza puede realizarse con carpidas manuales alrededor de la planta, en la hilera de plantación en forma mecanizada con uso de corpidora rotativa o por remoción con uso rastra liviana entre las hileras. El uso de la corpidora rotativa, es aconsejable para mantener una cobertura vegetal, y es preferible utilizarla en época de lluvia y en terrenos con pendiente. Durante periodos secos se puede realizar el control de malezas con rastra.

Las malezas también se pueden controlar con herbicida, el cual puede ser aplicado debajo de la copa con ayuda de un pulveriza-

dor, cuidando no mojar la *Jatropha* con el producto. Las principales ventajas de la utilización de herbicida son: no se produce movimiento de suelo, no causa heridas al tronco ni a las raíces. El control de malezas con herbicidas selectivos puede emplearse para malezas de hojas finas. También se pueden aplicar herbicidas no selectivos cuando se utilizan aplicadores con protección para evitar la deriva indeseada.

Cobertura del suelo: el uso de cobertura verde, como la proporcionada por abonos verdes, permite mejorar las propiedades del suelo, siendo las principales ventajas: control de maleza, disminución de la pérdida de humedad, aumento de la materia orgánica, fijación de nitrógeno y protección contra la erosión.

Los cultivos utilizados como abonos verdes deben cumplir con ciertas características, como ser: elevada producción de materia verde que se pueda incorporar al suelo o acamar sobre su superficie, adaptación al suelo y clima del lugar, rápido crecimiento y facilidad de control. Los abonos verdes de verano que se pueden utilizar son *Crotalaria juncea*, *Canavalia*, *kumandá yvyra í* (*Cajanus cajan*) y *Mucuna* ceniza. Entre los abonos verdes de invierno se mencionan avena negra (*Avena strigosa*), nabo forrajero (*Raphanus sativus*) y lupino (*Lupinus albus*).

Fertilización: la buena nutrición de las plantas es de suma importancia para obtener un buen desarrollo y producción. El programa de fertilización de una plantación debe estar basado en los resultados del análisis del suelo, teniendo en cuenta los requerimientos de la planta. La aplicación de fertilizantes se puede realizar al voleo en toda la proyección

de la copa. Es conveniente fraccionar las dosis de fertilizantes, principalmente en el caso de nitrógeno, que es un elemento que se pierde muy fácilmente. La mejor época para fertilizar es al inicio del periodo de lluvias.

Asociación de Cultivos con *Jatropha*

En el sistema de producción de agricultura familiar campesina es importante introducir técnicas de bajo costo. La asociación de cultivos con *Jatropha* puede reducir el riesgo de pérdidas, mejorar el aprovechamiento del espacio disponible, reducir la incidencia de malezas y producir energía y alimentos durante los primeros años posteriores a la plantación de *Jatropha*.

Es importante tener en cuenta algunas consideraciones para realizar en buena forma la asociación de cultivos. Así, el cultivo asociado no debe competir por luz, nutrientes ni agua con el cultivo principal, además no debe hospedar plagas que puedan perjudicar a la *Jatropha*.

Una ventaja de la asociación de la *Jatropha* con cultivos anuales es que los productores administran mejor ambos cultivos desde el punto de vista agronómico. Generalmente en los primeros años de implantación de la *Jatropha*, ésta todavía no produce ganancias. La asociación con otros cultivos anuales, solo es posible cuando los nutrientes y agua son suficientes y disponibles. En suelos pobres en nutrientes, la asociación de cultivos requiere generalmente el empleo de fertilizantes. El maíz y el poroto son cultivos que pueden asociarse con *Jatropha* en los dos o tres primeros años, además de proporcionar alimentos ayuda al control de malezas sin

competir con la *Jatropha*. También es posible asociar con plantas forrajeras.

En el marco del proyecto de investigación FCA/UNA-CONACYT, se condujeron experimentos a campo para comparar el comportamiento de cultivos asociados con *Jatropha*. Los experimentos se instalaron en los campos experimentales de la casa matriz de la FCA en el Campus de San Lorenzo (Figuras 1 y 2) y en la filial San Pedro de Ycuamandyyu (San Pedro), además en un campo de agricultor en el Distrito de Escobar (Paraguarí).

Las mudas se prepararon sembrando semillas en macetas de polietileno de color negro de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro, 80 micrones de espesor y cargadas con un substrato constituido por una parte de tierra agrícola y una parte de estiércol bovino.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. En cada unidad experimental se colocaron 12 plantas de *Jatropha*, distanciadas 1,5m entre plantas y 4.0m entre hileras. El trasplante de las mudas al lugar definitivo se realizó en octubre de 2009. Se practicó una poda a 25 cm de altura, y se fertilizó cada planta de *Jatropha* con 81 g de la fórmula 15-15-15 más 41 g de urea, además se aplicó 50 kg/ha de la misma fórmula fertilizante a los cultivos asociados (sésamo, maíz, algodón, poroto y maní).

En la Tabla 1 se presenta el rendimiento promedio de los cultivos que fueron asociados con *Jatropha*. Los resultados obtenidos indican que es factible producir maíz, algodón, sésamo, poroto y maní.

En general, los cultivos asociados tuvieron



Figura 1. Instalación de un experimento para evaluar el comportamiento de cultivos asociados con *Jatropha*. San Lorenzo, 2009.



Figura 2. Asociación de cultivos donde se observan las hileras de *Jatropha* con poroto y maíz en el segundo año de asociación. San Lorenzo, 2010.

Tabla 1: Rendimiento (kg/ha) de cinco especies en asociación con el cultivo de *Jatropha curcas* L en tres localidades.

Especie	Central	San Pedro	Paraguari
Sésamo	528	575	sin dato
Maíz	1.909	2.306	561
Algodón	1.027	1.061	1.041
Poroto	970	878	671
Maní	304	267	1.322

bajos rendimientos de granos, pero fueron similares a los obtenidos en cultivos no asociados con el sistema de producción de agricultura familiar en cada una de las localidades donde se condujeron los experimentos. La producción de granos de *Jatropha* en el primer año fue muy baja, y en el segundo año fue muy variable, entre 9 y 454 gramos por planta, lo que representa entre 15 y 757 kilogramos por hectárea. De acuerdo con esta experiencia, es importante que se asocien cultivos anuales con *Jatropha* durante los primeros años de implementación, de manera a que el espacio no ocupado pueda ser aprovechado para la producción de alimentos o forraje, o sembrar abonos verdes para mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo. El crecimiento de la *Jatropha* en el primer o segundo año puede ser lento, y si no existe una buena gestión del espacio, los gastos para el control de malezas pueden resultar altos. Los aspectos económicos de la asociación de cultivos se presentan en el Capítulo 7.

Poda

Existe discrepancia sobre la utilización o no de la poda en plantaciones comerciales de

Jatropha curcas. Para Sousa (1986) los objetivos de la poda son conducir a la planta en la forma que uno desea, mantener a la planta con un tamaño conveniente que facilite la cosecha y los cuidados culturales, modificar el vigor de la planta, obtener plantas más productivas y de mejor calidad, mantener el equilibrio entre las ramas vegetativas y productivas o viceversa, y eliminar ramas superfluas, enfermas o muertas.

Según Seitz (1995) la poda severa produce gran cantidad de brotes que pueden favorecer el aumento de la producción. Ferreiro (2008), después de evaluar el comportamiento vegetativo y productivo de la *Jatropha* al ser sometida a diferentes tipos de poda, concluyó que en el primer año la poda no produce incremento de la producción, e inclusive puede disminuir la producción con respecto a plantas que no fueron podadas. Los efectos positivos de la poda sobre el rendimiento de la *Jatropha* podrían registrarse a partir del segundo año, pero el objetivo principal sería mantener una buena arquitectura de planta que facilite la cosecha y tratamientos culturales.

Torres (2007) recomienda que la poda se

efectúa durante el primer año cuando la planta alcanza entre 40 y 60 cm de altura y durante el segundo y tercer año de manera a asegurar que el árbol crezca en forma y tamaño apropiado. Las flores nacen al final de cada rama, de esta forma la poda de ramas eleva el potencial de producción de frutos.

En el marco del proyecto de investigación FCA/UNA-CONACYT, se realizaron algunas evaluaciones sobre el efecto de diferentes alturas y tipos de poda (Figura 3). El objetivo de la poda fue obtener mayor número de ramas productivas y una altura que facilite los trabajos de cosecha y labores culturales. En el primer año de evaluación no se observó efectos sobre la producción de granos, aun no fue posible realizar la evaluación del segundo año.

La poda anual es necesaria para conducir la forma y altura de la planta de manera a faci-



Figura 3. Poda de formación, se observan dos ramas principales y tres secundarias. San Lorenzo, 2010

litar las tareas de cosecha y manejo del cultivo. Es mejor realizar la poda durante los meses de menor cantidad de lluvias y temperaturas más bajas. En algunos casos puede ser necesaria una poda a los 3 o 6 meses. El corte del tronco principal propicia una menor altura y mayor número de ramificaciones.

Cosecha

La cosecha se efectúa generalmente en forma manual de acuerdo a la maduración de los frutos. La *Jatropha* tiene un amplio periodo de floración y fructificación, inclusive en un mismo racimo se pueden encontrar frutos totalmente maduros y otros sin madurar (Figura 4) exigiendo que la cosecha sea efectuada por lo menos en dos o tres ocasiones. De esta forma, los frutos maduros y secos son colectados de los árboles o del suelo. Si se cosechan frutos maduros pero no secos, éstos deben ser expuestos al sol hasta perder la humedad necesaria para que puedan ser trillados y sus semillas almacenadas en forma segura.

Los granos cosechados una vez secos se deben identificar y almacenar preferentemente en bolsas semipermeables o en contenedores apropiados que los resguarden de la humedad, en depósitos protegidos de la lluvia y del sol, hasta el momento de su uso o comercialización.

Algunas consideraciones finales

En este capítulo se mencionaron algunos aspectos relacionados al manejo del cultivo de *Jatropha*. Sin embargo, es importante señalar que en Paraguay aun no existe un sistema



Figura 4. Cosecha de frutos en plantas de *Jatropha* donde se observan algunos frutos maduros y secos y otros sin madurar. San Lorenzo, 2009.

de producción validado, de manera a que se puedan recomendar la mejor forma de propagación (semillas, estacas o mudas), la correcta densidad de plantación en monocultivo o en cultivo asociado, el tipo y dosis de fertilización, el tipo y frecuencia de poda, entre otros.

Durante los primeros años en la producción de *Jatropha* es posible aprovechar el espacio entre hileras para la producción de cultivos anuales de renta o consumo. No se observó antagonismo entre los cultivos de autoconsumo (poroto, maní) y renta (sésamo, maíz, algodón) con la *Jatropha*. La asociación de *Jatropha* con especies de pastos que se desarrollan bien en la sombra puede constituir una alternativa muy interesante.

Referencias Bibliográficas

- Ferreiro, J. 2008. Efeito da poda no desenvolvimento del Pinhao manso (*Jatropha curcas* L) nas condicoes de Gurupi Tocantins. Tesis Mestrado en Producao vegetal da Universidade Federal do Tocantins-UFT.
- Heller, J. 1996. Physic nut (*Jatropha curcas* L) Promoting the conservation and use of underutilization and neglected crops. Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Rome. Italy. (en línea). Consultado el 20 de Junio de 2011. Disponible en: <http://www.ipgri.cgiar.org/publications/pdf/161>.
- IIAP. 1999. Cultivos de las plantas medicinales. Piñón blanco. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. (en línea). Consultado el 10 de Junio de 2011. Disponible en: <http://www.congreso.gob.pe/comiciones/1999/ciencia/ed/iiap/iiapz/ Capitulo III - 35 htm>.
- Torres, C. 2007. *Jatropha curcas*. Desarrollo fisiológico y técnico. (en línea). Consultado el 23 e Junio de 2011. Disponible en: http://www.engormix.com.agro_energia_s_articulos_view.esp?art=1546
- Seitz, R.A. 1995. Manual de Poda de Especies Arbóreas Florestais; FUPF-Fundacao de Pesquisas Florestais do Paraná - Curitiba. Piracicaba/SP.
- Sousa, J.S.L. 1986. Poda das Plantas Frutíferas; Biblioteca Rural; Sao Paulo; Nobel 14° edicao.

Plagas que atacan a la *Jatropha*

María Bernarda Ramírez de López.

Aunque en su estado silvestre la *Jatropha* no sufre el ataque de plagas, cuando se la cultiva en forma extensiva los daños ocasionados por plagas pueden constituir un problema importante que afecta económicamente la producción de granos. Por lo tanto, es indispensable conocer las plagas que afectan a la *Jatropha*, así como las medidas de control, y más importante aún, implementar un manejo integrado de plagas.

A continuación se describen algunas de las plagas observadas durante la ejecución del proyecto de investigación FCA/UNA-CO-NACYT.

Ácaro Blanco

Nombre Científico: *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904).

Orden: Acarina Familia: Tarsonemidae

Descripción: Es un ácaro muy pequeño (0,11 mm), polífago, se encuentra extensamente distribuido en áreas subtropicales y templadas, no forma tela arañas (Gallo *et al.* 2002). El adulto y los huevos son encontrados en el envés de las hojas tiernas o nuevas, a lo largo de las nervaduras centrales. La aparición del ácaro blanco es más frecuente

en épocas calurosas y de frecuentes precipitaciones, pudiendo completar su ciclo entre 3 y 5 días.

Distribución Geográfica: Se observó la presencia del ácaro blanco en los departamentos de Cordillera, Alto Paraná, Central, Caazapá, San Pedro, Paraguari, Concepción y Amambay. En el campo experimental de la FCA/UNA en San Lorenzo, se observó esta plaga en cultivos de *Jatropha* asociados con algodón, sésamo, maní, maíz y poroto, siendo la ocurrencia muy frecuente en todos los cultivos excepto el maíz.

Daños: El ácaro se alimenta de líquidos citoplasmáticos de las hojas y brotes terminales, ocasionando deformaciones y paralización del crecimiento, presentándose una apariencia de enanismo a medida que las plantas se desarrollan; las hojas presentan una leve curvatura hacia adentro, con rugosidad en el haz de la hoja (Figura 1). Afecta a los tallos tiernos, brotes terminales y axilares, además se producen brotes retorcidos. Las flores abortan o dan lugar a frutos deformados y suberificados en las partes afectadas.

Control: Para su control se utilizan productos acaricidas como Abamectin y Propargite.



Figura 1. Síntomas producidos por el ácaro blanco en plantas y hojas de Jatropha.

Ácaro rayado

Nombre Científico: *Tetranychus* spp.
 Orden: Acarina Familia: Tetranychidae

Descripción: Son arañas de color rojo apenas visibles, se localizan en el envés de la hoja; se los puede observar con lupa. Es el ácaro más polífago, ataca a diferentes cultivos, generalmente inician su periodo de infestación cuando el ambiente es seco y cálido, la población se reduce al inicio de la temporada de lluvias.

Distribución Geográfica: Se ha observado en forma muy leve y localizada, en los depar-

tamentos de Caazapá y Boquerón.

Síntomas: En el cultivo de Jatropha, estos ácaros atacan las hojas, alimentándose de la savia de la planta. Se presentan coloraciones cobrizas en las hojas y con aspecto de suciedad (Figura 2). Las hojas se debilitan y puede ocurrir defoliación severa, llegando a provocar daños graves en el cultivo. Ataca principalmente durante el verano, y se disemina a través del polvo, a veces se aprecian finas telarañas.

Control: El principal control es el biológico, el depredador es un ácaro de la familia Phytoseiidae, rara vez es necesario la aplicación de productos químicos.



Figura 2. Síntomas producidos por el ácaro rayado en brotes y hojas de *Jatropha*.

Cigarrita verde

Nombre Científico: *Empoasca* sp.
Orden Hemiptera Familia: Cicadellidae

Descripción: Es un insecto pequeño, de unos 3 mm de largo, de color verde claro (Figura 3). Los adultos saltan y vuelan a gran velocidad al ser molestados. Los ataques más fuertes ocurren en los meses de verano y con preferencia, a partir de la época de floración; la disminución de la población se observa en los meses más fríos, cuando caen las hojas y la planta entra en reposo vegetativo (Oliveira *et al.* 2010).

La cigarrita puede transmitir virus, vive un promedio de 60 días. La hembra prefiere ovipositar próximo a las nervaduras de las hojas.

Distribución Geográfica: Se observó ci-

garrita en los departamentos de Cordillera, Alto Paraná, Central, Caazapá, San Pedro, Paraguari, Concepción y Amambay. Aparece en forma muy frecuente cuando la *Jatropha* se asocia con maíz, poroto y algodón; es menos frecuente en la asociación con sésamo.

Síntomas: La ninfa y el adulto succionan la savia de las células en el envés de la hoja, originando puntitos o pequeñas manchas, que son notorias en el haz de las hojas. El daño principal directo es el encrespamiento de las hojas con los bordes hacia abajo (Figura 4). Las plantas infestadas retrasan su crecimiento, luego se tornan amarillas y se debilitan.

Control: Para su control se utilizan productos como Imidacloprid. El color amarillo es un gran atrayente de las cigarritas; por ello, colocar superficies amarillas cubiertas con una sustancia pegajosa puede ayudar a eliminar parte de la población.



Figura 3. Adultos (foto de la izquierda) y ninfas (foto de la derecha) de cigarrita (*Empoasca* sp.) alimentándose de hojas de Jatropha.



Figura 4. Encrespamiento de hojas de Jatropha producido por ataque de la cigarrita (*Empoasca* sp.).

Chinche

Nombre Científico: *Pachycoris* sp.
Orden: Hemiptera Familia: Scutelleridae.

Descripción: El adulto es un insecto con 15 mm de longitud, de coloración negra con manchas rojas o amarillas (Figura 5), las ninfas forman grupos (gregarias) (Figura 6) y cambian de colores metálicos (azul, verde con amarillo, negro y rojo) dependiendo del estadio y el tamaño del insecto. Se pueden presentar más de tres generaciones al año. El adulto coloca sus huevos en el envés de las hojas para protegerlos de los enemigos na-

turales hasta eclosionar las ninfas de primer estadio (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2009).

Distribución Geográfica: Se observó ataque leve de chinche en los departamentos de San Pedro y Alto Paraná.

Síntomas: Las ninfas y adultos succionan el tallo y el fruto, ocasionando aborto de frutos y malformación de semillas; así como reducción del peso y contenido de aceite en las semillas.

Control: Para su control se emplean insecticidas a base de Piretroides.



Figura 5. Adultos y huevos de chinche (*Pachycoris* sp.) infestando ramas, frutos y hojas de Jatropha.



Figura 6. Ninfas de chinche (*Pachycoris* sp.) infestando ramas de Jatropha. A la derecha ninfas en su último instar.

Chinche pata laminada

Nombre Científico: *Leptoglossus zonatus*.
Orden: Hemiptera Familia: Coreidae

Descripción: El adulto mide 16 a 21 mm de largo, presenta un color marrón, y una franja en forma de zig zag transversal de color amarillo en el dorso (Figura 7). Se caracteriza por tener ocelos, antenas y patas traseras expandidas laminadas en forma de una hoja seca. Los huevos son colocados en grupos de 20 o más, puestos en filas o cadenas, en los tallos o las hojas cerca de la nervadura central, son de color verde inicialmente y cambian a café-gris. Las ninfas tienden a ser gregarias en sus primeros estadios, al principio son de color rojo naranja, volviéndose más oscuras con el

desarrollo (Erazo s/f.)

Distribución Geográfica: Estas chinches fueron observadas en forma leve en las localidades de Alto Paraná y Central.

Síntomas: Las chinches poseen un aparato bucal chupador, los adultos y ninfas se alimentan introduciendo su estilete en las frutas desarrolladas pero no maduras y llegan hasta la semilla donde succionan la savia. Al perforar con su estilete permite la entrada de patógenos y pueden ocasionar aborto de frutos, disminución del peso de la semilla y reducción del contenido de aceite.

Control: Para su control se emplean insecticidas a base de Piretroides.



Figura 7. Adultos de chinche de pata laminada (*Leptoglossus zonatus*) infestando frutos de *Jatropha*. Foto: Francisco Vergara.

Siete de oro

Nombre Científico: *Astylus variegatus*
Orden: Coleoptera Familia: Melyridae

Descripción: Los adultos presentan el abdomen negro, el tórax y las alas anteriores son amarillos con manchas negras (Figura 8). Las larvas son de color marrón rojizo y están cubiertas de pelos largos y sedosos. Viven en la superficie del suelo, pero pueden excavar suelos sueltos o grietas en busca de semilla. Los adultos aparecen en diciembre, la mayor infestación se da en enero y febrero.

Distribución Geográfica: La presencia del insecto se observa en lugares donde existen cultivos de maíz, girasol y sorgo, de donde pasan a las plantas de *Jatropha*.

Síntomas: Los adultos se alimentan del polen de las flores y pueden ocasionar daños mecánicos a los órganos florales. Las larvas se alimentan principalmente de semillas, perforan para comer su interior dejando el pericarpio sobre el suelo (Gallo *et al.* 2002).



Figura 8. Adultos del insecto siete de oro (*Astylus variegatus*) infestando flores de *Jatropha*.

Control: Generalmente la incidencia es baja y no ocasiona daños económicos. Si aparece alta población del insecto, el control químico se debe realizar en áreas localizadas, con carbaril.

Manejo Integrado de Plagas

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) de un cultivo se basa en la acción integrada de varios métodos de control de plagas que se complementan entre sí. Se orienta el accionar en la regulación de las poblaciones de insectos, con el fin de lograr la integración armónica de las técnicas de control.

Para la selección de las medidas de control, se requiere un conocimiento integral de las especies plagas, el agroecosistema y sus interrelaciones. No todos los insectos que se observan son plagas, algunos son enemigos naturales de las plagas.

Para realizar un manejo integrado de plagas es necesario tener en cuenta los siguientes componentes:

Muestreo: El muestreo de plagas en el cultivo debe ser periódico (Figura 9), con el objeto de detectar la presencia de plagas y determinar el porcentaje de daño que las mismas están causando en el cultivo, o si la población ha alcanzado el umbral de daño económico.

Prácticas preventivas: Consiste en realizar prácticas agronómicas orientadas a evitar o reducir la presencia de plagas en el cultivo, por ejemplo la recolección de restos de podas y frutos caídos, exposición de plagas del suelo al sol, control de malezas. Con estas medidas se eliminan los hospederos de varias plagas y se reducen los costos en el control de las mismas. Las prácticas agrícolas preventivas son recomendables para los cultivos de un modo general.

Métodos de control de plagas

Control Cultural: Se refiere a la manipulación del ambiente realizando prácticas agronómicas desfavorables a las plagas, para interrumpir su ciclo reproductivo, reducir la disponibilidad de alimento y favorecer la multiplicación de sus enemigos naturales. Un ejemplo de control cultural es la adecuada preparación del suelo, para la exposición al sol de las plagas de suelo y destruir las pupas enterradas, o exponerlas para ser comidas por las aves depredadoras. Otro ejemplo es la destrucción de restos o partes de plantas que contengan plagas.

Control Físico o Mecánico: Son medidas físicas o mecánicas usadas directas o indirectamente para eliminar las plagas o hacerles el ambiente inapropiado para su establecimiento, dispersión, sobrevivencia o reproducción. Generalmente, estas medidas influyen sobre el ciclo reproductivo. La utilización de trampa plástica, de color amarillo con un pegamento especial, que debe ser colocada en la misma altura de la planta, atrae a los insectos y por medio de esta se puede evaluar y/o controlar un insecto-plaga, reduciendo la población.

El uso de barreras vivas impiden o retardan la entrada de los insectos plagas adultos, si es posible debe rodear al cultivo, pudiendo emplearse sorgo forrajero, maíz u otra planta similar.

Control Biológico: Es la manipulación deliberada, por el hombre, de parasitoides, depredadores y patógenos de las especies plaga, dentro del agro ecosistema, diseñada o proyectada para reducir la población plaga a un nivel que no produzca daños económicamente importantes.

La mayoría de las plagas tienen varios enemigos naturales, los cuales se pueden clasificar



Figura 9. Muestreo de insectos en un cultivo de *Jatropha*.

en tres grandes grupos: parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

El término parasitoide se refiere a los insectos que parasitan a otros insectos, artrópodos o moluscos, es decir, los toman como hospedantes para vivir a expensa suya durante sus estadios larvarios, mientras en la vida adulta se alimenta de néctar, residuos vegetales o animales y viven libremente.

Los depredadores son insectos o ácaros que no causan daño al cultivo, pero capturan y se alimentan de otros insectos o ácaros fitófagos plagas, atacan varias presas durante su vida. En la mayoría de los casos son las larvas y los adultos los que buscan activamente a sus presas y se alimentan de ellas.

Los entomopatógenos son diversas clases de microorganismos que producen enfermedades a los insectos. Penetran en la especie plaga a través del tubo digestivo o del tegumento dando lugar a la expresión de la enfermedad, que provoca la muerte del hospedante. Los

entomopatógenos son los únicos que no buscan de forma activa a sus presas, a excepción de los nematodos.

Control Químico: Consiste en la aplicación de algún producto o sustancia cuya fórmula química se encuentra preparada para eliminar los insectos. Estos productos pueden llegar a ser nocivos para cualquier elemento del ecosistema; por ello, se deben utilizar prudencialmente. No se deben realizar aplicaciones durante la floración, ya que es de suma importancia mantener vivos todos los insectos polinizadores y garantizar el llenado del fruto.

Nivel de daño económico: A pesar de la dificultad para determinar el umbral de daño económico, éste debe ser tomado en cuenta para las aplicaciones de productos químicos en el cultivo, para ello es necesario realizar el monitoreo de la población de forma constante en el cultivo.

En la medida que se implementa el monitoreo del cultivo, la determinación o el cálculo aproximado de umbrales de daño se pueden realizar de manera sencilla, llevando registros de la densidad poblacional de las plagas, los costos de aplicación y la producción de cada parcela, estos datos se relacionan cada año.

Algunas consideraciones finales

La identificación correcta de la plaga es muy importante para tomar medidas preventivas o de control. Mediante una detección temprana se puede ahorrar tiempo y dinero, además se pueden utilizar más opciones para el manejo de las plagas. Es posible que se en-

cuentren insectos benéficos que puedan controlar las plagas antes de que se conviertan en un problema.

Los aspectos a tener en cuenta para utilizar un producto químico son: costo y tiempo para controlar la plaga, condiciones del medio ambiente, selección del mejor producto para la plaga específica, si es posible, un producto químico selectivo.

Es muy importante implementar un manejo integrado de plagas. Los aspectos más importantes a tener en cuenta son: muestreo periódico de plagas, recolección de restos de podas, recolección de frutos caídos y control de malezas.

La utilización de trampa plástica, de color amarillo con un pegamento especial, atrae a los insectos y por medio de ésta se puede controlar un insecto-plaga, reduciendo la población. El uso de barreras vivas impide o retardan la entrada de los insectos plagas adultos.

Referencias Bibliográficas

- Erazo, J.D. Manual de plagas y enfermedades de tempate (*Jatropha curcas*). San Salvador. (en línea). Consultado el 22 de junio de 2011. Disponible en [www.cen-ta.gob.sv/uploads/documentos/Manual de plagas y enfermedades del Tempate.pdf](http://www.cen-ta.gob.sv/uploads/documentos/Manual%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20del%20Tempate.pdf)
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira, N.S.; Lima C.R.P.; Casadei, G.; Berti, F.; Postal, P.J.R.; Zuchi, R.A.; Batista, A.S.; Vendramim, J.D.; Marchini, L.C.; Spotti, J.R.; Omoto, C. 2002. Entomología Agrícola. Piracicaba, BR: FEALQ. 920 p.
- Oliveira, H.N.; Da Silva, C.J.; Abot, A.R.; Araújo, D.I. 2010. Cigarrita verde en cultivos de *Jatropha curcas* en el Estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista Colombiana de Entomología 36 (1) 52 -53 p.

Enfermedades de la Jatropha

Aida Lorenza Orrego Fuente.

Aunque la *Jatropha* en otros países sea considerada una planta resistente a enfermedades, diversos patógenos se observan en los cultivos implantados en Paraguay, causando enfermedades que afectan la producción, ya sea de forma directa o indirecta. A continuación se describen algunas de las enfermedades observadas durante la ejecución del proyecto de investigación FCA/UNA-CONACYT.

Oidio

Nombre vulgar: Mancha blanca polvorienta

Etiología: *Oidium* spp.

Orden: Moniliales Clase: Hyphomycetes

Phyllum: Deuteromycota

El agente causal de la enfermedad es un hongo ectoparásito obligado, de hifas hialinas, micelio blanco extendido sobre la superficie de todos los órganos verdes de la planta. Presenta conidióforos cortos y conidios hialinos, elípticos y producidos en cadena (Figura 1).

Los conidios pueden ser diseminados por el viento, infectando a la planta en cualquier fase de su desarrollo.

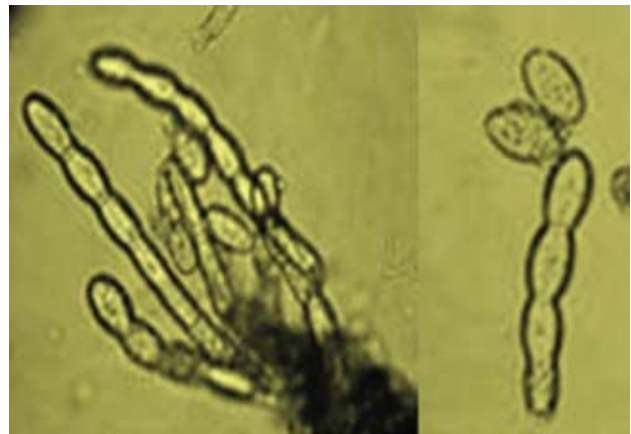


Figura 1. Hifas y conidios de *Oidium* sp., agente causal de la mancha blanca polvorienta en plantas de *Jatropha*.

Períodos secos y amplio rango de temperatura facilitan el ataque del hongo. Las lluvias son desfavorables para producción de conidios.

Distribución Geográfica: En Paraguay, la enfermedad fue observada en los departamentos de Paraguari, Central, Concepción, Amambay, Cordillera, San Pedro, Caazapá y Boquerón.

Síntomas: En la Figura 2 se observan los síntomas producidos por *Oidium* sp. Son predominantes en la parte apical de la planta, y se caracterizan por un crecimiento blanquecino polvoriento sobre hojas, peciolo, tallos

verdes y frutos verdes, debido al crecimiento de la estructura micelial del hongo.

Con el progreso de la enfermedad, los órganos atacados se tornan de color amarillo, posteriormente los tejidos se necrosan y mueren.

Es muy perjudicial cuando el ataque se pro-

duce durante la floración y fructificación debido a que ataca el pedúnculo, provocando la muerte del mismo e impidiendo el desarrollo normal del fruto, que queda atrofiado, con coloración negra y semillas vanas (Saturnino *et al*, 2005).

Control: Para su control se emplean productos a base de triazoles y estrobilurinas.



Figura 2. Síntomas producidos por *Oidium* sp. en ramas, hojas, flores y frutos.

Roya

Nombre vulgar: Roya

Etiología: *Phakopsora jatrophiicola*
 Orden: Uredinales Clase: Teliomycetes
 Phylum: Basidiomycota

El agente causal de la enfermedad es un hongo parásito obligado que forma uredosporas ovoides a elípticas, equinuladas, de color amarillo pálido a castaño (Figura 3).

Las uredosporas son dispersadas por el viento a largas distancias, principalmente en días secos y sin humedad, pudiendo provocar grandes epifitias.

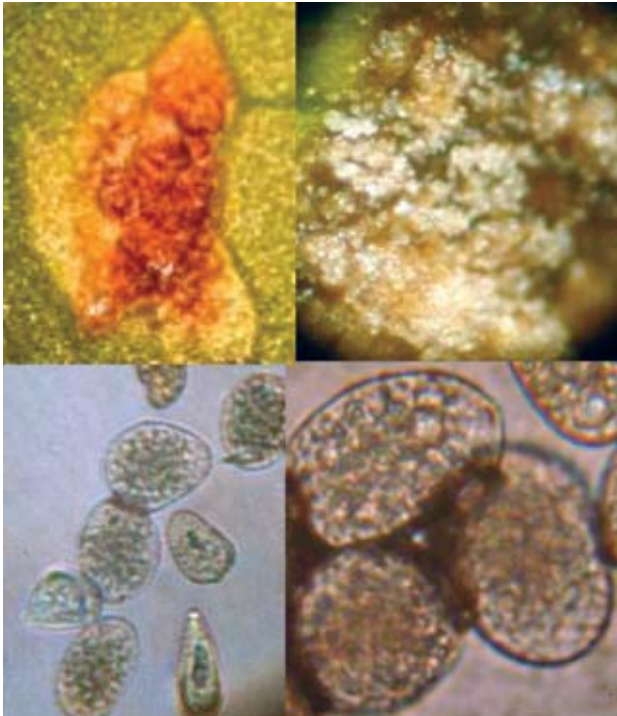


Figura 3. Detalles de la pústula en la hoja y uredosporas del hongo *Phakopsora jatrophiicola*.

Las temperaturas medias óptimas para el desarrollo de la enfermedad se encuentran entre 18 °C y 28 °C.

Distribución Geográfica: La enfermedad fue observada en los departamentos de Paraguarí, Central, Concepción, Amambay, Cordillera, San Pedro, Caazapá y Boquerón.

Síntomas: Durante la primavera, los primeros síntomas de roya se presentan como pequeños puntos cloróticos en el haz y coloración naranja en el envés de las hojas. Las hojas más atacadas son las bajas y medias, mientras que en las nuevas no se observan síntomas en los primeros estadios (Figura 4).

Las infecciones severas se caracterizan por lesiones necróticas con halo clorótico en el haz, de forma irregular, que coalescen y se necrosan, mientras que en el envés la coloración se vuelve rojiza, con erupción de la epidermis donde se liberan los uredosporos (Saturnino *et al*, 2005 y Roesse *et al*, 2008).

Las hojas que han sido atacadas se tornan amarillas y se producen severas defoliaciones.

Durante el invierno, como el cultivo es de hojas caducas, la mayoría de las hojas están en el suelo, sin embargo, se ha constatado que algunas hojas permanecen en las plantas sirviendo de fuente de inóculo primario para la nueva brotación que empieza durante la primavera. Como en la primavera las condiciones ambientales son muy favorables, ocurre una vertiginosa diseminación con los primeros ciclos de vida del patógeno, afectando rápidamente a todo el cultivo.

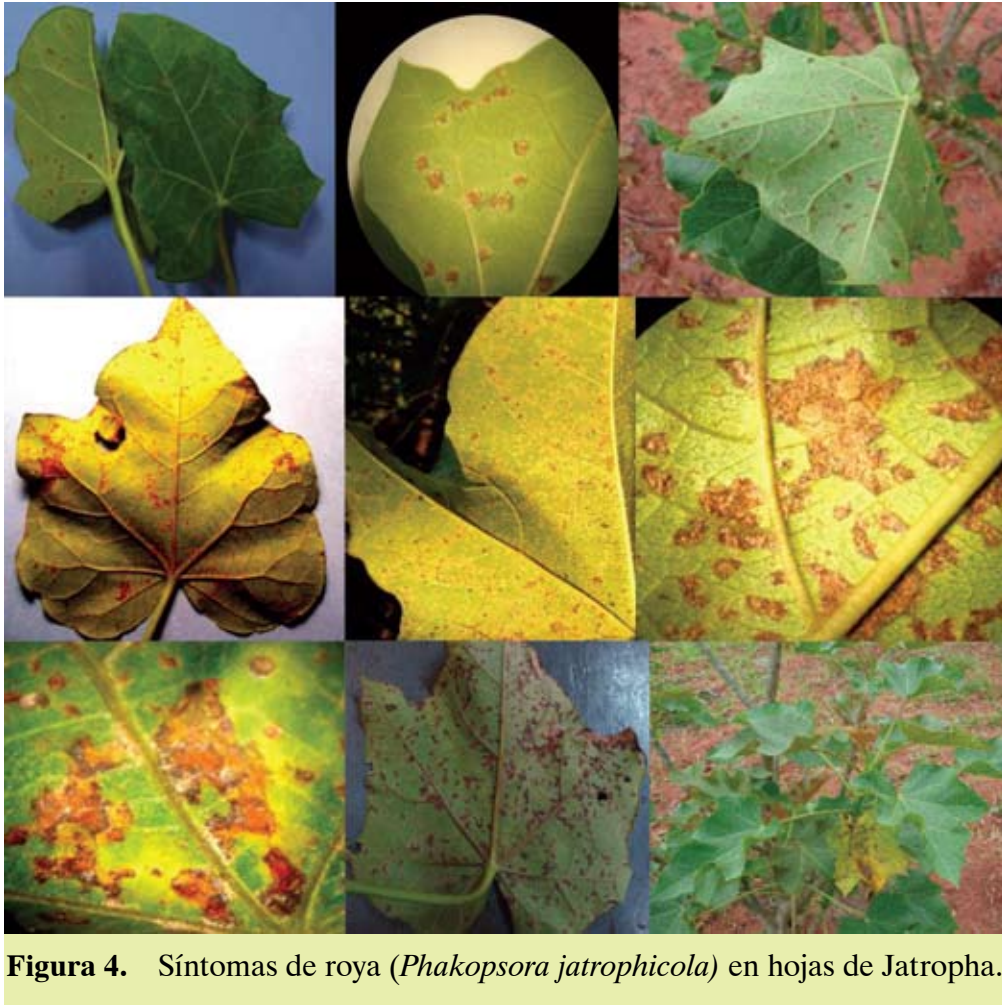


Figura 4. Síntomas de roya (*Phakopsora jatrophicola*) en hojas de Jatropha.

Control: Para el control de la roya de la hoja se emplean productos a base de triazoles y estrobilurinas.

Antracnosis

Nombre vulgar: Antracnosis

Etiología: *Colletotrichum* spp.
Orden: Melanconiales Clase: Coelomycetes Phylum: Deuteromycota

Hongo parásito facultativo que forma cuerpos de fructificación llamados acérvulos (Menezes y Oliveira, 1993), de color marrón claro, donde se forman conidios hialinos,

unicelulares, baciliformes, sobre conidióforos cortos (Figura 5).

Los conidios son diseminados por la lluvia, insectos y semillas, principalmente.

La enfermedad es favorecida por temperaturas entre 25 a 30 °C y alta humedad relativa

Distribución Geográfica: La enfermedad se encuentra ampliamente distribuida en el país, observándose principalmente en condiciones de vivero, en los departamentos de Paraguari, Central, Concepción, Amambay, Cordillera, San Pedro, Caazapá. Síntomas en planta adulta se observaron en el Departamento Boquerón.

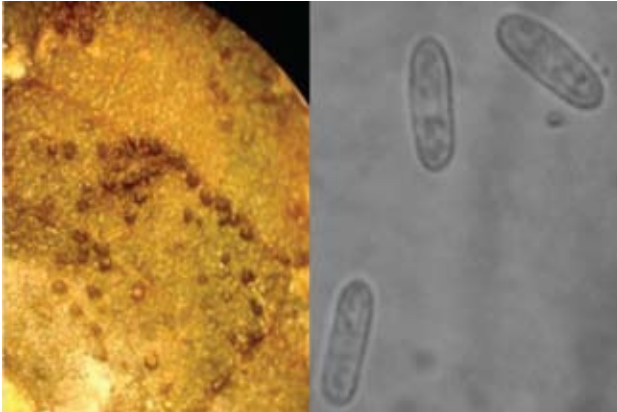


Figura 5. Cuerpos de fructificación y conidios del hongo *Colletotrichum sp.*, causante de la antracnosis de la Jatropha.

Síntomas: Entre los síntomas causados por *Colletotrichum sp.*, se destacan pequeñas lesiones necróticas circulares, dispersas en las hojas, las cuales luego coalescen, formando áreas necróticas de forma irregular. Las hojas nuevas son las más afectadas ocasionando desarrollo desigual de los tejidos foliares, causando enrollamiento de las hojas, siendo más acentuados en los brotes (Figura 6).

Control: Para el control de la antracnosis se deben emplear productos a base de benzimidazoles y evitar mojar las hojas en el vivero.



Figura 6. Síntomas de antracnosis (*Colletotrichum sp.*) en hojas de Jatropha.

Mancha Foliar

Nombre vulgar: Mancha foliar

Etiología: *Cercospora spp.*
 Orden: Moniliales Clase: Hyphomycetes
 Phylum: Deuteromycota

La enfermedad es producida por un hongo parásito facultativo que produce conidios largos y multiseptados, hialinos, sobre conidióforos cortos de coloración marrón (Figura 7).

La diseminación se produce principalmente por el viento.

Temperaturas entre 25 a 30 °C y humedad relativa por encima del 80 % favorecen a la enfermedad.

Distribución Geográfica: Las manchas foliares



Figura 7. Conidios de *Cercospora sp.*, agente causal de la mancha foliar.

causadas por *Cercospora* sp. fueron observadas en plantaciones de los departamentos de Paraguari, Central, Concepción, Amambay, Cordillera, San Pedro, Caazapa y Boquerón.

Síntomas: Los síntomas aparecen solamente en las hojas más viejas. Inicialmente son manchas pequeñas de coloración marrón con bordes bien definidos y oscuros. Posteriormente, el centro se vuelve de color ceniza o gris, manteniéndose los bordes marrones (Figura 8). Se observan puntuaciones

negras sobre el centro ceniciento, lo que corresponde a las fructificaciones del hongo. En estado avanzado y bajo condiciones favorables, las manchas coalescen afectando el área fotosintética de la planta, pero sin causar defoliación.

Control: No es una enfermedad de gran importancia pero en caso de que sea necesario el control de la misma, puede ser efectuado mediante productos a base de ditiocarbamatos.



Figura 8. Síntomas de mancha foliar (*Cercospora* sp.) en hojas de Jatropha.

Necrosis de la Inflorescencia y del Fruto

Nombre vulgar: Muerte de la inflorescencia y del fruto

Etiología: *Alternaria* sp.

Orden: Moniliales Clase: Hyphomycetes

Phylum: Deuteromycota

Hongo parásito facultativo con micelio septado y ramificado de color oscuro. Conidióforos simples, con conidios terminales que presentan septos transversales y longitudinales (Figura 9).

El viento es el principal diseminador de los conidios, aunque también los insectos y las semillas cumplen esta función.

En cuanto a las condiciones ideales para la enfermedad se tienen temperaturas entre 28 y 30 °C y humedad relativa alta.



Figura 9. Conidios de *Alternaria* sp., agente causal de necrosis de la inflorescencia y del fruto.



Figura 10. Necrosis de inflorescencia, hojas y fruto de *Jatropha* (*Alternaria* sp.)

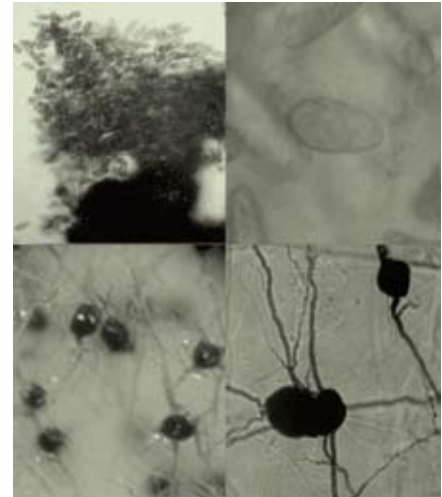


Figura 11. Conidios y picnidios de *Macrophomina phaseolina*, agente causal de seca y muerte de la planta.

Distribución Geográfica: Las necrosis de la inflorescencia, del fruto y grandes manchas foliares fueron observadas en los departamentos de Paraguarí, Central, Concepción, Amambay, Cordillera, San Pedro, Caazapá y Boquerón.

Síntomas: Los síntomas ocasionados por *Alternaria* sp. se observan en las flores causando ennegrecimiento y aborto; en los pedúnculos de las inflorescencias, la enfermedad se manifiesta por necrosis y muerte; y en los frutos, se presentan lesiones oscuras a negras con aspecto de pudrición seca (Figura 10).

Los frutos verdes atacados dejan de crecer, sufren necrosis pero no se desprenden del racimo. Los pedúnculos afectados por el patógeno se tornan flácidos, cambiando de color verde a marrón oscuro, produciendo desecación de flores.

En las hojas los síntomas se caracterizan por formar grandes manchas concéntricas circulares, afectando la parte apical.

Control: Para el control de la enfermedad se pueden emplear productos a base de ditiocarbamatos.

Seca y muerte de la planta

Nombre vulgar: Seca y muerte de la planta

Etiología: *Macrophomina phaseolina*

Orden: Sphaeropsidales Clase: Coelomycetes Phylum: Deuteromycota

Hongo parásito facultativo con micelio septado y ramificado de color negro. Se caracteriza por formar picnidios oscuros y globosos en el hospedero, presentando

conidios unicelulares hialinos y baciliformes (Figura 11). En medio de cultivo forma esclerocios.

Es un hongo polífago del suelo que sobrevive mediante los esclerocios, a partir del cual produce la infección en la planta.

Las condiciones ideales para la enfermedad son temperaturas altas y humedad relativa baja.

Distribución Geográfica: Muerte y seca de plantas jóvenes fue observada en el departamento de Boquerón.

Síntomas: El ataque de *Macrophomina phaseolina* se caracteriza por causar el marchitamiento de la planta, pudrición de la raíz y del tallo, dando lugar a la muerte de la planta (Figura 12). Al arrancarse éstas, se forman hilachas de los tejidos del cuello y de la raíz, observándose los picnidios y esclerocios del patógeno como puntos negros en los mismos.



Figura 12. Síntomas del ataque de *Macrophomina phaseolina* en plantas de *Jatropha* (seca y muerte de la planta).

Control: Para el control de esta enfermedad se pueden emplear productos a base de Benzimidazoles de forma preventiva.

Algunas consideraciones finales

Las enfermedades más importantes que atacan a la *Jatropha* en Paraguay son el oidio, que afecta directamente el fruto impidiendo su formación, ocasionando su caída o produciendo el atrofiamiento del mismo, y la roya, que ocasiona una elevada defoliación prematura, reduciendo el área fotosintética y disminuyendo de esta forma la producción de fotoasimilados que permitan el buen llenado de los frutos.

De acuerdo con las observaciones realizadas en los cultivos comerciales monitoreados, el control químico se vuelve indispensable para el control de las enfermedades en *Jatropha*, pues medidas alternativas no han dado buenos resultados, debiendo encararse otros estudios para ver la viabilidad de estas últimas.

Referencias Bibliográficas

- Menezes, M. y Oliveira, S.M. 1993. Fungos fitopatógenos. Recife (Br): UFRPE, Imprensa Universitária. 277p.
- Roese, A.D.; Silva, C.J.; Goulart, A.C.P.; Abrão, J.S. 2008. Ocorrência de ferrugem no pinhão-manso, em Mato Grosso do Sul, e efeito de alguns fungicidas no controle da doença. Comunicado Técnico 145:1-4. Dourados, BR.
- Saturnino, H.M.; Pacheco, D.D.; Kakida, J.; Tomimaga, N.; Gonçalves, N. P. 2005. Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Informe Agropecuario (BR). 26 (229): 44-78.

Comportamiento de Genotipos de *Jatropha curcas* L. en Diferentes Ambientes

Cipriano Ramón Enciso Garay, Oscar Joaquín Duarte Álvarez, Julio Mario Colmán González, Oscar Natalio Salinas Godoy, Edelira Velázquez, Francisco Vergara Ocampos.

En Paraguay no se cuenta con variedades de *Jatropha* que puedan ser utilizadas en plantaciones comerciales; por ello, los cultivos existentes se establecen en base a semillas o esquejes de plantas cuya productividad se desconoce. Es sumamente importante estudiar la diversidad genética existente en el país, con el fin de sustentar un programa de mejoramiento y conservación de germoplasma a nivel nacional; además, es necesario realizar investigaciones científicas sobre el comportamiento y la productividad de diversos materiales genéticos, nacionales o extranjeros, en las diferentes regiones agroecológicas del país.

En este capítulo se presentan los resultados de un trabajo de investigación realizado para caracterizar genotipos de *Jatropha* en cuanto a su morfología, comportamiento agronómico y contenido de aceite, en diferentes condiciones agroecológicas de Paraguay.

Metodología de la Investigación

Se instalaron experimentos en los campos experimentales de las filiales de la FCA/UNA en Pedro Juan Caballero (Amambay), Ca-

zapá (Caazapá) y en Cruce Los Pioneros (Presidente Hayes), para comparar el comportamiento de germoplasma de *Jatropha* en ambientes contrastantes (Figura 1). Los materiales provinieron del banco de germoplasma del Centro Tecnológico Agropecuario del Paraguay (CETAPAR), ubicado en el Distrito de Yguazú, Alto Paraná.

La multiplicación de los materiales genéticos se realizó por esquejes para asegurar su pureza genética. Los esquejes se obtuvieron de ramas de un año de edad, presentaban de 40 a 50 cm de longitud y 3 a 5 cm de diámetro. La plantación se realizó en macetas de polietileno negro de 25 cm de altura, 15 cm de diámetro, 80 micrones de espesor y cargadas con un substrato constituido por una parte de tierra agrícola y una parte de estiércol bovino. La producción de mudas se realizó en el interior de un invernadero de la FCA/UNA en el campus de San Lorenzo, entre los meses de setiembre y noviembre de 2009.

Se compararon 14 genotipos de *Jatropha*, seis de ellos provenientes del Brasil y las restantes de diferentes zonas agroecológicas del Paraguay (Tabla 1).

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Cada unidad experimental estuvo representada por tres plantas. El trasplante de las mudas al lugar definitivo se realizó en diciembre de 2009. La densidad de plantación fue 3 m entre hileras y 2 m entre plantas. No se realizaron podas ni aplicación de fertilizantes.

En el Distrito de Caazapá la precipitación media anual es 1.600 mm y la temperatura media anual 23 °C. El suelo es un “Rhodic paleudult”, con estructura subgranular, textura franco-arenosa, pH de 5,6 y 0,62 % de materia orgánica.

En Pedro Juan Caballero, la precipitación media anual es 1.575 mm y la temperatura media anual 21,3 °C. El suelo es un Alfisol, suavemente ondulado y con textura arenosa, el pH es alrededor de 6,0 y el contenido de materia orgánica alrededor de 2%.

En Cruce Los Pioneros, la precipitación media anual es 800 mm, de la cual 70 a 80 % ocurre entre los meses de octubre y abril; la temperatura media anual es de 24 °C, presentando la media más elevada en febrero (33,6 °C) y la más baja en julio (13,4 °C). El área donde se implantó el experimento tiene un relieve plano con características aluviales chaqueñas. La textura del suelo es franco-arcillosa; el suelo es profundo y con bajo contenido de sal.

Los datos de temperatura media mensual y precipitación registrados en Caazapá, Pedro Juan Caballero y Cruce Los Pioneros, durante el tiempo en que se realizaron las evaluaciones del experimento se presentan en la Tabla 2.



Figura 1. Vista general de los experimentos realizados para evaluar el comportamiento de 14 genotipos de *Jatropha* en tres zonas agroecológicas. La foto superior corresponde a Cruce Los Pioneros (plantas de 6 meses); la foto media a Caazapá (plantas de 11 meses), y la foto inferior a Pedro Juan Caballero (plantas de 12 meses).

Tabla 1. Genotipos de *Jatropha* (*Jatropha curcas* L.) y lugar de procedencia.

Colecta	Lugar de Procedencia		
	Distrito	Departamento o Estado	País
1	Guayaki	Caaguazú	Paraguay
2	Juan L. Mallorquín	Alto Paraná	Paraguay
3	Minga Guazú	Alto Paraná	Paraguay
4	Caragatay	Cordillera	Paraguay
5	La Colmena	Paraguari	Paraguay
6	Sapucaí	Paraguari	Paraguay
7	Fulgencio R. Moreno	Alto Paraná	Paraguay
8	Horqueta	Concepción	Paraguay
9	Dourados	Mato Grosso do Sul	Brasil
10	Bento	Minas Gerais	Brasil
11	Filomena	Minas Gerais	Brasil
12	São Gonçalo	Minas Gerais	Brasil
13	Oracilia	Minas Gerais	Brasil
14	Paraguaçu	Minas Gerais	Brasil

Tabla 2: Temperatura media mensual (TMM) y precipitación en Caazapá, Pedro Juan Caballero y Cruce Los Pioneros, durante la ejecución del experimento, años 2010-2011.

Meses	Caazapá		Pedro Juan Caballero		Cruce Los Pioneros	
	TMM (°C)	Precipitación (mm)	TMM (°C)	Precipitación (mm)	TMM (°C)	Precipitación (mm)
Año 2010						
Enero	27,3	65	20,8	246	29,5	55
Febrero	28,1	271	22,1	161	30,6	152
Marzo	26,1	346	20,3	110	29,1	85
Abril	22,5	59	18,2	49	24,7	0
Mayo	17,7	130	13,5	290	18,8	39
Junio	18,3	53	15,3	7	20,2	8
Julio	16,6	140	12,8	76	19,4	40
Agosto	18,2	22	13,9	0	21,2	10
Setiembre	20,3	146	16,6	275	24,7	0
Octubre	21,3	157	16,7	117	26,6	13
Noviembre	23,3	68	17,4	124	27,1	35
Diciembre	26,0	344	20,7	72	30,9	437
Año 2011						
Enero	27,3	47	21,0	63	28,7	45
Febrero	26,4	193	21,3	208	29,7	198
Marzo	26,3	221	20,2	76	29,6	120
Abril	23,2	203	18,2	192	27,5	95
Mayo	19,8	65	14,9	19	23,9	15
Junio	18,8	88	14,3	45	18,4	5

Las variables medidas fueron: altura de planta, diámetro de tallo; diámetro de copa, longitud y ancho de las semillas; peso medio de 100 semillas, rendimiento de granos y contenido de aceite en las semillas. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y en los casos en que se encontraron diferencias estadísticas significativas, se realizó la prueba de Duncan para comparar las medias, con un nivel de significancia de 5 % de probabilidad de error.

Las variables morfológicas se evaluaron a los seis meses después del trasplante y en el segundo año en el momento de la cosecha en las localidades de Caazapá, Pedro J. Caballero y Cruce Los Pioneros (Chaco Central) durante los años 2010 y 2011. Para complementar la información, se incluye en éste capítulo los datos provenientes de una evaluación realizada en el año 2009 en el CETAPAR, Distrito de Yguazú, en plantas con 22 meses de edad.

Otra característica evaluada fue el contenido de aceite en las semillas.

Resultados Obtenidos

● Primer año de Evaluación

En la Tabla 3 se presentan los resultados de una evaluación realizada en el año 2009 en CETAPAR, previo a la obtención de esquejes. No se encontraron diferencias en diámetro de copa entre hileras y diámetro de tallo. En cuanto a altura de planta, se verificó que Filomena y São Gonçalo presentaron la mayor altura con 289 y 288 cm, respectivamente, difiriendo de Fulgencio R. Moreno, La Colmena, Minga Guazú, Juan L. Mallorquín y Guayaki.

No se detectaron diferencias estadísticas significativas para las variables longitud y ancho de granos. Hubo diferencia estadística signifi-

Tabla 3: Valores medios de altura de plantas, diámetro de tallo y diámetro de copa de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L. a los 22 meses después de su implantación. CETAPAR, Yguazú. 2009.

Colecta	Altura de plantas (cm)	Diámetro de copa entre hileras (cm)	Diámetro de tallo (cm)
Guayaki	246 ef	140	10,94
Juan L. Mallorquín	264 bcdef	150	11,38
Minga Guazú	250 ef	140	10,98
Caraguatay	268 abcde	140	10,58
La Colmena	263 cdef	140	11,12
Sapucaí	268 abcde	130	11,87
Fulgencio R. Moreno	255 def	120	11,14
Horqueta	268 abcde	120	11,52
Dourados	287 ab	140	11,94
Bento	275 abcd	120	11,37
Filomena	289 a	150	11,80
São Gonçalo	288 a	140	11,65
Oracilia	274 abcd	120	11,49
Paraguaçu	284 abc	130	11,07
CV (%)	5,37	17,06	7,53

Medias que comparten una misma letra son iguales entre sí según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Fuente: Elaborado en base a datos de Vergara (2009).

cativa en peso de 100 semillas, pero de acuerdo con la información presentada en el Capítulo 2 de este manual, todos los genotipos presentaron valores superiores a 60 g, que corresponden a semillas viables y vigorosas. En la evaluación de rendimiento de granos de la última cosecha se verificó que Oracilia tuvo el mayor rendimiento (133 kg/ha) superando a Paraguaçu, Horqueta, Fulgencio R. Moreno, Sapucaí y Guayaki (Tabla 4).

En las Tablas 5 y 6 se presentan los valores obtenidos en la primera evaluación realizada en el año 2010 para las variables morfológicas altura de plantas, diámetro de tallo y diámetro de copa de los diferentes genotipos en Caazapá, Pedro J. Caballero y Cruce Los Pioneros.

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 5, no se observaron diferencias estadísticas significativas para altura de plantas en Caazapá. En Pedro Juan Caballero, el material Filomena produjo la mayor altura

(145,86 cm) superando a Bento, pero siendo similar a los demás, mientras que en Cruce Los Pioneros, la mayor altura presentó Paraguaçu, superando a Sapucaí y sin diferir de los otros. Al comparar los tres ambientes, la mayor altura media se registró en Caazapá (162 cm), seguido de Pedro Juan Caballero (135 cm) y Cruce Los Pioneros (122 cm).

En cada ambiente o zona agroecológica, los 14 genotipos evaluados fueron similares en diámetro de tallo, pero al comparar entre zonas agroecológicas, los mayores promedios se registraron en Caazapá y Cruce Los Pioneros (6 cm).

Según los datos presentados en la Tabla 6, no se observaron diferencias estadísticas significativas para diámetro de copa en Caazapá, mientras que en Pedro Juan Caballero el material Sapucaí fue el que presentó el mayor valor y en Cruce Los Pioneros fue Paraguaçu. Los mayores promedios de diámetro de copa se registraron en Caa-

Tabla 4: Valores medios de longitud, ancho de granos, peso de 100 semillas y rendimiento de granos de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L. a los 22 meses de su implantación. CETAPAR, Yguazú. 2009.

Colecta	Longitud de granos (cm)	Ancho de granos (cm)	Peso de 100 semillas (g)	Rendimiento de granos (kg/ha)
Guayaki	1,76	1,10	66,5 de	47 c
Juan L. Mallorquín	1,77	1,10	72,6 ab	78 abc
Minga Guazú	1,78	1,10	68,6 cd	80 abc
Caragatay	1,78	1,08	71,4 abc	121 ab
La Colmena	1,76	1,07	71,5 abc	80 abc
Sapucaí	1,76	1,08	69,3 bcd	61 bc
Fulgencio R. Moreno	1,80	1,10	73,7 a	48 c
Horqueta	1,79	1,08	66,4 de	..51 c
Dourados	1,73	1,08	66,3 de	..99 abc
Bento	1,74	1,07	61,7 f	105 abc
Filomena	1,74	1,07	63,3 ef	84 abc
São Gonçalo	1,73	1,10	62,2 f	100 abc
Oracilia	1,78	1,08	60,7 f	133 a
Paraguaçu	1,76	1,09	67,2 d	58 bc
CV (%)	4,87	1,1	1,82	56,45

Medias que comparten una misma letra son iguales entre sí según la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Fuente: Elaborado en base a datos de Vergara (2009).

Tabla 5: Valores medios de altura de plantas y diámetro del tallo de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2010.

Colecta	Altura de Plantas (cm)			Diámetro de Tallo (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Los Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Los Pioneros
Guayaki	159,00	139,96 ab	129,56 ab	6,30	4,03	6,38
Juan L. Mallorquín	166,44	134,53 ab	123,33 ab	6,12	3,97	5,93
Minga Guazú	164,89	130,53 ab	106,63 ab	6,12	3,77	5,60
Caraguatay	174,67	144,13 a	116,56 ab	6,12	4,27	5,51
La Colmena	166,89	133,43 ab	115,11 ab	5,77	3,50	5,75
Sapucaí	152,56	141,16 ab	91,44 b	5,91	4,37	5,01
Fulgencio R. Moreno	161,00	131,83 ab	128,78 ab	6,30	4,13	5,87
Horqueta	167,11	135,76 ab	122,50 ab	5,85	4,03	5,98
Dourados	158,78	136,53 ab	133,22 ab	6,12	3,93	5,93
Bento	147,78	124,30 b	108,56 ab	6,15	4,23	5,77
Filomena	167,00	145,86 a	117,00 ab	6,30	4,50	6,15
São Gonçalo	152,44	134,56 ab	102,78 ab	5,63	4,10	5,60
Oracilia	166,44	132,23 ab	133,89 ab	6,12	4,17	6,73
Paraguaçu	163,55	129,66 ab	142,50 a	6,22	4,20	7,06
Promedio	162,04 A	135,32 B	121,57 C	6,07 A	4,09 B	5,95 A
Prueba F	1,15 ns	1,11*	2,30*	1,52 ns	0,72ns	1,41ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

Tabla 6: Valores medios de diámetro de copa entre plantas e hileras de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2010.

Colecta	Diám. de Copa entre plantas (cm)			Diám. de Copa entre hileras (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Los Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Los Pioneros
Guayaki	100,5	63,1 b	105,3 ab	94,1	60,7 b	103,1 ab
Juan L. Mallorquín	106,6	78,2 ab	101,6 ab	105,3	74,4 ab	105,3 ab
Minga Guazú	108,9	71,5 ab	90,0 ab	99,3	64,9 ab	104,0 ab
Caraguatay	105,8	72,3 ab	94,8 ab	108,0	77,9 ab	93,8 ab
La Colmena	97,4	70,4 ab	100,6 ab	93,4	68,5 ab	101,6 ab
Sapucaí	96,0	78,7 a	78,2 b	97,2	78,9 a	80,4 b
Fulgencio R. Moreno	114,7	72,8 ab	107,1 ab	108,9	70,3 ab	107,4 ab
Horqueta	99,3	73,2 ab	93,6 ab	108,3	74,6 ab	100,6 ab
Dourados	110,7	69,2 ab	111,7 ab	108,5	68,5 ab	118,0 ab
Bento	92,8	78,4 a	89,3 ab	82,2	78,5 ab	91,4 ab
Filomena	119,3	74,0 ab	108,3 ab	113,9	71,4 ab	102,8 ab
São Gonçalo	115,7	69,2 ab	87,4 ab	109,8	65,5 ab	87,0 b
Oracilia	98,7	78,0 ab	118,4 ab	99,2	62,3 ab	120,1 ab
Paraguaçu	117,8	72,8 ab	128,3 a	112,3	74,4 ab	134,8 a
Promedio	106,0 A	73,0 B	101,1 A	102,0 A	70,8 B	103,6 A
Prueba F	1,0ns	1,1*	1,9*	1,1ns	1,3*	2,1*

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

zapá y Cruce Los Pioneros (101 a 106 cm) y los menores en Pedro Juan Caballero (71 a 73 cm).

En la Tabla 7 se observa que no hubo diferencia estadística en longitud de granos, entre los materiales evaluados en Caazapá y Cruce Los Pioneros, pero en Pedro Juan Caballero se verificó que La Colmena y Sapucaí (1,75 cm) tuvieron mayor longitud de granos que Fulgencio R. Moreno y Dourados. Entre localidades se constató que en Caazapá y Pedro Juan Caballero se obtuvieron las mayores longitudes de granos.

Con relación al peso de 100 semillas, solamente se observaron diferencias estadísticas entre genotipos en Pedro J. Caballero y comparando los ambientes entre sí, se pudo constatar que Cruce Los Pioneros presentó la menor (Tabla 8).

De acuerdo con la información presentada en el Capítulo 2, peso de 100 semillas superior a 60 g indica semillas viables y vigorosas, por lo tanto hay diferencia entre genotipos y zonas agroecológicas. Considerando en primer lugar los datos obtenidos en el Distrito de Caazapá, se puede observar que los genotipos Guayaki, Juan L. Mallorquín, Minga Guazú, Caraguatay, La Colmena, Sapucaí, Fulgencio R. Moreno y Filomena; en el Distrito de Pedro Juan Caballero, los genotipos Guayaki, Caraguatay, Horqueta y Dourados presentaron peso medio de semillas superior a 60 g, mientras que en Cruce Los Pioneros, ninguno de los materiales genéticos evaluados superaron dicho valor.

Analizando el comportamiento de los genotipos en los diferentes ambientes, se constató que Guayaki, Juan L. Mallorquín y Ca-

Tabla 7: Valores medios de longitud de granos y ancho de granos de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2010.

Colecta	Longitud de granos (cm)			Ancho de granos (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	1,68	1,70 ab	1,62	1,05	0,83 cd	1,04
Juan L. Mallorquín	1,69	1,71 ab	1,65	1,06	1,00 abc	1,04
Minga Guazú	1,70	1,70 ab	1,66	1,03	1,10 a	1,11
Caraguatay	1,75	1,65 ab	1,64	1,00	0,88 bcd	1,07
La Colmena	1,75	1,75 a	1,61	1,04	0,90 bcd	1,06
Sapucaí	1,77	1,75 a	1,67	1,04	1,05 ab	1,08
Fulgencio R. Moreno	1,67	1,60 b	1,62	1,04	0,80 d	1,05
Horqueta	1,56	1,70 ab	1,60	0,99	1,00 abc	1,00
Dourados	1,71	1,60 b	1,67	1,05	1,00 abc	1,07
Bento	1,69	1,70 ab	1,63	1,04	0,90 bcd	1,07
Filomena	1,74	1,73 a	1,26	1,03	0,90 bcd	1,05
São Gonçalo	1,69	1,73 a	1,59	1,04	0,93 abcd	1,04
Oracilia	1,67	1,70 ab	1,60	1,03	0,93 abcd	1,01
Paraguaçu	2,18	1,65 ab	1,64	1,05	1,00 abc	1,06
Promedio	1,73 A	1,69 A	1,60 B	1,04 NS	0,95 NS	1,05 NS
Prueba F	0,91ns	1,89*	1,54ns	0,58ns	2,76*	1,59ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

raguatay fueron los únicos que presentaron peso de semillas superior a 60 g, tanto en Caazapá, como en Pedro J. Caballero, lo cual indica que existe un comportamiento diferenciado de los genotipos evaluados en función a los ambientes.

En Pedro J. Caballero, los genotipos difirieron en rendimiento de granos (Tabla 8), pero no ocurrió lo mismo en Caazapá y Cruce Los Pioneros. Comparando los tres ambientes, los mayores rendimientos se obtuvieron en Caazapá y Cruce Los Pioneros.

En general, se pudo notar que los rendimientos obtenidos en el primer año de fueron bajos. En Caazapá, los rendimientos estuvieron entre 66 kg/ha (Bento) y 167 kg/ha (Filomena), en Pedro J. Caballero entre 14 kg/ha (La Colmena) y 59 kg/ha (Fulgencio R. Moreno), y en Cruce Pioneros entre 17 kg/ha (Sapucaí) y 238 kg/ha (Fulgencio R. Moreno).

Además, se nota la interacción de los genotipos con el ambiente, así Juan L. Mallorquín y Minga Guazú presentaron buen comportamiento en Caazapá y Cruce Los Pioneros, no así en Pedro J. Caballero. Por otro lado, Filomena rindió bien en los tres ambientes.

Los rendimientos obtenidos en el primer año de evaluación son superiores a los 16 kg/ha de rendimiento promedio reportados por Castro *et al.* (2008) que en evaluaciones realizadas con diferentes genotipos de *Jatropha* en San Paulo, Brasil.

● Segundo año de Evaluación

En el segundo año de evaluación, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre genotipos y entre ambientes para altura de plantas y diámetro de tallo (Tabla 9). Estos resultados difieren de Silva *et al.* (2008), que

Tabla 8: Valores medios de peso de 100 semillas y rendimiento de granos de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2010.

Colecta	Peso de 100 semillas (g)			Rendimiento (kg/ha)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	60,53	61,85 ab	49,97	107	22 cd	108
Juan L. Mallorquín	63,95	65,51 a	47,60	138	18 cd	158
Minga Guazú	61,55	55,17 cd	52,67	135	36 bcd	232
Caraguatay	62,17	64,37 ab	44,53	119	28 bcd	119
La Colmena	64,38	59,26 c	54,22	91	14 b	114
Sapucaí	62,14	55,15 cd	42,93	101	50 ab	17
Fulgencio R. Moreno	60,32	52,74 de	53,32	123	59 a	238
Horqueta	59,58	60,24 abc	53,83	137	23 bcd	21
Dourados	57,33	61,42 ab	39,64	69	23 bcd	89
Bento	47,72	33,88 f	50,89	66	27 bcd	44
Filomena	63,88	48,80 e	50,97	167	58 a	237
São Gonçalo	58,49	51,73 de	49,63	128	31 bcd	106
Oracilia	59,06	52,80 de	48,22	110	45 abc	193
Paraguaçu	50,98	49,37 de	52,00	113	28 bcd	104
Promedio	59,43 A	55,16 A	49,32 B	115 A	33 B	127 A
Prueba F	1,96 ns	21,02*	1,11 ns	0,75 ns	3,19*	1,13*

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

en una caracterización realizada con genotipos de distintas procedencias en Pernambuco, Brasil, observaron diferencias significativas en altura entre los materiales evaluados.

En Caazapá la altura de plantas varió entre 217 cm (Bento) y 248 cm (Caraguatay), con una media general de 228 cm, mientras que el diámetro de tallo varió entre 9,07 cm (Guayaki) y 10,30 cm (Dourados), con media de 9,60 cm.

En el experimento de Pedro J. Caballero, la altura de plantas estuvo entre 134 cm (Fulgencio R. Moreno) y 239 cm (Horqueta), con una media general de 214 cm. El diámetro de tallo varió entre 6,07 cm (São Gonçalo) y 9,13 cm (Caraguatay) con media de 7,73 cm.

En Cruce Los Pioneros, la altura de planta estuvo entre 185 cm (Juan L. Mallorquín) y 250 cm (Fulgencio R. Moreno), con media de 222 cm. El diámetro de tallo varió entre 8,07

cm (São Gonçalo) y 11,19 cm (Oracilia), con una media general de 9,34 cm.

La altura de plantas es una característica morfológica importante que debe considerar el productor cuando va definir la distancia de plantación del cultivo; además, cuando no se realiza la poda, la cosecha de frutos se dificulta en plantas muy altas.

Con relación al comportamiento de la altura de plantas en los diferentes ambientes, se pudo notar cierta estabilidad, a excepción de Fulgencio R. Moreno, que en Pedro J. Caballero presentó una altura de solo 134 cm, siendo la más baja entre todos los materiales evaluados.

En la Tabla 10 se consignan los valores de diámetro de copa entre plantas y entre hileras. No se detectaron diferencias estadísticas entre genotipos. Comparando las localida-

Tabla 9: Valores medios de altura de plantas y diámetro del tallo de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2011.

Colecta	Altura de Planta (cm)			Diámetro de Tallo (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	228	222	232	9,07	7,90	9,53
Juan L. Mallorquín	231	224	185	9,24	8,53	9,42
Minga Guazú	226	218	224	9,10	8,37	10,09
Caraguatay	248	254	243	9,82	9,13	8,21
La Colmena	221	221	194	9,22	7,73	8,47
Sapucai	225	217	236	10,02	7,37	9,91
Fulgencio R. Moreno	230	134	250	9,34	7,87	11,02
Horqueta	225	239	215	9,58	7,20	9,49
Dourados	229	191	244	10,30	7,73	9,38
Bento	217	214	206	9,77	7,20	7,88
Filomena	242	225	199	10,25	7,73	8,96
São Gonçalo	222	202	230	9,53	6,07	8,07
Oracilia	232	218	239	9,82	7,43	11,19
Paraguaçu	221	221	227	9,46	7,97	9,33
Promedio	228 A	214 A	222 A	9,60 A	7,73 A	9,34 A
Prueba F	0,48 ns	1,85ns	1,48 ns	0,85 ns	0,85ns	0,39 ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

des entre sí, los genotipos alcanzaron mayor diámetro de copa en Caazapá, superando a las medias de Cruce Los Pioneros y Pedro J. Caballero, obteniéndose en ésta última localidad las menores medias. El mayor crecimiento de las plantas en Caazapá, puede ser debido a una mayor y mejor distribución de lluvia durante el experimento, comparada con las otras localidades.

El diámetro de copa, junto a la altura de planta, sirve para definir la distancia de plantación, además está relacionado con la posibilidad de realizar la asociación de cultivos con otras especies en los primeros años de implantación del cultivo.

En Caazapá, en el segundo año de evaluación, los genotipos Juan L. Mallorquín, Fulgencio R. Moreno y Paraguaçu, presentaron diámetro de copa entre plantas superior a los 2 m, lo cual indica que las ramas de plantas

vecinas ya se están “tocando” entre sí. En las otras localidades el diámetro de copa entre plantas todavía permite un cierto margen de crecimiento.

Con relación al diámetro de copa entre hileras, también se constató que en Caazapá los genotipos presentan las mayores medias. Esta característica es importante considerar cuando se pretende realizar la asociación de cultivo con otras especies.

Para longitud de granos, se detectó diferencias entre genotipos en Pedro J. Caballero, donde Oracilia y Sapucaí presentaron las mayores medias. Considerando los tres ambientes, los granos tuvieron mayor longitud en Caazapá (1,77 cm), difiriendo estadísticamente del promedio en Pedro J. Caballero y Cruce Los Pioneros, que a su vez no difirieron entre sí. Para ancho de semillas no se encontró diferencias entre genotipos, sin embargo

Tabla 10: Valores medios de diámetro de copa entre plantas e hileras de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2011.

Colecta	Diám. de copa entre plantas (cm)			Diám. de copa entre hileras (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	191,89	126,67	152,73	207,89	122,00	153,64
Juan L. Mallorquín	203,33	134,00	147,26	219,44	131,33	156,95
Minga Guazú	161,67	110,33	116,00	209,11	121,67	158,35
Caraguatay	180,33	121,67	137,43	226,67	118,33	139,73
La Colmena	174,44	135,00	145,81	208,33	124,00	151,32
Sapucaí	173,67	127,67	113,42	206,11	113,33	119,86
Fulgencio R. Moreno	205,00	112,67	155,31	227,11	128,33	160,09
Horqueta	198,56	124,00	120,67	231,11	143,33	144,53
Dourados	182,78	130,00	161,92	223,33	116,67	175,82
Bento	180,33	98,33	129,53	233,78	99,33	136,25
Filomena	195,78	144,67	130,56	241,56	138,33	152,28
São Gonçalo	169,44	148,00	126,79	202,22	136,00	129,63
Oracilia	187,78	110,33	171,74	226,11	118,33	178,97
Paraguaçu	210,00	123,67	147,83	245,56	133,33	204,77
Promedio	186,79 A	124,79 C	139,78 B	222,02 A	124,60 C	154,50 B
Prueba F	1,48 ns	1,21 ns	0,76 ns	1,10 ns	0,88 ns	2,13 ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

comparando los tres ambientes, se observa que Cruce Los Pioneros (1,08 cm) y Caazapá (1,06 cm) produjeron semillas con mayor ancho que en Pedro J. Caballero (Tabla 11).

Analizando el comportamiento de la longitud de granos en los diferentes ambientes se verificó que hubo interacción. Entre los genotipos con mayor estabilidad se puede citar a Sapucaí que presentó medias de 1,84 y 1,80 cm en Caazapá y Pedro J. Caballero, mientras que Minga Guazú medias de 1,80 y 1,73 cm, para ambas localidades.

Con relación al ancho de grano, los genotipos Guayaki, Caraguatay, Sapucaí, Bento, Oracilia y Paraguaçu presentaron valores iguales o superiores a 1,0 cm en las tres localidades donde se realizaron las evaluaciones.

Los valores de longitud de granos coinciden con Arruda *et al.* (2004) y Saturnino *et al.* (2005)

quienes mencionan que la *Jatropha* presenta semillas con longitud entre 1,5 a 2,0 cm.

Los valores de ancho de granos concuerdan con Santos Días *et al.* (2007) y Saturnino *et al.* (2007), quienes señalan que la semilla de *Jatropha* mide entre 1,0 y 1,3 cm de ancho.

En la Tabla 12 se presentan los valores de peso de 100 semillas, observándose diferencias estadísticas solamente en Pedro J. Caballero, donde el material proveniente de Juan L. Mallorquín proporcionó la mayor media. Analizando el comportamiento de los genotipos en los diferentes ambientes, se constató que Juan L. Mallorquín, Sapucaí y São Gonçalo fueron los únicos que presentaron peso superior a 60 g, considerado como indicador de semillas viables y vigorosas. En Cruce Los Pioneros, al igual que en la primera cosecha el peso de 100 semillas de todos los genotipos fue inferior a 60 g.

Tabla 11: Valores medios de longitud de granos y ancho de granos de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2011.

Colecta	Longitud de grano (cm)			Ancho de grano (cm)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	1,74	1,67 abcd	1,58	1,08	1,03	1,06
Juan L. Mallorquín	1,84	1,47 cd	1,65	1,08	0,90	1,09
Minga Guazú	1,80	1,73 abc	1,64	1,06	0,89	1,10
Caraguatay	1,81	1,58 abcd	1,65	1,00	1,00	1,07
La Colmena	1,76	1,50 bcd	1,62	1,06	0,90	1,06
Sapucaí	1,84	1,80 a	1,62	1,06	1,00	1,13
Fulgencio R. Moreno	1,72	1,53 abcd	1,62	1,06	0,93	1,04
Horqueta	1,76	1,47 cd	1,65	1,04	0,97	1,12
Dourados	1,76	1,67 abcd	1,66	1,07	0,90	1,07
Bento	1,69	1,63 abcd	1,57	1,04	1,00	1,10
Filomena	1,78	1,60 abcd	1,61	1,08	0,90	1,07
São Gonçalo	1,78	1,77 ab	1,59	1,05	0,97	1,05
Oracilia	1,75	1,80 a	1,60	1,06	1,00	1,02
Paraguaçu	1,73	1,43 d	1,64	1,06	1,00	1,11
Promedio	1,77 A	1,62 B	1,62 B	1,06 A	0,96 B	1,08 A
Prueba F	2,53ns	2,20 *	2,37 ns	1,26 ns	1,52 ns	0,52 ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

Con relación al rendimiento de granos en la segunda cosecha, se detectaron diferencias estadísticas significativas solo en el experimento de Caazapá, donde Bento proporcionó la mayor media con 147 kg/ha. En Pedro J. Caballero y Cruce Los Pioneros no hubo diferencias entre genotipos. Comparando los ambientes entre sí, se verificó que en Cruce Los Pioneros se obtuvo el mayor rendimiento (433 kg/ha) difiriendo estadísticamente de Pedro Juan Caballero y Caazapá (Tabla 12).

Se observó interacción entre genotipos y ambientes. Así, el genotipo Bento presentó el mayor rendimiento en Caazapá, mientras que en Pedro Juan Caballero, estuvo entre los de menor rendimiento y en Cruce Los Pioneros estuvo entre los de mayor producción; del mismo modo, Dourados rindió excelente en Cruce los Pioneros y muy bajo en Caazapá y Pedro Juan Caballero. Estos resultados provienen de dos años de evalua-

ción, razón por la cual no son concluyentes y se requiere de más años de evaluación.

Los menores rendimientos obtenidos en Pedro Juan Caballero, pueden deberse a la menor temperatura media mensual que registra dicha localidad (Tabla 2), lo cual reduce el periodo de crecimiento y cosecha de los diferentes genotipos; atendiendo a que las plantas en dicho ambiente pierden más rápidamente las hojas. Por otro lado, los mayores rendimientos en Cruce Los Pioneros podrían explicarse por la temperatura media mensual más elevada y una distribución de lluvias relativamente buena durante la ejecución del experimento (Tabla 2), lo cual se tradujo en un crecimiento vegetativo continuo y un mayor periodo de cosecha.

En la Tabla 13 se presenta el contenido de aceite en las semillas de los materiales

Tabla 12: Valores medios de peso de 100 semillas y rendimiento de granos de 14 genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas. Año 2011.

Colecta	Peso de 100 semillas (g)			Rendimiento de granos (kg/ha)		
	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros	Caazapá	Pedro J. Caballero	Cruce Pioneros
Guayaki	47,30	64,10 abc	52,22	86 bc	79	400
Juan L. Mallorquín	61,79	67,07 a	49,74	71 bc	49	440
Minga Guazú	58,61	63,73 abc	55,04	106 ab	43	325
Caraguatay	59,40	65,34 abc	46,53	39 c	25	363
La Colmena	54,51	59,97 abcd	56,66	90 b	16	484
Sapucaí	63,66	66,10 ab	44,86	74 bc	56	344
Fulgencio R. Moreno	49,23	65,17 abc	55,72	101 b	19	347
Horqueta	56,68	54,33 d	56,25	93 b	33	453
Dourados	51,50	57,37 bcd	41,43	56 bc	55	581
Bento	55,67	54,57 d	53,18	147 a	28	487
Filomena	51,70	58,00 abcd	53,26	91 b	97	478
São Gonçalo	61,15	61,23 abcd	51,86	98 b	41	535
Oracilia	48,76	54,33 d	50,39	88 bc	55	544
Paraguaçu	47,28	56,30 cd	54,34	82 bc	21	282
Promedio	54,80 B	60,87 A	51,53 B	87 B	44 B	433 A
Prueba F	2,10 ns	2,97 *	1,12 ns	2,84*	1,95 ns	1,24 ns

Las letras en minúscula muestran resultados de las comparaciones de genotipos en cada localidad. Las letras en mayúscula muestran resultados de comparar los promedios de zonas agroecológicas. En ambos casos se realizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad de error; ns indica diferencias no significativas.

evaluados en los diferentes ambientes, verificándose la influencia del ambiente en dicha característica. En Yguazú el contenido de aceite varió de 26,22% (Oracilia) a 34,53% (La Colmena). En el experimento instalado en Pedro Juan Caballero, sobresalieron los materiales provenientes de Horqueta (36,63%), Filomena (35,72%), Minga Guazú (34,94%) y Oracilia (34,06%), mientras que el menor contenido de aceite se registró en semillas de Paraguaçu (29,61%). En Cruce Los Pioneros el contenido de aceite varió entre 31,73% (Sapucaí) y 36,23% (Guayaki). Otros materiales destacados fueron Bento (35,61%), Caraguatay (35,49%), La Colmena (35,41%) y Oracilia (35,06%).

Comparando las medias del contenido de aceite en los diferentes ambientes, se constató que en Cruce Los Pioneros los materiales evaluados presentaron una media

general de 34,24%, en Pedro Juan Caballero 32,66% y en Yguazú 31,48%. Estos resultados coinciden con Penha *et al.* (2007) quienes al realizar la caracterización físico-química de semillas de diferentes materiales de *Jatropha* en el Brasil encontraron un valor medio de 30,82 %. Además, Correia (2009) al evaluar los materiales de un banco de germoplasma de *Jatropha* en Cabo Verde, encontró un valor máximo de 35 % de aceite en las semillas.

Considerando que la importancia económica de la *Jatropha* radica en el contenido de aceite de sus semillas, la selección de materiales con mayor tenor oleico posibilitará un mayor rendimiento industrial y si en el futuro se toma en cuenta esta característica para la cotización comercial, significará también un aumento en los ingresos del productor.

Tabla 13: Contenido porcentual de aceite en semillas enteras secas de genotipos de *Jatropha curcas* L., en tres zonas agroecológicas del Paraguay. Año 2011.

Colecta	Yguazú	Pedro J. Caballero	Cruce Los Pioneros
	----- % -----		
Guayaki	34,24	30,12	36,23
Juan L. Mallorquín	34,40	29,80	33,81
Minga Guazú	32,04	34,94	32,75
Caraguatay	32,72	32,86	35,49
La Colmena	34,53	31,48	35,41
Sapucaí	32,61	32,35	31,73
Fulgencio R. Moreno	31,53	32,92	32,18
Horqueta	31,47	36,63	33,45
Dourados	31,72	32,18	33,90
Bento	30,33	32,40	35,61
Filomena	28,72	35,72	34,62
São Gonçalo	30,07	32,21	34,36
Oracilia	26,22	34,06	35,06
Paraguaçu	30,12	29,61	34,97
Promedio (%)	31,48	32,66	34,24

Consideraciones finales

En este trabajo se presentaron resultados de dos años de evaluación, siendo necesario continuar con las investigaciones de tal forma a generar informaciones científicas consistentes que posibiliten una adecuada selección de materiales genéticos para cada ambiente. Las observaciones más relevantes fueron:

- La interacción existente entre genotipos de *Jatropha* y el ambiente donde se desarrolla; razón por la cual es importante seleccionar materiales genéticos que se adapten a las diferentes zonas agroecológicas del país.
- La altura de plantas comienza a dificultar la cosecha a partir del segundo año, por lo cual es necesario realizar trabajos de investigación con tipos de podas.
- Con la distancia de plantación utilizada en éste experimento (3 x 2 m), se constató que el diámetro de copa en Caazapá llegó al límite, en caso de no realizarse podas las ramas de plantas vecinas comenzarán a entrecruzarse. Además, con esta distancia de plantación, la asociación de cultivos podrá realizarse hasta el segundo año de implantación de la *Jatropha*.

Referencias Bibliográficas

- Arruda, F.P.; Macedo B., N.E.; Andrade, A.P.; Pereira, W.; Severino, L.S. 2004. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas. v. 8, n.1. p. 789-799.
- Castro, C.M.; Devide, A.C.P.; Anacleto, A.H. 2008. Avaliação de acessos de pinhão manso em sistema de agricultura familiar. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. São Paulo. BR: p.41-48.
- Correia, S.M. 2009. Avaliação do potencial de *Jatropha curcas* L. para produção de biodiesel (Santiago – Cabo Verde). (en línea). Consultado el 19 de agosto de 2011. Disponible en: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/1601/1/Tese.pdf>.
- Penha, M. ; Silva, M.D.P. Mendonca, K.K.M.; Brandao; K.S.R.; Maciel, A.P.; Silva, F.C.C. 2007. Caracterização físico-química da semente e óleo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) cultivado no Maranhão. (en línea). Consultado el 19 de agosto de 2011. Disponible en: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/caracterizacao/13.pdf>
- Santos Dias, L.A. *et al.* 2007. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. Viçosa, Minas Gerais, Br: 40 p.
- Saturnino, H.M. ; Fonseca, K.S.; Marques, D.S. ; Pereira Dos Santos, M.G. ; Caldeira De Melo, A.E. ; Leite, A.R. Goncalvez, N.P.; Soares De Faria, R. 2007. Avaliação de clones de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) coletados no estado de Minas Gerais. Minas Gerais, BR: EPAMIG. (PDF).
- Saturnino, H.M.; Pacheco, D.; Kakida, J.; Tominaga, N.; Goncalvez, N.P. 2005. Cultura de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.). Belo Horizonte, BR: Informe Agropecuario. v. 26, n.229. p.44 – 78.
- Silva, S.G.A.; Silva, F.K.G.; Diniz, A.L.; Arriel, N.H.C. 2008. Caracterização da diversidade de acessos de pinhao manso. In: III Congresso Brasileiro de Mamona. 2008. Salvador, BR: Embrapa Algodão/UEPB. (PDF).
- Vergara Ocampo, F.A. 2009. Caracterización de colecciones y accesiones de *Jatropha curcas* L., mediante estudios morfológicos, fenológicos, agronómicos, químicos y fitosanitarios en el Departamento de Alto Paraná. Tesis (Ing. Agr.) San Lorenzo, Paraguay. CIA, FCA, UNA. 80 p.

Estudio Económico del Cultivo de *Jatropha*: Un Análisis para la Agricultura Familiar Paraguaya

María Gloria Cabrera Romero, Jorge Daniel González Villalba,
Estela Mari Cabello Cardozo.

Debido a la gradual reducción de las reservas de petróleo, alternativas energéticas vienen siendo estudiadas. Una de estas es el biodiesel. En el Paraguay, las fluctuaciones en el mercado internacional del petróleo y la creciente demanda de combustibles para suplir las necesidades de la agroindustria hace imperioso estudios de alternativas de abastecimiento, especialmente, por ser importador de este insumo importante para la producción agrícola (IICA, 2010).

Paraguay no es productor de combustibles fósiles. Sin embargo, tiene potencial para la producción de biocombustibles y debería aprovechar sus ventajas comparativas; suelos fértiles y clima favorable para la producción de cultivos con finalidad energética, para ser usado en el proceso productivo en sustitución del gasoil. Esto posibilitaría una reducción de costos de producción, incrementando su capacidad de competir con mejores precios de productos agropecuarios en mercados internacionales (Muok y Källbäck, 2008; IICA, 2007b).

En este sentido, existen varios cultivos con fines energéticos, siendo *Jatropha curcas* L.

una opción para la producción de biodiesel, promisorio y con gran potencial productivo de aceite con fines combustibles. Entretanto, estudios acerca de este cultivo todavía son escasos, tanto en lo que hace relación a cuestiones agronómicas como a cuestiones energéticas. Tornando así, necesarios los estudios que avancen en las cuestiones técnicas productivas, bien como del uso de la energía y de la sustentabilidad de este cultivo.

Por la rusticidad del cultivo de *Jatropha* podría ser recomendado como alternativa para una diversificación en la finca agrícola del pequeño productor. Por consiguiente, el beneficio sería directo para el productor permitiendo incrementar su calidad de vida e indirectamente, para el sistema agrícola paraguayo, asegurando un suplemento constante de combustible especialmente para la agricultura haciendo el sistema autosostenible (IICA, 2007a; Quijano, 2007).

El Ministerio de Agricultura y Ganadería, en el marco del Programa Nacional de Biocombustibles estima que la superficie cultivada con *Jatropha* en el Paraguay es de 920 hectáreas. Las parcelas pioneras de *Jatropha*

fueron implementadas en el año 2007, y se encuentran en el cuarto año de implantación.

La alta dependencia del sector productivo agropecuario nacional del combustible fósil, hacen que los costos de producción estén subordinados a las variaciones de precio de este esencial insumo para la agricultura mecanizada, poniendo en desventaja al Paraguay, en el competitivo mundo agroexportador de materia prima. A corto plazo, será necesaria la producción de biocombustibles en base a cultivos agro-energéticos que puedan asegurar el suministro de energía apuntando a un sistema sostenible de producción agropecuaria.

Siendo así, este estudio responde a la necesidad de analizar uno de éstos cultivos agro-energéticos, la *Jatropha curcas* L., de manera a responder al siguiente cuestionamiento: ¿puede el cultivo de *Jatropha* ayudar para disminuir la pobreza en las áreas rurales?; ¿es éste cultivo una opción rentable para ser recomendada al pequeño productor?

Dentro de ese contexto, y en el marco del proyecto de investigación FCA/UNA-CO-NACYT, fue estudiada la *Jatropha* en asociación con otros cultivos de renta y consumo, en parcelas de la FCA/UNA. Los cultivos de renta fueron sésamo algodón y maíz; los cultivos para consumo fueron maní y poroto.

Por consiguiente, el estudio tuvo por objetivo analizar y documentar los riesgos y beneficios agro-económicos del cultivo de *Jatropha curcas* L. en áreas rurales bajo el sistema de producción de la agricultura familiar campesina, analizando la rentabilidad

económica del cultivo, como materia prima para producción de biodiesel.

Metodología de la Investigación

Fueron analizados cultivos agrícolas tradicionalmente cultivados en el sistema de agricultura familiar campesina; tres de renta (sésamo, algodón, maíz) y dos de consumo (poroto y maní) asociados con la *Jatropha* para determinar que combinación aporta un mayor beneficio. El experimento fue llevado a cabo en parcelas experimentales de la FCA/UNA en el Departamento Central.

En las parcelas fue implantado el cultivo de *Jatropha* con un distanciamiento de 1,5 x 4 metros, en sistema de cultivos asociados. Los cultivos de renta y de consumo fueron cultivados y distribuidos aleatoriamente en cuatro repeticiones.

Todas las labores culturales del proceso productivo fueron documentadas y los datos generados fueron utilizados para establecer los costos de producción de los diferentes cultivos. Con esta información, fueron comparadas las distintas combinaciones de asociación para analizar cual generó mayor retorno.

El cálculo de los costos operacionales efectivos (COE) sigue el modelo propuesto por Martin *et al.* (1998), que consiste en la sumatoria de los resultados de los costos generados; costos operativos, costos directos de producción y costos de los insumos utilizados.

Fueron considerados los costos de las operaciones agrícolas, o sea, las cantidades de los factores de producción utilizadas por hectá-

rea multiplicado por sus respectivos precios. En el caso de la mano de obra, el costo se obtuvo multiplicando el precio del jornal diario por la cantidad de trabajo realizado. En el caso del costo de maquinarias, se calculó el costo de las mismas en horas de trabajo, se incluyó costo de combustibles, reparaciones, filtros y demás costos inherentes al uso de las maquinarias en cada etapa del proceso productivo.

Para los Costos directos de producción, fueron considerados los costos incurridos por hectárea o por unidad de producto. Igualmente, para los Costos de los insumos utilizados, la cantidad de cada insumo utilizado se multiplicó por su respectivo precio. Con los costos de producción calculados y los ingresos brutos obtenidos por la venta de la producción, se analizó la información tomando en consideración los siguientes indicadores:

Margen bruto (COE): Es el margen en relación al costo operacional efectivo (COE), en otras palabras, la ganancia que recibe el productor luego de cubrir todos sus costos de producción, considerando el precio unitario de venta y el rendimiento del sistema de producción de cada cultivo.

$$\text{Margen Bruto (COE)} = ((\text{RB} - \text{COE}) / \text{COE}) \times 100$$

Donde: RB = Ingreso Bruto;
COE = Costo operacional efectivo

Punto de equilibrio (COE): Este indicador muestra, considerando el precio unitario de venta y el rendimiento del sistema de producción de cada cultivo, cuanto es el costo de producción por unidad de producto y, si comparado al rendimiento, cuántas unida-

des del producto están sobrando para cubrir los demás costos.

$$\text{Punto de equilibrio (COE)} = (\text{COE} / \text{Pu})$$

Donde: COE = Costo operacional efectivo;
Pu = precio unitario

Ingreso Neto (IN): Constituye la diferencia entre el ingreso bruto y el costo operacional efectivo por hectárea y mide la rentabilidad de la actividad agrícola en el corto plazo, mostrando las condiciones financieras y operacionales de la actividad agropecuaria.

Índice de rentabilidad (IR): Este indicador muestra la relación entre el lucro operacional (IN) y el ingreso bruto, en porcentaje. Es una medida importante de la rentabilidad de la actividad agropecuaria, ya que indica la tasa disponible de los ingresos de la actividad una vez cubiertos los costos de operación efectivos.

Componentes de Mayor Incidencia en el Costo de Producción

El estudio se encuentra actualmente en una etapa inicial, es decir, el cultivo de *Jatropha* aún se encuentra en el periodo de implantación, por lo tanto aún no se registran ingresos por producción ya que el experimento cuenta actualmente con 1,5 años de implantación. Para dar un diagnóstico a modo de análisis, fueron utilizados algunos parámetros de los requerimientos técnicos brasileños, de modo a ofrecer resultados estimativos de los posibles egresos a los cuales se podría incurrir e ingresos que se podría percibir, durante los 6 primeros años del cultivo. No obstante, los resultados intermedios

o parciales obtenidos arrojaron informaciones interesantes con relación a los costos de implantación de la Jatropha.

Siendo así, se pudo observar que durante los primeros años en la producción de Jatropha, con fines energéticos, desde la implantación y hasta que el cultivo cierre es posible el aprovechamiento del espacio entre hileras para la producción de cultivos anuales de renta o consumo, no observándose antagonismo entre los cultivos. Similares conclusiones han sido reportadas por Castro *et al.* (2008) en experimentos en los cuales fueron asociados la producción de Jatropha con maíz, girasol y abonos verdes.

En la Tabla 1 pueden ser observados los rendimientos obtenidos por los cultivos de sésamo, maíz, algodón, poroto y maní cultivados en el espacio entre hilera del cultivo de Jatropha en el primer año (implantación).

Cuando los rendimientos fueron contrastados con los rendimientos promedios de estos cultivos a nivel nacional (Tabla 1), se observó variaciones. El poroto registró mayores rendimientos en comparación al promedio nacional con 165 kg/ha adicionales. Por otro lado, el cultivo de algodón reportó rendimientos promedios similares al promedio nacional, no observándose una diferencia importante. Al contrario, cuando observado los rendimientos de los cultivos supra citados, los cultivos de sésamo, maíz y maní, registraron rendimientos inferiores al promedio nacional con diferencias de 232, 999 y 909 kg/ha, respectivamente.

A continuación, en la Tabla 2, se observan los costos de operación, los gastos incurridos para la adquisición de insumos de producción y para cubrir los costos de las labores incurridas durante el proceso de producción de los cultivos de Jatropha y los tres rubros de renta: algodón, sésamo y maíz.

Tabla 1. Rendimientos promedios, extremos, y rendimientos promedios nacionales de sésamo, maíz, algodón, poroto y maní. FCA/UNA. San Lorenzo. Zafra 2009/2010.

Cultivo	Rendimiento Promedio (kg/ha)	Rendimientos Extremos	Rendimiento promedio nacional (kg/ha)*
Sésamo	528	278 a 833	760
Maíz	1.909	555 a 3.750	2.908
Algodón	1.027	555 a 1.444	1.000
Poroto	970	870 a 1.151	805
Maní	304	210 a 368	1.213

*Fuente: DCEA/MAG. 2008 y resultados de la investigación.

Conforme muestran los resultados obtenidos en el experimento, el maíz presentó un ingreso neto negativo cuando cultivado en asociación con la *Jatropha*, lo cual no implica, necesariamente, problemas para un cultivo asociado per se, sino que puede ser explicado debido a que el maíz es un cultivo que demanda grandes cantidades de nutrientes y la no disponibilidad de algunos de ellos pudo haber ocasionado este bajo rendimiento y en consecuencia un retorno negativo sobre la inversión.

Los demás cultivos de renta, algodón y sésamo, han presentado resultados favorables cubriendo sus costos de producción y dejando un ingreso neto de 366.161 y 214.693 G/ha, respectivamente.

Así también, en la Tabla 3 se presenta el costo de producción de *Jatropha*. El cultivo fue implantado con una población de 1.667 pl/ha (espaciamiento 1,5 x 4 metros).

Según los datos recabados en el experimento, la implantación del cultivo *Jatropha*, durante el periodo 2009/2010, alcanzó un monto de 3.152.880 Gs/ha, con un costo correspondiente a las labores agronómicas de 699.000 G/ha y un costo por insumos de 2.453.880 Gs/ha, representado éste último, la porción más significativa en la estructura de costos.

Al realizar un análisis más detallado de la estructura de costo de producción de la *Jatropha*, se puede observar los siguientes indicadores, tanto de costos como de rentabilidad (Ver Tabla 3), considerando todo el ciclo productivo. Primeramente, al considerar el indicador de costo, se puede observar que el Costo Operacional Efectivo para el primer año del cultivo fue de 3.152.880 Gs/ha, mientras que, para los siguientes años el mismo se reduce a 1.600.280 Gs/ha (2° Año) y 1.660.280 Gs/ha para los 4 años subsiguientes.

Tabla 2. Costo de producción e ingreso neto (en guaraníes) del cultivo de *Jatropha* y los cultivos de renta algodón, sésamo y maíz. Año 2010.

	Jatropha	Maíz	Algodón	Sésamo
Insumos	2.453.880	1.876.875	1.959.450	1.279.600
Laboreos	699.000	896.605	95.027	95.027
Costo Total	3.152.880	2.773.480	2.054.478	1.501.307
Precio (G/Kg)	1.000*	739	2.357	3.250
Productividad (Kg/ha)	425,82	1909	1027	528
Ingreso Neto	-2.727.060	-1.362.729	366.161	214.693

* El precio de referencia del kilogramo de *Jatropha* fue determinado a partir de la media de la sumatoria de los precios practicados a las principales commodities.

Fuente: Elaboración propia en base al experimento y los precios nominales de los insumos utilizados.

La ganancia que recibe el productor luego de cubrir todos sus costos de producción, considerando el precio unitario de venta y el rendimiento del sistema de producción de cada cultivo, considerando el 1° año del cultivo, presentó un valor negativo de 2.727.060 Gs/ha, lo que representa un margen bruto negativo de 86%; por otro lado, a partir del 2° año este rubro ya genera ganancias positivas al productor.

Ahora bien, al considerar el indicador que permite conocer el punto de equilibrio del sistema, considerando el precio unitario de venta y el rendimiento del sistema de producción de cada año, el costo de producción por unidad de producto para el 1° año sería de 3.153 kg/ha (producción no alcanzada en ese periodo), sin embargo, ya para los siguientes años el mismo se reduce a aproximadamente 1.600 kg/ha.

Finalmente, al considerar el Índice de rentabilidad (IR), se pudo observar que este rubro presenta una tasa negativa de 640% para el 1° año y 11 y 46% para los 2 y 3° años, alcanzando incluso 72% para los últimos 3 años de análisis estimativos, conforme puede verificarse en la Tabla 3.

Es importante resaltar que para los costos de mano de obra, aún tratándose de agricultura familiar, los mismos fueron computados en todas las fases del cultivo, conformando así, la estructura básica de costo de producción. Dentro de este contexto, el costo de producción es un indicador relevante, no solo para establecer el capital necesario para iniciar a un pequeño productor en la actividad de rubros agro-energéticos, sino también, para calcular si la asociación con otros cultivos de renta sería suficiente para transferir los

costos de implantación de la *Jatropha* a los cultivos de renta.

Desde el punto de vista agronómico, el cultivo de *Jatropha* asociado es beneficioso para el pequeño productor. Por un lado, el productor ahorra tiempo y dinero al no ser necesario el desmalezamiento del cultivo de *Jatropha*, porque el espacio entre hilera, que sería normalmente cubierto por malezas, estaría siendo utilizado para la producción de cultivos de renta o autoconsumo. Consecuentemente, el ingreso adicional por los cultivos anuales producidos, o desde otro punto de vista, el ahorro en la limpieza manual o química de las malezas hace que el costo de implantación y producción de la *Jatropha* en los primeros años disminuya significativamente cuando comparado con la producción de *Jatropha* sin cultivos asociados.

Analizando con un enfoque económico, los cultivos de renta asociados con la producción de *Jatropha*, estos demostraron no ser suficientes para absorber los costos de implantación de la *Jatropha*, dejando al pequeño productor en problemas, con rentas netas negativas, como se puede observar en la Tabla 4, el peor escenario es observado en la combinación de la *Jatropha* con el maíz donde la pérdida para el productor asciende a 4.089.789 Gs/ha. En ninguna de las combinaciones fue registrada una alternativa interesante para el pequeño productor.

Similares resultados fueron encontrados en estudios realizados en San Paulo, Brasil, donde el cultivo de la *Jatropha*, a pesar de ser una planta noble y que puede ser cultivada por el pequeño productor, demostró no ser económicamente rentable.

Tabla 3. Costo de producción estimativo de Jatropha. Año 2009/2010.

A. Insumos Físicos	Especificación	1° Año Gs/ha	2° Año Gs/ha	3° Año Gs/ha	4° Año Gs/ha	5° Año Gs/ha	6° Año en adelante Gs/ha
Encalado manual	Jornal	60.000	-	-	-	-	-
Preparación de hoyos	Jornal	180.000	-	-	-	-	-
Plantación	Jornal	30.000	-	-	-	-	-
Re-plantío	Jornal	9.000	-	-	-	-	-
Carpida manual	Jornal	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000	240.000
Abonamiento manual	Jornal	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
Aplicac. de insecticidas	Jornal	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Control de plagas	Jornal	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
Podas	Jornal	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Cosecha	Jornal	60.000	120.000	150.000	180.000	180.000	180.000
Subtotal (A)		699.000	480.000	510.000	540.000	540.000	540.000
B. Insumos Técnicos							
Mudas de Jatropha	plantas	1.333.600	-	-	-	-	-
Fertilizante 15-15-15	Gs/ha	672.000	672.000	672.000	672.000	672.000	672.000
Urea	Gs/ha	151.500	151.500	151.500	151.500	151.500	151.500
Fungicida	Gs/ha	34.700	34.700	34.700	34.700	34.700	34.700
Insecticida	Gs/ha	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900	14.900
Hormiguicida	Gs/ha	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Acaricida	Gs/ha	2.580	2.580	2.580	2.580	2.580	2.580
Herbicida	Gs/ha	214.600	214.600	214.600	214.600	214.600	214.600
Subtotal (B)		2.453.880	1.120.280	1.120.280	1.120.280	1.120.280	1.120.280
Costo Operacional Efectivo	(Gs/ha)	3.152.880	1.600.280	1.630.280	1.660.280	1.660.280	1.660.280
Rendimiento**	Kg/ha	425,82	1800	3000	6000	6000	6000
Precio*	Gs/kg	1.000					
Renta Bruta	Gs/ha	425.820	1.800.000	3.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Ingreso Neto	Gs/ha	- 2.727.060	199.720	1.369.720	4.339.720	4.339.720	4.339.720
Margen Bruto	%	-86	12	84	261	261	261
Punto de Equilibrio	Kg/ha	3.153	1.600	1.630	1.660	1.660	1.660
Índice de Rentabilidad	%	-640	11	46	72	72	72

*El precio de referencia del kilogramo de Jatropha fue determinado teniendo en cuenta la media de la sumatoria de los precios practicados a las principales *commodities*.

**Los datos de rendimientos y demás requerimientos técnicos fueron obtenidas del experimento realizado en la FCA, mientras que para estimar los rendimientos y requerimientos técnicos relacionados con la cosecha para los demás años (2, 3, 4, 5 y 6 años) fueron considerados los datos de DOS SANTOS DIAZ et. al. (2007).

Fuente: Elaboración propia

En las Tablas 5 y 6 se puede observar como el alto costo operacional y el bajo rendimiento por hectárea hacen que los ingresos netos que quedan al productor sean negativos.

El agricultor no recupera la inversión realizada en el cultivo en ninguno de los años del ciclo del cultivo, obteniendo rentabilidades negativas de -79% en el año de implantación, -20% del segundo al cuarto año y -61% el quinto año (Cabrera, 2010).

Analizando detalladamente los costos operacionales de cada año se puede constatar que

están relacionados con la limpieza del cultivo de Jatropha (carpidas manuales) representando casi el 70% de los gastos incurridos en las labores del cultivo.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por De Oliveira (2009), en un análisis económico de la producción de Jatropha en el Brasil, donde también se menciona que el cultivo demostró obtener rendimientos importantes, no obstante, económicamente inviable (Tabla 6). Por consiguiente, el autor no recomienda la implementación del cultivo en sistemas productivos de agricultura familiar.

Tabla 4. Estimación de la renta neta del cultivo de Jatropha y de los sistemas de producción de Jatropha + cultivos asociados durante el año de implantación.

	Ingreso bruto (G/ha)	Egresos (G/ha)	Ingreso Neto (G/ha)
Jatropha	425.820	3.152.880	- 2.727.060
Jatropha + Maíz	425.820 1.410.751	3.152.880 2.773.480	-4.089.789
Jatropha + Algodón	425.820 2.420.639	3.152.880 2.054.478	-2.360.899
Jatropha + Sésamo	425.820 1.716.000	3.152.880 1.501.307	-2.512.367

Tabla 5. Resumen de costos operacionales totales, ingreso neto y rentabilidad del cultivo de Jatropha. San Paulo, Brasil. 2007.

Costos	Año 1 (G/ha)	Año 2 – 4 (G/ha)	Año 5 (G/ha)
Labores	1.331.000	627.000	709.500
Insumos	1.673.350	171.375	916.250
Costo Operacional Total	3.004.350	798.375	1.625.750
Ingreso Neto*	-2.366.850	-160.875	-988.250
Rentabilidad*	-79%	-20%	-61%

* Calculados en base a un rendimiento estimado de 850 kg/ha y un precio de 750.000 G/tn.

Fuente: Cabrera, 2010.

Algunas consideraciones finales

La asociación de la *Jatropha* con cultivos de renta (algodón, sésamo, maíz) y de consumo (maní, poroto) no presentó reacciones antagónicas en su desarrollo o productividad, siendo desde el punto de vista agronómico compatibles.

Desde el punto de vista económico, el cultivo de *Jatropha* asociado es beneficioso para el pequeño productor. Ya que le permite ahorrar tiempo y dinero al no ser necesario el desmalezamiento del cultivo de *Jatropha*, dado que el espacio entre hileras es utilizado o aprovechado para la producción de los cultivos de renta o autoconsumo y en consecuencia, es obtenido un ingreso adicional por los cultivos anuales producidos. De esta manera, los productores garantizan su seguridad alimentaria considerando la producción de rubros de autoconsumo como poroto y maní. Por otro lado, permite que los mismos obtengan ingresos a partir de la comercialización de los rubros de renta (algodón, sésamo y maíz), posibilitando la

disponibilidad de recursos económicos en la etapa de implantación.

Todavía en este contexto, el ahorro en la limpieza manual o química de las malezas hace que el costo de implantación y producción de la *Jatropha*, en los primeros años, disminuya significativamente cuando comparado con la producción de *Jatropha* sin cultivos asociados. No obstante, no se puede dejar de considerar que la producción de *Jatropha* requiere de una elevada inversión de capital para suplir los costos de implantación.

Siendo así, una vez analizado todos los resultados obtenidos, la *Jatropha*, ¿puede ayudar para disminuir la pobreza en las áreas rurales? Tal vez, bajo condicionamientos, el cultivo de *Jatropha* en forma asociada, considerando la producción de rubros de autoconsumo (seguridad alimentaria) y rubros de renta (generación de ingresos).

Tomando en consideración datos proveídos por otros investigadores, cuando analizado los seis años, tres de implantación y dos de

Tabla 6. Resultados financieros de producción (G/ha) de la *Jatropha*. Brasil.

Descripción	Fase Improductiva (Implantación)			Mantenimiento	Mantenimiento
	Año 1	Año 2	Año 3	Producción creciente	Producción estable
Productividad (Kg/ha)	250	500	1.500	2.500	3.000
Costo Total (G/ha/año)	13.630.750	6.179.325	9.239.300	12.280.000	13.648.950
Ingreso Bruto (G/ha/año)*	250.000	500.000	1.500.000	2.500.000	3.000.000
Ingreso Neto	(13.380.750)	(5.679.325)	(7.739.300)	(9.780.000)	(10.648.950)

*Precio 1.000 G/kg

Fuente: Adaptado de De Oliveira, 2009

producción del cultivo, es de considerar que el rubro arroja ingresos interesantes al productor, sin embargo, es de destacar que ninguno de los cultivos de renta asociados con la producción de *Jatropha* de la manera que están siendo cultivados por los pequeños productores (rendimientos por debajo de la media nacional) son suficientes para absorber los costos de implantación de la misma, dejando al pequeño productor con rentas netas negativas en la etapa de implantación del rubro.

¿Es éste cultivo una opción rentable para ser recomendada al pequeño productor? Con los datos obtenidos en la experimentación resulta difícil dictaminar si es o no rentable para el pequeño productor siendo que el experimento aún se encuentra en su fase de implantación. Por lo tanto, ante éste escenario no es posible recomendar la masificación de la producción considerando el alto riesgo de arrojar rentas negativas al pequeño productor y la inexistencia de un mercado establecido en el país.

Referencias Bibliográficas

- Cabrera R.M.G. 2010. Estimativa de costos operacionales. Panorama tecnológico y socioeconómico del estado de São Paulo para el cultivo de oleaginosas con objetivo de producción de Biodiesel. Relatorio.
- CAS (Consejo Agropecuario del Sur), 2009. Situación de la *Jatropha* y perspectivas. Políticas públicas en bioenergía – GT6. CAS.REDDPA. 28 p.
- Castro, C.; Devide, A.; Anacleto, A. 2008. Avaliação de accesos de pinhão manso em sistema de agricultura familiar. Revista tecnologia & Inovação Agropecuaria. Pp 41-49. (en línea). Consultado el 10 de Agosto de 2011. Disponible en: <http://www.dge.apta.sp.gov.br/Publicacoes/T&IA2/T&IAv1n2.htm>
- De Oliveira, J. 2009. Economia da Produção de Pinhão Manso. Embrapa Maize and Sorghum. Presentación powerpoint.
- IICA, 2007a. El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Asunción.
- IICA. 2007b. Atlas de la Agroenergía y los biocombustibles en las Américas: I Etanol. Costa Rica. 182p.
- IICA. 2010. Atlas de la Agroenergía y los biocombustibles en las Américas: II Biodiesel. Programa Hemisférico en Agroenergía y Biocombustibles. Costa Rica. 378p.
- Martin, N.B.; Serra, R.; Mascarenhas, M.D. Oliveira; Ângelo, J.A.; Okawa, H. 1998. Sistema integrado de custos agropecuários –CUSTAGRI. In: Informações Econômicas, 28 (1): p 7-28.
- Muok, B. y Källbäck, L. 2008, Feasibility study of *Jatropha curcas* as biofuel feedstock in Kenya. ACTS. Pisces. Exportradet. 67p.
- Quijano, J.C. 2007. Estudio de los biocombustibles en el Paraguay. Presentación de powerpoint. 22.05.2007 (Asunción).



AVANCES DE INVESTIGACIÓN
SOBRE *JATROPHA CURCAS*
EN PARAGUAY

Investigación
cofinanciada por:

