



Entre la *Jatropha* y la pobreza:  
reflexiones sobre la producción  
de agrocombustibles en tierras  
de temporal en Yucatán

Between *Jatropha* and poverty:  
reflections about biofuels production  
in temporary lands in Yucatan

*Armando Rucoba García\**

*Alfonso Munguía Gil\**

*Francisco Sarmiento Franco\**

Fecha de recepción: junio de 2012  
Fecha de aceptación: abril de 2012

\*Instituto Tecnológico de Mérida,  
Dirección para correspondencia: arucoba@gmail.com



### Resumen / Abstract

Se analizan las relaciones dominantes del mercado que impulsan los agrocombustibles en tierras agrícolas de baja productividad en el estado de Yucatán. Según el estudio, el rendimiento de *Jatropha curcas* es variable en función de las condiciones ambientales y sociotécnicas de los agroecosistemas. En función de los principios agroecológicos, la asociación de piñón a otros cultivos puede ser una alternativa de aprovechamiento local y recomendable su establecimiento mientras no compita con la agricultura de subsistencia para no agravar la escasez de alimentos en el medio rural. Desde la perspectiva ecológica, no se recomienda mantener el monocultivo en el largo plazo a pesar de su alta rentabilidad.

Palabras clave: cultivos asociados, *Jatropha curcas*, monocultivo, pobreza, Yucatán

This paper analyzes dominant relations of market that promote the development of agrifuels in low productivity lands in the State of Yucatan. According to the study, the yield of *Jatropha curcas* is very variable depending on environmental and sociotechnical conditions in agroecosystems. Based on the principles of agroecology, association of pinion with other crops can be an alternative for local use and advisable if it does not compete with subsistence agriculture, due to the risk of displace staple crops and aggravate food scarcity for rural families. From ecological perspective, is not recommended to continue with monocrop in long term despite its high profitability.

Key words: Intercrops, *Jatropha curcas*, monocrop, poverty, Yucatan



## Introducción

El impulso para el establecimiento de los agrocombustibles en suelos marginales y en tierras fértiles del mundo, se debe a la promoción que a nivel internacional han realizado organismos como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y la Asociación Internacional de Energía (AIE), ocasionado por el interés económico de la industria de los biocombustibles en los países desarrollados y en algunos países emergentes. A nivel nacional, las instituciones gubernamentales y organismos privados consideran al cultivo una alternativa viable como fuente de energía para contrarrestar la escasez de los combustibles fósiles.

En la península de Yucatán existen regiones con un alto potencial productivo para el cultivo del piñón (*Jatropha curcas*) (Zamarripa y Díaz, 2008:2), también llamado sikilché o sikilté en maya (Anderson et ál., 2005:191). Recientemente se establecieron plantaciones comerciales en monocultivo en la región, y por contar con grandes superficies, promueven la creación de fuentes de empleo para la población de escasos recursos.

Aún los pequeños productores muestran interés por establecer este sistema de producción, sin considerar los efectos que podría traer en las unidades familiares de producción. El presente trabajo con perfil de estudio de caso, analiza el beneficio social, ambiental y económico de establecer *Jatropha curcas* en asociación de cultivos y monocultivo en tierras agrícolas de temporal.

El componente metodológico se integró en tres fases: la primera, relacionada con el conocimiento del espacio geográfico de referencia. Por medio de visitas con autoridades locales y recorridos de observación se alcanzó una mayor percepción sobre las características sociodemográficas y principales actividades económicas de Abalá. La fase de observación fue fortalecida con una investigación y análisis de información documental. Asimismo, se abordaron las condi-



ciones técnico-ambientales indispensables para el establecimiento de *Jatropha curcas* y principales limitantes para el desarrollo del cultivo.

En la segunda fase se realizaron entrevistas con informantes clave y entrevistas en profundidad con productores con el objeto de recabar mayor información sobre las tierras agrícolas de temporal. Se efectuó un taller participativo que permitió integrar diferentes puntos de vista sobre la agricultura local, con el objeto de comparar ventajas y desventajas del establecimiento del piñón e incidir en la toma de decisiones a nivel regional.

De acuerdo a las necesidades de la población y del ambiente, se adaptaron indicadores de impacto en las vertientes social, ambiental y económica del monocultivo y de la asociación de cultivos. Se tomó en consideración el enfoque agroecológico y la opinión de los productores para identificar el beneficio potencial de los agroecosistemas, asignando valores en una escala del uno al cinco en cada indicador (donde uno es un bajo beneficio y cinco es un alto beneficio), y obtener un puntaje final que establece un alto, medio o bajo beneficio en cada vertiente.

Finalmente, se discutieron las experiencias generadas en otros países con respecto al aprovechamiento del piñón, las cuales sirvieron de sustento para visualizar su potencial establecimiento en suelos agrícolas de temporal.

### **La agricultura yucateca en un entorno cambiante**

La agricultura es una de las actividades económicas más importantes en México y en Yucatán. En el año 2007 existían alrededor de 68,821 unidades de producción que dependían de manera directa de la agricultura, ganadería y/o aprovechamiento forestal (INEGI, 2007:1). En 2009, la aportación del sector primario al PIB estatal fue de 7,084,007 mil pesos (INEGI, 2011:45); se proporcionó empleo e ingresos a productores, jornaleros y proveedores de las fincas.

A pesar de la relevancia de la agricultura en el estado, existen problemas de antaño que no se han podido resolver. A partir del establecimiento de la revolución verde en los años sesenta del siglo XX, se creó todo un aparato de modernización del campo mexicano con el propósito de incrementar los rendimientos de granos para satisfacer las necesidades de alimentación en la población del país. Se promovieron monocultivos y paquetes tecnológicos que incluían equipos, maquinaria, pesticidas, fertilizantes y riego, lo que permitía incrementar los rendimientos y maximizar las utilidades en las unidades de producción en el país. Se incentivó la investigación, la asistencia técnica y el crédito agrícola como instrumentos que sostuvieron esos sistemas productivos (Aguilar, 2008:14).

El resultado de ese enfoque productivista en el corto plazo fue un gran incremento del rendimiento de granos, con el respectivo beneficio económico para los productores que adoptaron esos paquetes tecnológicos, pero en el mediano y largo plazo, la gradual erosión y disminución de la fertilidad de los suelos, la contaminación del agua y la consecuente pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas, terminó por traer una crisis ecológica y afectación a la salud pública.



En numerosas regiones agrícolas del país aparecieron casos frecuentes de personas con cáncer, derivado del uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes en los predios agrícolas. La pérdida de fertilidad y alteración de los procesos bioquímicos del suelo provocó una disminución en los rendimientos de forma gradual y en algunos casos, por no hacer un uso apropiado del paquete tecnológico, el efecto en los rendimientos fue inmediato.

El enfoque de producción tuvo a los grandes productores y comercializadores de granos en el país como los principales beneficiarios. El grupo de productores tenía la capacidad económica para adquirir el paquete tecnológico completo y promover el cambio en los procesos productivos de sus tierras. En el caso de pequeños productores y campesinos, sus necesidades y recursos eran diferentes, ya que destinaban su producción principalmente al autoconsumo, con uso de mano de obra familiar en pequeñas superficies de tierras.

Sus condiciones agroecológicas y socioeconómicas les impedían adoptar esa tecnología, por lo que decidieron no participar o adoptaron solo algunas de las prácticas técnicas, lo que aumentó sus costos de producción y propició un fracaso económico en sus sistemas de producción. Como resultado del éxito y fracaso de unos y otros, aumentó la brecha tecnológica y generación de riqueza entre los pequeños y grandes productores del medio rural.

En el caso particular de la agricultura yucateca, durante la década de 1870, derivado de la invención de la engavilladora de cereales en Estados Unidos (EE. UU.), la demanda internacional de fibra de henequén creció considerablemente. Como consecuencia, las haciendas que se dedicaban a la producción de maíz y ganado, iniciaron un proceso de reconversión productiva hacia el henequén (Canto, 2001:55-56).

En 1916 se obtuvo la mayor producción de fibra de henequén con un millón 191 mil pacas producidas en cerca de mil haciendas y una superficie de trescientas mil ha. A partir de la fusión de empresas acopiadoras de la fibra en EE.UU. y de la oferta del producto por países africanos, asiáticos y americanos, se inició la decadencia de la producción, empezando con una disminución en los precios internacionales y terminando con una sobreoferta del producto en el mercado mundial.

Del cien por ciento de la demanda internacional que cubría Yucatán a principios de 1900, el estado pasó a cubrir el 23% en 1938. En este mismo año inicia un proceso de conformación de diferentes empresas estatales en las que prácticamente todas fueron saqueadas por funcionarios y/o productores. Se crea el gran ejido, representado por la asociación de henequeneros de Yucatán. Para 1949 el gobierno estatal creó el organismo Productores de Artefactos de Henequén, que en 1953 se transformó en Cordeleros de México y en 1961 en Cordemex, S. A. de C. V.

En 1984 se crea el Programa de Reordenación de la Zona Henequenera y Desarrollo Integral de Yucatán, el cual reconocía que el henequén había dejado de ser la palanca del desarrollo de Yucatán (Canto, 2001:56-66).

En su momento, el mercado promovió una reconversión productiva hacia el henequén que trajo como consecuencia una insuficiente producción de maíz y ganado. Los gobiernos recientes han tratado de reiniciar la actividad henequenera, aunque sin un plan integral de largo plazo que permita un crecimiento sostenido del cultivo y sin mercado permanente para la fibra.

El establecimiento del henequén en su momento impulsó la economía local, aunque, posteriormente, fue la causa del empobrecimiento de un gran número de familias ocasionado por el decaimiento del mercado de la fibra, sin dejar de mencionar el derribamiento de grandes extensiones de vegetación natural, que ocasionaron una pérdida irreparable de biodiversidad. El cultivo del henequén es un ejemplo que permite comprender la hegemonía que ejerce el mercado sobre la agricultura del estado y del país, sin considerar el impacto que trae en el largo plazo sobre el nivel de vida de las familias del medio rural.

En la actualidad, diferentes estudios coinciden en que la política agropecuaria establecida en el país es la causante del empobrecimiento de numerosas familias del medio rural y de los problemas de degradación ambiental (Calva, 2000:169; Macossay, 2000:16-17, Sarmiento et ál., 2008:18-19).

A partir de la puesta en marcha del neoliberalismo en México, en las vertientes de libre mercado y las políticas de ajuste estructural, se profundizaron las relaciones capitalistas de producción, resultando en un incremento de la pobreza y marginación en los estratos sociales de menor ingreso.

Con las políticas de ajuste estructural, el Estado relegó su participación como principal promotor del desarrollo económico sectorial, contrario a lo que sucedió en otros países como EE.UU. y la Unión Europea. El proceso de apertura comercial encaminó al país hacia la reforma del artículo 27 constitucional, que permitió la comercialización de tierras ejidales y la concentración agraria en grandes unidades de producción.

Los impulsores del neoliberalismo han considerado que el libre mercado fomentará un incremento de las inversiones de capital en la agricultura, así como la eficiencia y desarrollo de la producción de alimentos y materias primas agropecuarias (Calva, 2000:168). Aunque esto fue posible para ciertos productos agropecuarios y regiones, en general ocasionó una desaparición forzada de las unidades de producción medianas y de autoconsumo, acumulando el capital en pocas empresas e industrias.

Los mercados internacionales han inclinado la balanza de manera natural a polarizar la distribución del ingreso y los concentró en regiones y estratos sociales, ello provocó que una población mayoritaria, principalmente en zonas de reducido desarrollo industrial y comercial, continúe en condiciones de pobreza y marginación.

En función de la problemática nacional, en el medio rural de Yucatán se dan diferentes problemas técnico-ecológicos y socioeconómicos. Destaca por su importancia el empobrecimiento de las tierras agrícolas, ocasionado por la poca rotación y asociación de cultivos, además del uso ineficiente de recursos como el agua, la tierra, la infraestructura agrícola y el capital.

Como consecuencia del uso ineficiente de los recursos se ha generado una acelerada pérdida de fertilidad de los suelos, mayor deterioro y degradación de los ecosistemas, bajos rendimientos agrícolas, desnutrición humana debido a la baja productividad de las unidades de producción familiar, migración, desintegración familiar y pérdida de identidad cultural (Bautista, 2007:150-151).

El medio rural local demanda el establecimiento de sistemas de producción sustentables que permitan el uso racional de los recursos, así como mecanismos eficientes para la comercialización de los productos, que consideren las condiciones agroecológicas y socioeconómicas de los productores. Estos agroecosistemas deben cumplir con la función de conservar los ecosistemas, generar empleo e ingreso en las comunidades y por consecuencia, mejorar la calidad vida de su población.

### **Análisis de mercados de los biocombustibles y *Jatropha curcas***

En el mundo existe una demanda cada vez mayor de bioenergía generada por un mercado creciente de biocombustibles destinados a la industria en diferentes países, principalmente los desarrollados. La demanda de biocombustibles, desde la perspectiva de los organismos económicos internacionales (OCDE, BM, BID, PNUD), busca resolver el problema de escasa producción y/o reserva petrolera, así como para contrarrestar los efectos del cambio climático.

Además de la necesidad de satisfacer una alta demanda de energéticos en países desarrollados, quienes registran un mayor gasto energético, (cuadro 1), existen un problema lateral que ocasiona la escasez de combustibles, relacionado con el estilo de vida de las sociedades de alto consumo en países industrializados (Rodríguez, 2011:1), las cuales realizan gastos excesivos de energía para mantener un alto nivel de comodidad en perjuicio para el ambiente, lo que supone un riesgo a la sustentabilidad de las actividades de supervivencia para otros grupos sociales en el resto del mundo.

Cuadro 1. Consumo de energía: países desarrollados y subdesarrollados  
(mil billones de BTU)

País	Consumo
EE.UU.	102.0
China	77.8
Rusia	30.3
Japón	22.5
India	19.0
Alemania	14.1
Canadá	13.7
Francia	11.2
Brasil	10.1

Fuente: Energy Information Administration.

Cabe decir que los efectos del cambio climático no se resolverán con un aumento en la producción de biocombustibles. Las necesidades derivadas del estilo de vida y de su gasto ilimitado de energía en países desarrollados son el principal motor para el establecimiento de numerosos proyectos de producción de bioenergía alrededor del mundo.

A partir de esta realidad, es innegable que los países desarrollados sean quienes promuevan, a través de organismos internacionales, una reconversión productiva en la mayoría de los países subdesarrollados, con la finalidad de contrarrestar una futura escasez de gasolina y diesel. Los principales beneficiarios son, en términos de mercado y de seguridad alimentaria, los países con mayor demanda de combustibles fósiles.

El crecimiento en la demanda de biocombustibles obedece, principalmente, al mantenimiento de un estilo de vida consumista en los países desarrollados que, a su vez, impone pautas de comportamiento en las naciones emergentes.

Los principales mercados que integran los bloques europeo y norteamericano, y países emergentes como Brasil, India y China, han desarrollado complejos aparatos gubernamentales con instituciones y recursos destinados a impulsar la producción de biocombustibles para satisfacer la demanda de energía.

En el caso de EE.UU., en 1978 surge la primera ley relacionada con los biocombustibles; posteriormente, se aprobaron otras a inicios del siglo XXI. En 2007 se firmó un acuerdo entre Brasil y EE.UU. para establecer una asociación energética que permitiera impulsar el uso de biodiesel en Norteamérica y Sudamérica. En el año 2009 inicia un programa de investigación y desarrollo de tecnologías energéticas alternativas con un presupuesto por diez años ciento cincuenta mil millones de dólares. En ese mismo año se produjeron 2,585 millones de litros de biodiesel en el país y exportó 1,371 millones de litros (segundo mayor productor y exportador de biodiesel).

En EE.UU. se comercializan las siguientes mezclas: B20 (20% biodiesel y 80% diesel fósil), B2-B5 (mezcla de diesel fósil con 2 o 5% de biodiesel y B99-B100 (biodiesel puro). En 2007 existían 4.4 millones de automotores flex-fuel o flexibles a las mezclas de biocombustibles con combustibles fósiles en el país (Álvarez, 2009:68-73).

El uso de biocombustibles en Europa se remonta a finales del siglo XIX, cuando se desarrollaron los primeros motores de combustión interna. En 1897 Diesel probó con éxito su primer motor en Alemania que utilizaba aceite de cacahuete. Los principales países productores de biocombustibles son Alemania, Francia e Italia. En año 2008 la Unión Europea consumió 7,326 millones de litros de biodiesel y 1,502.4 de otros biocombustibles (Álvarez, 2009:73-76).

En el caso de Brasil, en 2005, se emitió una ley para establecer los porcentajes mínimos de mezcla de biodiesel y diesel fósil con la finalidad de escalonar la introducción del biodiesel al mercado energético. De acuerdo con esta ley, en el periodo 2005-2007 se autoriza 2% del biodiesel mezclado y el diesel convencional. Para el periodo 2008-2012 es obligatoria la mezcla al 2% y para el 2013 el



diesel tradicional debe tener mínimo el 5% de biodiesel. En el año 2007, Brasil produjo 730 millones de litros de biodiesel (Álvarez, 2009:70-71).

Los biocombustibles mantienen una tendencia a la alza en la demanda internacional, por lo que se consolidan como una importante oportunidad de diversificación de cultivos y de negocio (FIRA, 2008:48).

Se calcula que el mundo existen poco más de cinco millones de hectáreas de *Jatropha curcas*; para 2015 alcanzarán trece millones de hectáreas (Ndong, 2009:198). La empresa líder en la producción de piñón en el mundo es la británica D1 Oils, que mantenía alrededor de 156 mil hectáreas en 2007 y planeaba duplicarlas en el corto tiempo.

De forma específica, la siembra de *Jatropha curcas* se impulsa en países subdesarrollados como Ecuador, en donde para 2007 se habían identificado alrededor de doscientas mil hectáreas de suelos áridos aptas para su producción. En 2012, la India planea sembrar piñón en 13.4 millones de hectáreas en tierras marginales, para poder alcanzar un 20% de mezcla de biodiesel y el restante de diesel convencional (Álvarez, 2009:78-80).

En China, la empresa petrolera estatal CNOOC había planeado sembrar treinta mil hectáreas en la provincia de Sichuan. Las Filipinas han destinado alrededor de catorce millones de dólares para invertir en plantaciones de *Jatropha curcas*. En Indonesia, se ha planeado establecer cincuenta y dos plantas para la obtención de biodiesel, con el aceite extraído de sus plantaciones. Brasil plantea establecer alrededor de ochocientas mil hectáreas de piñón en tierras marginales del noreste como parte de su Plan de Agroenergía (Bravo, 2007:4-5).

En países africanos, como Senegal, el gobierno busca establecer alrededor de 321 mil hectáreas de *Jatropha curcas* como parte de sus estrategias para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. En otros países como Mali, Burkina Faso y Kenya, la producción del cultivo se incrementa rápidamente. Etiopía se ha propuesto dedicar un millón de hectáreas al cultivo (Ndong, 2009:198).

En el caso de México, en 2008 entra en vigor la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos que busca posicionar la bioenergía, con el fin de fomentar la diversificación energética y el desarrollo sustentable. En ese mismo año, se crea la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, la cual regula el aprovechamiento de fuentes de energía renovables, incluida la bioenergía. Es en ese año, 2008, cuando se surgen iniciativas de empresas nacionales y extranjeras para producir biodiesel a nivel comercial utilizando como insumo la semilla de *Jatropha curcas* (Valero et ál., 2011:126-127), aunque desde la década de los setenta del siglo pasado se tenían antecedentes del piñón con fines de investigación (Gómez et ál., 2009:25).

Especialmente para el piñón se han identificado alrededor de seis millones de hectáreas con alto y medio potencial productivo para el piñón en México, así como de cien mil a 175 mil hectáreas en la Península de Yucatán (Zamarripa y Díaz, 2008:2).

En México se tienen definidos los canales de comercialización del aceite de piñón a través de empresas extranjeras que exportan a mercados de EUA y Europa donde la demanda potencial es alta. De la misma forma, en el mediano y largo plazo se comercializará a través de PEMEX, que buscará realizar mezclas de biodiesel con diesel fósil para reducir la dependencia del petróleo y la contaminación del aire.

Por si solo, el mercado no debe ser el elemento a considerar para promover y establecer un cultivo comercial, sino, además, el impacto social, ambiental y económico que tendrá en el ámbito local.

### **Aspectos técnico-ambientales del cultivo de *Jatropha curcas***

La *Jatropha curcas* es un árbol que puede llegar a alcanzar cuatro y hasta ocho metros de altura, con una vida productiva de entre treinta y cuarenta años; su tallo es erguido y con ramas gruesas, hojas grandes, fruto ovalado, con de dos a tres semillas de color negro de uno a tres centímetros. El árbol tira las hojas durante el periodo de sequía y durante el invierno entra en estado latente. No soporta las heladas permanentes, por lo que se recomienda su cultivo en climas cálidos (De la Vega, 2007:3-4).

De acuerdo con Trabucco et ál. (2010:140,148), las zonas adecuadas para obtener altos rendimientos de *Jatropha curcas* se localizan en áreas tropicales con temperaturas cálidas que pueden llegar hasta los cuarenta y cinco grados Celsius y ausencia de heladas.

En cuanto a la precipitación, el rango debe encontrarse entre seiscientos y mil quinientos milímetros anuales, ya que la aptitud agrícola de piñón disminuye cuando la precipitación excede los mil quinientos milímetros debido a la anegación del cultivo, por lo que los suelos deben ser profundos y bien drenados. Toral et ál. (2008:198), afirman que el cultivo se adapta a gran variedad de suelos, aún los de bajo contenido de nutrientes.

Por otro lado, Zamarripa y Díaz (2008:2) sostienen que las condiciones agroecológicas para el buen aprovechamiento del piñón son una temperatura media anual de dieciocho a treinta y cuatro grados Celsius, una precipitación media de seiscientos a mil ochocientos milímetros anuales y una altitud de cero a mil quinientos msnm.

La propagación de la planta es por medio de semillas o por estacas; se debe sembrar al inicio de la temporada de lluvias, la densidad entre plantas puede variar desde 833 hasta 2,500 por hectárea.

La distancia de plantación variar de 2 x 2 m (2,500 plantas/ha), 2.5 x 2.5 (1,600 plantas/ha), 3 x 2 m (1,666 plantas/ha), 3 x 3 m (1,111 plantas/ha), 4 x 3 m (833 plantas/ha). La época de siembra es al inicio del periodo de lluvias. El marco de plantación puede ser en marco real o tres bolillo. Posterior a la siembra se debe colocar al pie de la planta zacate seco para conservar la humedad y evitar la proliferación de malezas.



Torres (2007:2) afirma que de una densidad de dos mil quinientas plantas por hectárea se obtiene una producción variable que puede ir de dos y media a diez toneladas de semilla anuales a partir del segundo año. La cosecha se realiza de forma manual y el momento indicado es cuando los frutos han adquirido un color amarillento. Si se retrasa la cosecha los frutos empiezan a abrirse y se pierde la semilla. Después de cosechado, el fruto se expone al sol durante tres días y finalmente se extrae la semilla para su utilización.

Las semillas de *Jatropha curcas* contienen alrededor de 40% de aceite (Cruz et ál., 2006:1), el cual puede ser transformado en biodiesel mediante el proceso de esterificación. El rendimiento de biodiesel con respecto del aceite puede llegar a ser de 65 a 90% de acuerdo a la metodología de esterificación (Zanahua et ál. 2009:1). Los subproductos de piñón son glicerol y pasta, los cuales pueden ser utilizados respectivamente para la producción de jabón y como alimento del ganado por su alto contenido proteínico (Sotolongo et ál., 2007:79).

Una de las tendencias para incrementar la productividad de *Jatropha curcas* es desarrollar nuevas variedades que produzcan una mayor cantidad de aceite con un mínimo de insumos, mediante técnicas de mejoramiento genético convencional e ingeniería genética, para detoxificar las semillas que permita la utilización de la pasta como alimento del ganado (King et ál., 2009:2903).

Por otro lado, es altamente recomendable emplear variedades de piñón comestible (no tóxicas), como las variedades nativas que se encuentran en México y que se utilizan de forma tradicional para la preparación de diferentes platillos y de consumo directo en la región del Totonacapan, Veracruz, la Huasteca hidalguense, la sierra de Puebla y Yauteppec y Cuautla, Morelos (Martínez, 2007:6; Gómez et ál., 2009:35-54).

El monocultivo, visto desde la perspectiva empresarial y comercial, puede ser muy deseable, ya que permite obtener una alta producción, la cual puede llegar hasta las tres toneladas de semilla/ha o más, con una alta rentabilidad. Sin embargo, genera un alto impacto sobre el ambiente al modificar de manera radical los componentes bióticos y abióticos del suelo como flora, fauna, microflora, microfauna, textura-estructura del suelo y agua, lo que genera en el largo plazo una agricultura insostenible.

En primera instancia, el monocultivo de piñón puede llegar a ser una buena opción para tierras degradadas y sin cobertura, donde los factores climáticos como el viento y la lluvia provocan un arrastre de las partículas del suelo, por lo que el establecimiento de una especie perenne, proporcionaría más beneficios que perjuicios al microambiente edáfico (protección contra la erosión y conservación de la humedad), además de promover la generación de empleos e ingresos para las familias que se dedicarían a esta actividad.

A largo plazo es conveniente establecer una asociación de cultivos con el objeto de aumentar el aprovechamiento de los recursos como suelo, agua, luz y nutrientes. El distanciamiento entre plantas y el manejo del dosel de piñón permitirá en su momento establecer cultivos en asociación y mejorar las condiciones ecológicas del sistema de producción.

## **La agroecología como medio para alcanzar el desarrollo sustentable**

Ante la importancia del sector agropecuario y forestal para el estado es imprescindible el establecimiento de sistemas agrícolas que cumplan con el criterio de ser sostenibles ambiental, social y económicamente.

El fin de la agroecología es realizar un aprovechamiento integral de los recursos, sumando esfuerzos humanos para alcanzar el desarrollo sustentable; entendido este como un proceso multidimensional en el cual la sociedad utiliza los recursos de la naturaleza para satisfacer sus necesidades, ejerciendo y perfeccionando las capacidades y potencialidades individuales y sociales, sin poner en riesgo la realización de las generaciones futuras.

La agroecología es un instrumento por medio del cual se puede llegar a esa condición de desarrollo, mediante la aplicación de principios técnico-ecológicos y socioeconómicos que ayudan a sostener la producción agrícola y permiten satisfacer las necesidades, preservando las condiciones ambientales para su continuo aprovechamiento (Altieri y Nicholls, 2000:14-15).

La agroecología ayuda a alcanzar un equilibrio en el flujo de nutrientes y un reciclaje o reutilización de la materia y/o energía en el agroecosistema. Dentro de los objetivos que persigue la agroecología se encuentran: a) preservar los recursos naturales y mantener la producción agrícola, b) satisfacer las necesidades humanas y de las comunidades, c) minimizar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

De acuerdo con los principios de la agroecología, el monocultivo de piñón no es recomendable en el largo plazo, ya que limita los procesos biológicos y químicos del suelo, favorece el crecimiento de arvenses y genera un mayor costo debido a la cantidad de mano de obra empleada y compra de insumos agrícolas como pesticidas y fertilizantes, lo que provoca una agricultura insostenible para los productores de escasos recursos que buscan reducir los costos de producción. Asimismo, debido al alto uso de agroquímicos que provienen del petróleo, pueden provocar un balance energético negativo al producir el biocombustible en lugar de emplear el combustible fósil de forma directa.

De acuerdo con las condiciones ambientales que se presentan en las tierras agrícolas, la reconversión de la agricultura de subsistencia (caracterizada por contar con asociación de cultivos) en agricultura comercial (caracterizada por tener monocultivos) promueve la pérdida de biodiversidad en el agroecosistema y ocasiona una alteración de los procesos biológicos y físico-químicos del suelo como el reciclamiento de nutrientes, el control natural de organismos indeseables y la regulación de sustancias químicas nocivas (Nicholls y Altieri, 2002:51).

En congruencia con los principios de la agricultura sustentable, se busca que los sistemas de producción contribuyan a mantener o incluso a mejorar los ecosistemas, a partir de prácticas agroecológicas que promuevan su capacidad de sostenimiento y/o regeneración (Sevilla, 2004:15, Gliessman et ál., 2007:18). En cuanto a los principios agroecológicos señalados se encuentra la diversificación vegetal en tiempo y espacio, con su respectivo reciclaje de nutrientes,



materia orgánica y uso eficiente de la energía (Gliessman et ál., 2007:20). Núñez (2000:55) también considera los efectos benéficos de la diversidad de plantas sobre la estabilidad de procesos en el agroecosistema.

En la asociación de cultivos, la producción de semilla de piñón es mucho menor que en el monocultivo, aunque se compensa por sus menores costos de producción, proporcionar alimentos al productor y mantener un mayor equilibrio ecológico con el resto de las especies que se encuentran en el mismo espacio físico.

En tierras agrícolas marginales, donde fue practicada la milpa es factible el establecimiento de *Jatropha curcas* en monocultivo y en asociación con otros cultivos como frijol, calabaza o maíz. En función de la vocación del suelo en Abalá, el INEGI (2009:1) establece que no es apto para practicar la agricultura. Por otro lado, el POETY (2006:33) considera factible el establecimiento de sistemas agroforestales como una estrategia para generar ingresos y satisfactores para la población del medio rural.

A continuación se analizan los impactos social, ambiental y económico de la *Jatropha curcas* en monocultivo y en asociación de cultivos. El objetivo es comparar sus ventajas y desventajas para su establecimiento a nivel local.

### **Descripción y análisis de impactos del monocultivo de piñón y asociación de cultivos**

Con el fin de analizar el impacto social, ambiental y económico del establecimiento de *Jatropha curcas* en monocultivo y asociación de cultivos, se establecieron indicadores con base en las necesidades sociales, ambientales y económicas locales (Luna y Chávez, 2001:19-23). Se asignaron valores del uno al cinco, con el objetivo de comparar el beneficio potencial para las familias y para el ambiente, mediante la implementación de ambos sistemas de producción. El criterio de ponderación aplicado estuvo en función del enfoque agroecológico de producción y de la percepción de los productores.

El valor máximo que se puede alcanzar para el impacto social es de cincuenta y cinco puntos. Según el cuadro 2, de cuarenta a cincuenta puntos se considera un alto impacto social (alto beneficio); de veinte a cuarenta puntos se considera un impacto social medio (medio beneficio); menor de veinte puntos se considera un bajo impacto social (bajo beneficio).

De acuerdo con el puntaje obtenido (47) se consideró un alto impacto social en el corto plazo para el establecimiento del monocultivo de piñón, aunque en el mediano y largo, quizás sería un impacto social de medio a bajo, debido a la disminución de la fertilidad de la tierra y de los rendimientos. La sobreexplotación de los recursos traería como consecuencia un bajo rendimiento del monocultivo conforme transcurre el tiempo, provocando una disminución en el nivel de vida de las familias.

La baja puntuación de algunos indicadores (número de beneficiarios directos, efecto demostrativo en la comunidad, cambio positivo en valores, compor-

tamientos y prácticas respecto al ambiente) obedece a que el acceso al monocultivo por parte de los productores es reducido, debido a la alta inversión inicial y capital de trabajo.

Cuadro 2. Impacto social para el monocultivo de piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Número de beneficiarios directos				X	
2. Empleos fortalecidos					X
3. Aumento de la producción				X	
4. Aumento del ingreso familiar promedio anual					X
5. Uso de materias primas nacionales					X
6. Efecto demostrativo en la comunidad			X		
7. Cambio positivo en valores, comportamientos y prácticas respecto al ambiente			X		
8. Aumento en el nivel de vida (alimentación, salud, vivienda, educación, vestido)				X	
9. Participación y beneficio de las mujeres					X
10. Incremento de la autoestima de los participantes					X
11. Organización y participación comunitaria de los productores				X	

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades sociales locales.

Para analizar el impacto ambiental se tomaron en cuenta cien puntos (cuadro 3). De ochenta a cien puntos se consideró un alto impacto ambiental (alto beneficio); de sesenta a ochenta puntos un impacto ambiental medio (medio beneficio); y menor a sesenta puntos un bajo impacto ambiental (bajo beneficio).

La suma de puntos es de sesenta y cuatro, por lo que se consideró un impacto ambiental medio en el largo plazo (medio beneficio ambiental), debido al aprovechamiento limitado de los recursos y mejoría o conservación del agroecosistema. En el corto plazo, en suelos sin cobertura vegetal, el cultivo puede llegar a tener una función importante al proteger la superficie y regular los procesos biológicos y fisicoquímicos.

El cultivo del piñón, por su función de cobertura del suelo, ayudaría a reducir la erosión ocasionada por el viento y la lluvia, incrementaría la infiltración de agua y la humedad disponible y reduciría la pérdida de agua por evaporación; se incrementaría también el contenido de materia orgánica en la capa superficial, aspecto que favorecería la estructura y fertilidad del suelo (Guerra, 2009:3-4).

Para el impacto económico se valoraron cuarenta puntos (cuadro 4). De treinta a cuarenta puntos se considera un alto impacto económico (alto beneficio); de veinte a treinta, un impacto económico medio (medio beneficio) y menor a veinte puntos un bajo impacto económico (bajo beneficio).

Cuadro 3. Impacto ambiental para el monocultivo de piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Disminución o detención del proceso de deterioro ambiental				X	
2. Restauración o rehabilitación del ecosistema				X	
3. Aumento de la cobertura del suelo				X	
4. Incremento del área de producción sostenible			X		
5. Desarrollo de técnicas de producción sostenible			X		
6. Aumento de conservación en sitio			X		
7. Aumento de conservación <i>ex situ</i>				X	
8. Acceso y transferencia tecnológica				X	
9. Establecimiento de sistemas de producción sostenible		X			
10. Incremento de población de flora y/o fauna			X		
11. Incremento de la fertilidad del suelo			X		
12. Mejora en belleza paisajística			X		
13. Incremento de tipos de cultivo			X		
14. Combinación de métodos tradicionales con innovaciones			X		
15. Disminución de tala y caza en el bosque				X	
16. Disminución de la contaminación			X		
17. Desarrollo de la biotecnología				X	
18. Cambio positivo en políticas o leyes				X	
19. Manejo de áreas protegidas				X	
20. Educación ambiental			X		

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades ambientales locales.

Cuadro 4. Impacto económico para el monocultivo de piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Generación de empleos e ingresos					X
2. Aumento de la productividad					X
3. Generación de valor agregado					X
4. Disminución de intermediarismo					X
5. Aumento de la capacidad administrativa de la unidad de producción				X	
6. Aumento de la capacidad de negociación de productos					X
7. Innovación y adopción tecnológica					X
8. Disminución de importaciones de bienes y servicios					X

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades económicas locales.

En función del análisis, se tuvo un puntaje de treinta y nueve, por lo que se obtuvo un alto impacto económico (alto beneficioso) para el productor y la comercialización de piñón, como resultado del negocio potencial que representa el monocultivo. El alto impacto económico se considera temporal, debido a que en el mediano y largo plazo el costo que genera la compra de insumos agrícolas y el agotamiento de los recursos como el suelo y agua, termina por tener un efecto negativo en la rentabilidad de la actividad.

A continuación se muestran los impactos social (cuadro 5), ambiental (cuadro 6) y económico (cuadro 7) para los cultivos asociados (frijol, calabaza, y/o maíz) con *Jatropha curcas*.

Cuadro 5. Impacto social para la asociación de cultivos con piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Número de beneficiarios directos					X
2. Empleos fortalecidos					X
3. Aumento de la producción				X	
4. Aumento del ingreso familiar promedio anual					X
5. Uso de materias primas locales					X
6. Efecto demostrativo en la comunidad					X
7. Cambio positivo en valores, comportamientos y prácticas respecto al ambiente					X
8. Aumento en el nivel de vida (alimentación, salud, vivienda, educación, vestido)				X	
9. Participación y beneficio de las mujeres					X
10. Incremento de la autoestima de los participantes					X
11. Organización y participación comunitaria de los productores					X

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades sociales locales.

De acuerdo al puntaje obtenido (53) se consideró un alto impacto social para el establecimiento de asociación de cultivos con piñón. Lo anterior se debe, principalmente, a que en la medida que los productores se encuentran más ocupados en sus tierras, tienen trabajo y un ingreso adicional por la venta de la semilla; así, se permitiría un aprovechamiento local como alimento mediante variedades comestibles de piñón (no tóxicas), uso del aceite para la elaboración de jabón o para ser utilizado como combustible, sin dejar de mencionar el beneficio de los subproductos para la agricultura y la ganadería, además del aumento en la organización comunitaria, la participación de la mujer, entre otros.

El impacto ambiental para la asociación de cultivos con *Jatropha curcas* también presenta un alto puntaje (cuadro 6).

Cuadro 6. Impacto ambiental para la asociación de cultivos con piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Disminución o detención del proceso de deterioro ambiental					X
2. Restauración o rehabilitación del ecosistema					X
3. Aumento de la cobertura del suelo				X	
4. Incremento del área de producción sostenible					X
5. Desarrollo de técnicas de producción sostenible					X
6. Aumento de conservación en sitio					X
7. Aumento de conservación <i>ex situ</i>					X
8. Acceso y transferencia tecnológica					X
9. Establecimiento de sistemas de producción sostenible					X
10. Incremento de población de flora y/o fauna					X
11. Incremento de la fertilidad del suelo				X	
12. Mejora en belleza paisajística					X
13. Incremento de tipos de cultivo					X
14. Combinación de métodos tradicionales con innovaciones					X
15. Disminución de tala y caza en el bosque				X	
16. Disminución de la contaminación					X
17. Desarrollo de la biotecnología					X
18. Cambio positivo en políticas o leyes					X
19. Manejo de áreas protegidas					X
20. Educación ambiental					X

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades ambientales locales.

Cuadro 7. Impacto económico para la asociación de cultivos con piñón

Indicador	Escala				
	1	2	3	4	5
1. Generación de empleos e ingresos				X	
2. Aumento de la productividad			X		
3. Generación de valor agregado				X	
4. Disminución de intermediarismo				X	
5. Aumento de la capacidad administrativa de la unidad de producción			X		
6. Aumento de la capacidad de negociación de productos			X		
7. Innovación y adopción tecnológica				X	
8. Disminución de importaciones de bienes y servicios			X		

Fuente: modificado de Luna y Chávez (2001), con base en las necesidades económicas locales

La suma de puntos es de noventa y siete, por lo que se consideró un alto impacto ambiental (alto beneficio ambiental), debido a que en la mayoría de los indicadores se mejora o conserva el ecosistema. Las condiciones ecológicas se mejoran al incrementarse las especies que interactúan en un espacio, que dan lugar a procesos de regeneración del suelo y permiten mantener y mejorar su fertilidad, textura y estructura, así como favorecer las relaciones simbióticas entre las especies vegetales y microorganismos.

Finalmente, para el impacto económico, el puntaje de la asociación de cultivos con *Jatropha curcas* no es tan alto como en el monocultivo, aunque se obtienen los beneficios ya mencionados.

En función del análisis, se obtuvo un puntaje de veintiocho, con un medio impacto económico (beneficio medio) para el productor y sus familias, resultado de la disminución de la densidad de siembra y del rendimiento de semilla obtenido por hectárea.

Desde la perspectiva agroecológica, antes de establecer cualquier sistema de producción en pequeña superficie y que tenga prioridad el autoconsumo, debe considerarse que el beneficio potencial sea en primera instancia el social, buscando siempre satisfacer las necesidades de la familia del productor y de la comunidad; después el ecológico, preservando y mejorando, si es posible, las condiciones ambientales y, hasta el final, el económico, colocando en último lugar su rentabilidad, lo que permite que el agroecosistema tenga la capacidad de regeneración ecológica y de sostenimiento de la producción.

Por ser una especie perenne, el cultivo del piñón puede llegar a disminuir de forma sustancial el proceso de arrastre de partículas y nutrientes en suelos degradados con escasa cobertura vegetal; puede ayudar a conservar con mayor eficacia las características físico-químicas y biológicas de la superficie edáfica, aunque en el mediano plazo lo más conveniente sea adoptar la asociación de cultivos en lugar del monocultivo.

## Discusión

Las corrientes del neoliberalismo tienen una marcada influencia en el mercado de los biocombustibles, que promueve un libre mercado (sin intervención estatal) y favorece la comercialización de bienes y servicios a nivel internacional, que busca mantener un estilo de vida de alta comodidad en países desarrollados y de clases sociales altas en países en desarrollo, como es el caso de México.

La demanda de biocombustibles y de combustibles fósiles sería menor de existir una cultura de ahorro en las sociedades de alto consumo energético. Con el uso de fuentes alternativas de energía y utilización de otras formas de transporte, se evitaría el uso frecuente de automotores de combustión interna, con la consecuente disminución de la contaminación del ambiente.

En virtud de las condiciones de altitud, precipitación y temperatura de Yucatán, se considera que son apropiadas para el establecimiento del cultivo; solo



la profundidad de los suelos parece ser una limitante, debido a la presencia de grandes piedras (laja) en la mayoría de los terrenos agrícolas.

La profundidad de los suelos afecta el crecimiento de la raíz, la cual debe buscar sobre la roca y en presencia de tierra los nutrientes que necesita en su proceso de desarrollo. Los espacios que dejan las rocas entre ellas proporcionan una oportunidad muy reducida para el crecimiento de las raíces del piñón. Identificar la aptitud del suelo para el establecimiento de sistemas agrícolas y agroforestales es imprescindible para el mejor aprovechamiento y conservación de los recursos naturales.

Partiendo de la necesidad de realizar un aprovechamiento integral de los agrocombustibles es indispensable reflexionar sobre la factibilidad social, ambiental y económica de establecerlos en espacios agrícolas sin uso actual. Lo menos indicado y recomendable sería tratar de relegar los cultivos de autoconsumo que proporcionan alimentos a las familias por medio de la milpa, con tal de favorecer el establecimiento del cultivo de *Jatropha curcas*.

En relación a las experiencias y aprovechamiento con el cultivo de piñón en otros países, existen posiciones a favor y en contra de su establecimiento.

Para Pati (2010:55-58), los biocombustibles obtenidos de cultivos no alimentarios como el piñón, pueden ser una alternativa viable para generar empleos y proporcionar combustibles a las comunidades rurales, además de incrementar los niveles de ingreso. En los países que tienen bajos ingresos, falta de infraestructura y abundantes tierras no usadas (ociosas), es posible desarrollar nuevas oportunidades y mercados para los biocombustibles (Pati, 2010:64-67).

Aunque el piñón puede llegar a ser una opción productiva por su resistencia a la sequía y adaptabilidad a suelos pobres, diferentes estudios en países subdesarrollados muestran que la rentabilidad del cultivo es baja en suelos marginales.

Ariza y Lele (2010:192-194), en relación a experiencias con el cultivo en la India, encontraron que 30% de plantaciones de *Jatropha curcas* en monocultivo fueron removidas y 50% abandonadas. Dentro de los factores que propiciaron tal fracaso se encuentran que su establecimiento redujo los ingresos netos de los pequeños productores e incrementó la mano de obra fuera de la plantación, además de promover cambios en las estrategias de supervivencia e incrementar la dependencia externa de los pequeños productores en cuanto a insumos agrícolas. Solamente los grandes productores con acceso al riego mostraron altas tasas de rentabilidad con el cultivo.

A pesar que Jongschaap et ál. (2007:6) afirman que es posible obtener una producción razonable de piñón en tierras marginales, reconocen que su rendimiento depende de las condiciones ambientales para su cultivo, como la radiación solar, la disponibilidad de agua y nutrientes, así como la ausencia de plagas y enfermedades.

Anderson et ál. (2008:26), aseveran que no es posible alcanzar una producción rentable de *Jatropha curcas* si los requerimientos ambientales del cultivo y

las condiciones agroecológicas para su establecimiento no son las adecuadas, ya que el rendimiento del piñón es muy variable dependiendo de la fertilidad del suelo y de la disponibilidad de agua.

De acuerdo con Ariza y Lele (2010:190), plantaciones de piñón de tres años de edad que estuvieron bajo riego exhibieron casi el doble del rendimiento, comparadas con aquellas de temporal (750 y 450 kg/ha, respectivamente). Asimismo Ariza (2009:3), cuestiona la capacidad del piñón para establecerse en suelos marginales, donde sostiene que su producción es mínima o nula de acuerdo a experiencias en la India. En Mozambique, Nielsen y De Jongh (2009:6) encontraron que las plantas sobreviven en suelos agotados, pero su producción es insignificante.

En general, dejando de lado las opiniones fundamentadas en el mercado a favor y en contra de los biocombustibles, se puede deducir que la producción de piñón puede llegar a ser altamente variable, dependiendo de las condiciones ambientales de luz, temperatura y humedad, así como de la textura, estructura, profundidad y fertilidad de los suelos.

En tierras agrícolas cuyo fin es el autoconsumo, se recomienda utilizarla solo como cercos vivos alrededor del terreno agrícola. Por el contrario, en tierras degradadas y sin cobertura vegetal pudiera existir un beneficio importante al establecer el monocultivo. Desde la perspectiva ambiental, el monocultivo puede llegar a ser una opción productiva en el corto plazo, en suelos con poca o nula cobertura vegetal, lo que permitiría incrementar la infiltración del agua y disminuir la erosión por efecto de la lluvia y el viento, manteniendo la fertilidad de los suelos por un tiempo mayor.

En el largo plazo no se justifica, aunque represente una alta rentabilidad para los productores. Los estudios de sustentabilidad realizados en los sistemas de producción en monocultivo han mostrado su insostenibilidad a lo largo del tiempo, lo que ha provocado un agotamiento de ciertos nutrientes en el suelo, además de un desequilibrio en las relaciones de los componentes bióticos y abióticos del agroecosistema.

Con respecto al monocultivo, Jongschaap et ál. (2007:23) consideran que su establecimiento traería problemas para controlar las plagas y enfermedades debido a que en condiciones de alta humedad y temperatura, la posibilidad de un ataque indiscriminado de hongos, virus o insectos, es mayor.

En Mozambique, en el marco de un proyecto de establecimiento de piñón, un escarabajo (*Apthona spp.*) atacó el cultivo y ocasionó pérdidas del cien por ciento en las parcelas (Nielsen y De Jongh, 2009:5). El gasto económico que representaría el control químico de las plagas y enfermedades es prácticamente inabordable para los pequeños productores.

Ariza (2009:2) considera que existen todavía interrogantes en relación a la rentabilidad de piñón, ya que es necesario esperar por lo menos tres años para que su producción se estabilice, lo que limita la obtención de un ingreso consistente en los primeros años de establecido el cultivo, ello provocaría una crisis en



las familias campesinas que se dedican a la agricultura de autoconsumo y que apuestan al monocultivo como alternativa para mejorar su condición socioeconómica.

Los sistemas de intercalación de cultivos para ciertas condiciones agroecológicas y sociotécnicas parecen ser los más apropiados, ya que permiten integrar la *Jatropha curcas* al resto de las especies, creando una interrelación de sostenimiento entre ellas. En pequeñas superficies, donde los cultivos de autoconsumo son la base de la alimentación de las familias, es recomendable mantener las especies que sirven de sustento y no optar por la reconversión productiva.

Además de los proyectos donde se busca una rentabilidad en la producción de piñón, existen otras iniciativas que tratan de alcanzar un beneficio social. Un ejemplo de estas iniciativas es el proyecto "*Jatropha* para el desarrollo local", implementado por organismos no gubernamentales en Mozambique, donde se hace uso del aceite puro de piñón en motores y equipos convertidos para su uso (Nielsen y De Jongh, 2009:5:8-9).

En países africanos, Ndong, et ál. (2009:207), identifican el potencial de los cultivos locales de autoconsumo para alcanzar sinergias con el piñón por medio de asociación de cultivos, como lo muestran experiencias en Honduras, donde organismos no gubernamentales promueven entre los productores la asociación de piñón con maíz, maíz y frijol, y solo frijol. Aunque todavía no existen resultados concluyentes sobre la rentabilidad de estos agroecosistemas, los beneficios parecen ser satisfactorios (Chango, 2009:13:17).

La opción productiva que tiene el productor en Yucatán es establecer el cultivo en suelos erosionados sin uso agrícola actual o integrar a la milpa el cultivo de la *Jatropha curcas* en cercos vivos con el objeto de obtener un beneficio adicional por la venta de la semilla y/o aceite. La producción de piñón en cultivos asociados puede llegar a ser una opción sostenible para los productores que no dependen exclusivamente del autoconsumo.

Para que los sistemas de producción de piñón en pequeña superficie tengan éxito, se requiere de una política pública integral que fomente su cultivo, con la participación voluntaria de todos los actores que tienen influencia en el ámbito local (Valero et ál., 2011:140).

El piñón, y cualquier agrocombustible, se encuentra lejos de ser una completa solución a la problemática que enfrentan los productores agrícolas en el estado, pero podría ser una opción viable para mejorar su calidad de vida, de acuerdo a las capacidades y potencialidades sociotécnicas de los productores y a las condiciones agroecológicas que predominan en cada región.

## Conclusiones

De acuerdo con las perspectivas generadas por instancias privadas, la demanda de biodiesel en el mercado internacional se incrementa de forma constante. En próximos años, el biodiesel tendrá una demanda creciente en la industria nacional para ser mezclado con el diesel de origen fósil. A pesar del crecimiento de la

agroindustria de piñón, todavía existen preguntas por responder con relación al rendimiento del cultivo, precios y canales potenciales de comercialización de la semilla, aceite y demás derivados.

El aceite de piñón puede utilizarse localmente para la producción de jabón y como combustible en las comunidades de alta y muy alta marginación, aunque no se debe ignorar el impacto que traería su establecimiento sobre otros agroecosistemas vecinos. Se deben evaluar todos los posibles riesgos ecológicos que traería el cultivo para el resto de los sistemas de producción.

En general, las condiciones ambientales van acordes a los requerimientos de piñón y se vislumbra un beneficio social, ambiental y económico con su producción. Aunque en otras partes del mundo existen éxitos y fracasos en el aprovechamiento del piñón, hay que realizar estudios locales para analizar su respuesta en adaptación y rendimiento.

Partiendo de los principios agroecológicos, el monocultivo no es el agroecosistema más adecuado en la agricultura. La incorporación de piñón a tierras agrícolas, no comprometidas o sin competencia con el autoconsumo, puede llegar a promover la generación de empleos e ingresos para las familias, con el respectivo arraigo de jóvenes, mujeres y adultos mayores al medio rural.

Las estrategias de desarrollo necesarias para contrarrestar el grado de marginación a nivel local deben tomar en cuenta, entre otros elementos, las condiciones socioeconómicas, técnicas y ambientales que predominan en la región, con el objeto de aumentar el bienestar de la población, sin poner en riesgo la subsistencia familiar y la identidad cultural de las comunidades, además de promover un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

## Bibliografía

- Aguilar, W. (2008) *Toma de decisiones en la elección y adopción de opciones productivas en unidades domésticas de dos grupos de productores campesinos del municipio de Hocabá, Yucatán*. Tesis de Doctorado, Departamento de Población y Ambiente, México, Colegio de la Frontera Sur, Chiapas.
- Altieri, M. y C. Nicholls (2000) *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Álvarez, C. (2009) "Biocombustibles: desarrollo histórico y tecnológico, mercados actuales y comercio internacional" *Economía Informa*. Núm. 359, México, UNAM, julio-agosto.
- Anderson, E. et ál. (2005) *Las plantas de los mayas: etnobotánica en Quintana Roo. México*. México, ECOSUR-CONABIO.
- Anderson T., H. Paul y G. Rodríguez (2008) *Los agrocombustibles y el mito de las tierras marginales" en Polis*. Santiago de Chile, Universidad Bolivariana, Volúmen, 7, núm. 21, pp. 19-35. En: <<http://www.revistapolis.cl/21/art01.htm>> (Accesado el 20 de abril de 2011).
- Ariza, P. (2009) *Agrocombustibles en la India: de discursos ambiguos a hechos contradictorios*. Observatorio de la Deuda en la Globalización, Universidad Politécnica de Cataluña. En: <[www.observatorideute.org](http://www.observatorideute.org)> (Accesado el 20 de marzo de 2011).
- Ariza, P. y S. Lele (2010) "Jatropha plantations for biodiesel in Tamil Nadu, India: Viability, livelihood trade-offs and latent conflict" *Ecological Economics Journal*. EUA, vol. 70, núm. 2.
- Bautista, F. (2007) "Información técnica para el desarrollo agropecuario y forestal del estado de Yucatán" *Teoría y Praxis*. México, Universidad de Quintana Roo, año 3, núm. 4.
- Bravo, E. (2007) *Agrocombustibles y el fortalecimiento de los agronegocios en América Latina*. Red por una América Latina Libre de Transgénicos. En: <[www.estudiosecologistas.org/docs/reflexion/.../agronegocios.pdf](http://www.estudiosecologistas.org/docs/reflexion/.../agronegocios.pdf)> (Accesado el 25 de agosto de 2011).
- Calva, J. (2000) *México más allá del neoliberalismo*. México, Plaza y Janés Editores.
- Canto, R. (2001) *Del henequén a las maquiladoras: la política industrial en Yucatán, 1984-2001*. México, INAP y UADY, pp. 286.
- Chango, N. (2009) *Análisis de la adopción de Jatropha (Jatropha curcas) a nivel de pequeña producción en Yoro, Honduras*. Proyecto especial de titulación, Zamorano, Honduras.
- Cruz, M., K. Contreras y I. Anaya (2006) "Aceite de *Jatropha curcas*, análisis de su composición" *RESPYN*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Disponible en: [www.respyn.uanl.mx/especiales/2006/ee-14-2006/.../Art81.pdf](http://www.respyn.uanl.mx/especiales/2006/ee-14-2006/.../Art81.pdf) [Accesado el 25 de agosto de 2011]
- De la Vega, J. (2007) *Jatropha curcas*. *Boletín Agroenergía*. México, pp 21. En: <[www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf](http://www.3wmexico.com/images/JatrophaResumen.pdf)> (Accesado el 25 de mayo de 2011).
- Energy Information Administration (EIA), (2007) *Consumo de energía por país. Instituto Español de la Energía*. En: <[http://paises.enerclub.es/guia\\_ampliada](http://paises.enerclub.es/guia_ampliada)> (Accesado el 27 de abril de 2011).
- FIRA (2008) *Perspectivas de la producción de biocombustibles en México*. México, Dirección de Análisis Económico y Sectorial.

- Gliessman, S. et ál. (2007) "Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad" *Ecosistemas*. Núm. 16, España.
- Gómez, A. et al. (2009) *La xuta se come: xuta, jatropha, piñón o aishte*. Xalapa, Universidad Veracruzana.
- Guerra, J. (2009) *Manejo y conservación de suelos*. Asesoría técnica-CAIZ. En: <[www.agroecuador.com/HTML/infocamara/2009/30042009/Manejo%20y%20conservacion%20de%20suelos.pdf](http://www.agroecuador.com/HTML/infocamara/2009/30042009/Manejo%20y%20conservacion%20de%20suelos.pdf)> (Accesado el 13 de abril de 2011).
- INEGI (2007) *Censo Agropecuario del Estado de Yucatán*. [Aguascalientes, Ags. En: <[www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)> (Accesado el 17 de septiembre de 2011).
- (2009) *Prontuario de Información Geográfica Municipal de Abala, Yucatán*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México. En: <<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=31&mun=001>> (Accesado el 17 de septiembre de 2011).
- (2011) *Perspectiva estadística de Yucatán*. Aguascalientes, México.
- Jongschaap R. et ál. (2007) *Claims and Facts on Jatropha curcas L*. Plant Research International B. V. Report 158, Wageningen, The Netherlands. En: <[www.fact-foundation.com/.../Claims\\_and\\_Facts](http://www.fact-foundation.com/.../Claims_and_Facts)> (Accesado el 15 de septiembre de 2011).
- King, A. et ál. (2009) "Potential of *Jatropha curcas* as a Source of Renewable Oil and Animal Feed" *Journal of Experimental Botany*. Vol. 60, núm. 10, Oxford, UK.
- Luna, R. y D. Chávez (2001) *Guía para elaborar estudios de factibilidad de proyectos ecoturísticos*. Guatemala, PROARCA/CAPAS.
- Macossay, M. (2000) *La agricultura yucateca a fines del siglo XX*. Ensayo del Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán, UACH, México.
- Martínez, J. (2007) "El piñón mexicano: una alternativa bioenergética para México" en *Digital Universitaria*. Vol. 8, núm. 12. Coordinación de Publicaciones Digitales. UNAM. En: <<http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art88/int88.htm>> (Accesado el 17 de septiembre de 2011).
- Ndong, R. et ál. (2009) "Life Cycle Assessment of Biofuels from *Jatropha curcas* in West Africa: A Field Study" en *Global Change Biology Bioenergy*. Vol. 1, núm. 3, EUA. En: <[http://oatao.univ-toulouse.fr/3617/1/Ndong\\_3617.pdf](http://oatao.univ-toulouse.fr/3617/1/Ndong_3617.pdf)> (Accesado el 17 de septiembre de 2011).
- Nicholls, C. y M. Altieri (2002) "Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos" en *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Núm. 65, Costa Rica.
- Nielsen, F. y J. De Jongh (2009) *Producción de aceite de Jatropha curcas para el desarrollo local en Mozambique*. Fundación FACT. En: <[www.fact-foundation.com](http://www.fact-foundation.com)> (Accesado el 1 de septiembre de 2011).
- Núñez, M. (2000) *Manual de técnicas agroecológicas*. Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental, México, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Pati, P. (2010) *Sustainability of Jatropha Cultivation for Biodiesel Fuels*. Thesis of Master of Science, EUA, Michigan State University.
- Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Yucatán (POETY), (2006) *Fase IV: Modelo de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Yucatán*. UADY.
- Rodríguez, D. (2011) *Capitalismo verde: una mirada a la estrategia del BID en cambio climático*. Colombia, CENSAT Agua Viva.

- Sarmiento, J., H. Ulibarri y A. Canto (2008) *Estructura y dinámica del sector primario de Yucatán: una aproximación a la economía de la biodiversidad del estado*. Yucatán. Instituto Tecnológico de Mérida.
- Sevilla, E. (2004) "Agroecología y agricultura ecológica: hacia una reconstrucción de la soberanía alimentaria" *Agroecología*. Núm. 1, Universidad de Murcia, España, pp. 7-18. En: <<http://revistas.um.es/agroecologia/article/download/13/4>> (Accesado el 1 de septiembre de 2011).
- Sotolongo, J. et ál. (2007) "Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de la provincia de Guantanamo" *Tecnología Química*. Cuba, vol. XXVII, núm. 2. En: <<http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/article/viewFile/2426/1957>> (Accesado el 15 de septiembre de 2011)
- Toral, O. et ál. (2008) "*Jatropha curcas* una especie arbórea con potencial energético en Cuba" *Pastos y Forrajes*. Matanzas, Cuba, vol. 31, núm. 3. [Accesado el 15 de septiembre de 2011].
- Torres, C. (2007) *Ficha técnica de la Jatropha curcas. Cultivos energéticos SRL y Cooperativa el Rosario*. Argentina. En: >[www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas\\_FichaTecnica.pdf](http://www.elsitioagricola.com/articulos/cultivosEnergeticos/JatrophaCurcas_FichaTecnica.pdf)> (Accesado el 15 de agosto de 2010).
- Trabucco, A. et ál. (2010) "Global Mapping of *Jatropha curcas* Yield Based on Response of Fitness to Present and Future Climate" *Global Change Biology Bioenergy*. Núm. 2, EUA.
- Valero, J., Cortina, H. y M. Vela, (2011) "El proyecto de biocombustibles en Chiapas: experiencias de los productores de piñón (*Jatropha curcas*) en el marco de la crisis rural" en *Estudios Sociales*. Vol. 19, núm. 38, Hermosillo, pp. 120-144.
- Zamarripa, A. y G. Díaz (2008) *Áreas de potencial productivo de piñón Jatropha curcas como especie de interés bioenergético en México*. Sistema Nacional de Sistema Producto-Oleaginosas. En: <[www.oleaginosas.org/art\\_211.shtml](http://www.oleaginosas.org/art_211.shtml)> (Accesado el 15 de enero de 2011).
- Zanahua, A., Martínez J. y A. Martínez, (2009) "Obtención de biodiesel a partir del aceite de *Jatropha curcas* de México en una y dos etapas" en *Memoria del XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería*. Acapulco, Guerrero. En: <[http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA\\_IX/CIX-24.pdf](http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/acapulco09/TRABAJOS/AREA_IX/CIX-24.pdf)> (Accesado el 15 de noviembre de 2011).