



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS VERACRUZ**

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

INTEGRACIÓN DE *Jatropha curcas* L. EN AGROECOSISTEMAS  
COMO MATERIA PRIMA PARA BIODIESEL  
EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO

**BLANCA FLOR SOLÍS GUZMÁN**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**DOCTORA EN CIENCIAS**

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ.

2011

La presente tesis, titulada: **Integración de *Jatropha curcas* L. en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México**, realizada por la alumna: **Blanca Flor Solís Guzmán**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

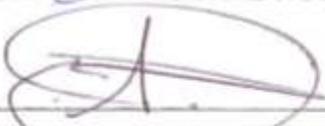
DOCTORA EN CIENCIAS  
AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR

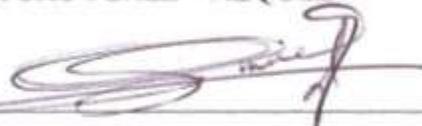
CONSEJERO: \_\_\_\_\_

  
DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. ARTURO PÉREZ VÁZQUEZ

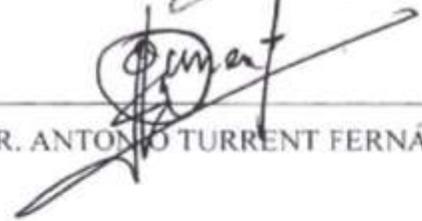
ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. ELISEO GARCÍA PÉREZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. BERNARDO VILLAR SÁNCHEZ

ASESOR: \_\_\_\_\_

  
DR. ANTONIO TURRENT FERNÁNDEZ

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 15 de Septiembre de 2011

INTEGRACIÓN DE *Jatropha curcas* L. EN AGROECOSISTEMAS COMO MATERIA PRIMA PARA BIODIESEL EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.

Blanca Flor Solís Guzmán, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2011

*Jatropha curcas* L. es una opción de importancia en Chiapas como materia prima para biodiesel y se han establecido alrededor de 10 mil hectáreas, aún con escasa información como cultivo. El objetivo de este trabajo fue determinar el potencial de integración de *J. curcas* en agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas, México. Esta investigación se realizó en tres etapas de 2008 a 2011. Primero se determinaron áreas potenciales con el programa *ArcView GIS* Ver. 3.2®, en dos escenarios: 1) pendiente  $\geq 5 \leq 15$  % y 2) pendiente  $\geq 0 \leq 15$  %; el segundo analizó la actitud y aptitud de productores hacia *J. curcas* como cultivo, usando el índice de Likert y análisis estadísticos univariados y bivariados; el tercero determinó la factibilidad financiera para cultivar *J. curcas* con Relación B-C, TIR, VAN y análisis de sensibilidad en tres sistemas de producción. Los resultados indican un área potencial de *J. curcas* cercana a 205 mil ha, sin incluir áreas planas y 387 mil ha incluyéndolas. Los productores tienen actitud positiva (Likert = 3.5), y aptitud favorable (Likert = 4.2) para cultivar *J. curcas*. Los tres sistemas de producción con *J. curcas* evaluados, en los dos primeros años de establecido, con recursos del productor y excluyendo los apoyos oficiales, presentaron pérdidas de \$0.1 a \$0.35 por cada peso invertido, sin venta de la escasa producción. Lo anterior sugiere dirigir acciones a las áreas potenciales y mejorar condiciones de mercado para la región centro de Chiapas.

Palabras clave: *Jatropha curcas* L., cultivos asociados, biocombustibles, Chiapas

*Jatropha curcas* L. INTEGRATION IN AGROECOSYSTEMS AS RAW MATERIAL FOR  
BIODIESEL PRODUCTION IN CENTRAL REGION OF CHIAPAS, MEXICO.

Blanca Flor Solís Guzmán, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2011

*J. curcas* is an important plant as optional raw material for biodiesel production, in Chiapas Mexico there are about 10 000 ha under production, but with scarce information as a crop. Hence, this research was done in three stages from 2008 to 2011, with the aim of determining the potential of *J. curcas* integration in agroecosystems in Region Centro of Chiapas. This stages were: first to identify the agro-ecological zone using *ArcView GIS* Ver. 3.2® with two scenarios: 1) slope  $\geq 5 \leq 15\%$ , and 2) slope  $\geq 0 \leq 15\%$ , respectively. The second phase measures attitude and aptitude of 133 farmers using Likert index; the characterization of their agroecosystems was done with descriptive statistical analysis. And thirdly, the financial and economic analysis was done to determine the financial feasibility of having *J. curcas* integrated in three local agroecosystems. Results indicate a potential area of about 387 00 ha including flat lands, and 205 000 ha excluding them. Farmers have a positive attitude (Likert = 3.5) and aptitude (Likert = 4.2) to integrate *J. curcas* in their agroecosystems. For the two first years under production, the three analyzed agroecosystems, excluding official subsidies, showed economic losses of \$ 0.1 to \$ 0.35 per invested Mexican peso, as there were no sales of the scarce obtained yields. Hence, it is suggested to direct efforts towards improving market prices to integrate *J. curcas* in potential areas of the central region of Chiapas.

Key words: *J. curcas* L., intercropping, biofuels, Chiapas

## DEDICATORIA

### *A DIOS*

*A mis padres:*

*Rodrigo Solís Trujillo*

*Flor Guzmán Yui*

*A mis hermanos(a)s:*

*Tere, May, Alfonso, Rosy,*

*Frank, Fanny y Lore*

*A mis sobrino(a)s:*

*Sheila, Keily, Karen, Michael, Melissa, Luis,*

*Adriana, Alfonso, Frank, Danna y Ámbar*

*A quiénes amo en mi vida y son motivo de mi superación profesional:*

*Stephanie y Julio César*

*Los grandes honores a los que puede aspirar un hombre, son los que se le otorgan con el respeto, reconocimiento y la gratitud; como símbolos de amor, del amor que, sin tener objeto definido, es la máxima de los corazones. Con esta máxima expresión, les hago entrega del más representativo de los pergaminos, el que se estructura en nuestros corazones y, en el que se graba la sencilla palabra que resume e integra el sentimiento más profundo... ¡Gracias! ¡Muchas gracias!.*

*Con todo mi amor:*

*Blanca Flor*

## AGRADECIMIENTOS

Al Colegio de Postgraduados, en especial al Campus Veracruz, por la oportunidad que me brindó para realizar mis estudios de Postgrado en el Programa de Doctorado en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas (Campus IV)-Huehuetán, Chiapas, mi centro de adscripción y a la Universidad Autónoma de Chiapas, por la beca autorizada para realizar mis estudios doctorales.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme la beca CONACyT con número de registro: 211354, para realizar mis estudios de Doctorado en Ciencias en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

Al Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión No. 16730-2008 y 2009, del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento de mi proyecto de investigación, aprobado en las convocatorias correspondientes y que forma parte de esta tesis doctoral.

Al Proyecto FOMIX-COCyTECH (M0004-2008-08), por el apoyo financiero terminal de mi tesis, que coadyuvó a obtener el grado de Doctora en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales.

A las Líneas Prioritarias de Investigación, LPI 2 Agroecosistemas Sustentables, y LPI 3 Energía Alternativa y Biomateriales, ambas del Colegio de Postgraduados: por sus respectivos apoyos económicos y con equipo en el desarrollo del proyecto de investigación de tesis.

Al Dr. Octavio Ruiz Rosado, Profesor Investigador Adjunto del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz y Responsable Técnico del Proyecto: Evaluación del piñón (*Jatropha curcas* L.), asociado a cultivos de importancia socioeconómica de la Región Centro de Chiapas, México (FOMIX-CHIAPAS, Número de solicitud 106114), Líder de la LPI 2 y quien también fungió como Consejero de mi Consejo Particular. Dr. Octavio: las palabras no son suficientes para expresarle mi respeto, gratitud y mi reconocimiento por el

acompañamiento como estudiante y la conducción de esta investigación, que permitió el logro del objetivo, que culmina con este escrito, pero con una ventana de oportunidades para continuar trabajando conjuntamente y escribiendo sobre el tema de los biocombustibles.

Al Dr. Arturo Pérez Vázquez, del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, asesor en mi Consejo Particular. Gracias por todo el sustento en diversas situaciones y actividades que resulta difícil enumerarlas en esta etapa que hoy concluyo, así como hacerme parte de su proyecto FOMIX-VERACRUZ (Número de solicitud: 95753): Integración del piñón (*Jatropha curcas* L.), como materia prima para la producción de biodiesel en agroecosistemas de la Región Centro de Veracruz, México. Le expreso un profundo agradecimiento por todo su apoyo.

Al Dr. Eliseo Pérez García, del Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, asertivo en sus comentarios, mi reconocimiento por su oportunidad de apoyo en la LPI 3. Energía Alternativa y Biomateriales, por ser mi asesor y formar parte de este gran equipo de trabajo: mi Consejo Particular. ¡Mucha Gracias!

Al Dr. Bernardo Villar Sánchez, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), mi gratitud por su invaluable y decidido apoyo, como parte de mi Consejo Particular y por formar espacios de colaboración en el “Protocolo para la toma de decisiones sobre conservación del suelo y agua y producción agrícola en cuencas”, le manifiesto mí siempre ¡agradecimiento!

Al Dr. Antonio Turrent Fernández, del Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, por ser mi asesor y un investigador de experiencia incalculable que compartió conmigo su sabiduría, en sistemas MIAF y defensor de la preservación del maíz criollo, estimado doctor mi reconocimiento y ¡Muchas gracias!

Al Dr. Ricardo Quiroga Madrigal y al Dr. José Noé Lerma Molina, de la Universidad Autónoma de Chiapas, por sus amistad, el apoyo durante este proyecto de vida y los espacios de colaboración. Les agradezco enormemente.

Un profundo agradecimiento al Sindicato del Personal Académico de la Universidad Autónoma de Chiapas (SPAUNACH), por el apoyo en este propósito personal e institucional.

Expreso mi gratitud al M.C. Ricardo Serna Lagunes, quién ha compartido sus conocimientos y esta aspiración profesional, durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Amigo, ¡Gracias!

Por el apoyo de siempre, a mis amigos del Colegio Superior de Agricultura Tropical y de la Universidad Autónoma de Chiapas. Asimismo a Norma Bandala, y a Lupita, Anabel, Caro, Bernardino y Karla, por sus amistad y compartir sabios encuentros en el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

Mi agradecimiento a todo el personal docente, administrativo (Elsy, Verito, Faby Hernández, Ángeles, Mary, Laurita, Fabyta, Marichuy, Marisela y Maribel), y trabajadores de campo, del Colegio de Postgraduados por facilitar mi estancia en ésta institución educativa.

Al Ing. José Luis Magdaleno de Biodiesel Chiapas, por su colaboración; a directivos, técnicos y productores de piñón de la Unión de Sociedades Bioenergéticas Chiapas, S.C. de R.L. de C.V y del IBEA hoy Instituto de Reconversión Productiva y Bioenergéticos (IRPBIO), por facilitar la recopilación de información importante para el desarrollo de esta investigación y, a todos los que participaron en la conclusión de esta formación profesional, en especial a los justificadores del mérito ¡a los productores de Chiapas, México!

## CONTENIDO

	Página
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b> .....	1
1. Planteamiento del problema.....	7
2. Objetivos.....	13
3. Hipótesis.....	14
4. Marco metodológico.....	15
5. Revisión de literatura.....	17
5.1 Marco teórico.....	17
5.1.1 Teoría de sistemas y enfoque en agroecosistemas.....	19
5.1.2 Pensamiento complejo.....	25
5.1.3 El paradigma de la investigación: un análisis de los métodos cuantitativo y cualitativo.....	27
5.2 La producción de bioenergéticos a nivel mundial y en México.....	30
5.3 Ventajas y desventajas de los biocombustibles: un análisis integral.....	38
5.4 El piñón ( <i>J. curcas</i> L.) y su cultivo.....	46
5.4.1 Requerimientos edafo-climáticos de <i>J. curcas</i> .....	46
5.4.2 Descripción botánica y taxonómica de <i>J. curcas</i> .....	47
5.4.3 Manejo del cultivo de <i>J. curca</i> .....	49
5.4.4 Asociación de <i>J. curcas</i> con otros cultivos de interés socioeconómico....	52
5.5. Síntesis de la revisión de literatura.....	54
6. Literatura citada.....	55
<b>CAPÍTULO I. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE PIÑÓN (<i>Jatropha curcas</i> L.), EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO</b> .....	64
1.1 Introducción.....	66
1.2 Materiales y métodos.....	69
1.3 Resultados y discusión.....	73
1.4 Conclusiones.....	81
1.6 Literatura citada.....	81
<b>CAPÍTULO II. ACTITUD Y APTITUD DE PRODUCTORES SOBRE LA INTEGRACIÓN DEL PIÑÓN (<i>Jatropha curcas</i> L.), COMO CULTIVO EN LOS AGROECOSISTEMAS DE LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO</b> .....	84
2.1 Introducción.....	86
2.2 Materiales y métodos.....	88
2.3 Resultados.....	91
2.4 Discusión.....	107
2.5 Conclusiones.....	113

2.6 Literatura citada.....	114
<b>CAPÍTULO III. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL CULTIVO DE PIÑÓN (<i>Jatropha curcas</i> L.) EN ASOCIACIÓN Y MONOCULTIVO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL, EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.....</b>	<b>118</b>
3.1 Introducción.....	120
3.2 Materiales y métodos.....	123
3.3 Resultados y discusión.....	127
3.4 Conclusiones.....	159
3.5 Literatura citada.....	160
<b>DISCUSIÓN GENERAL.....</b>	<b>162</b>
1. Zonificación agroecológica para el cultivo de <i>J. curcas</i> en la Región Centro de Chiapas.....	162
2. Actitud y aptitud de los productores de la Región Centro de Chiapas al integrar <i>J. curcas</i> a sus agroecosistemas.....	166
3. Viabilidad financiera del cultivo de <i>J. curcas</i> en la Región Centro de Chiapas, México.....	169
4. Literatura citada.....	172
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>	<b>175</b>
Conclusiones generales.....	176
Recomendaciones generales.....	177
Anexo A.....	180
Anexo B.....	186
Anexo C.....	188

## LISTA DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Requerimientos climáticos de <i>J. curcas</i> , según fuentes bibliográficas	47
Cuadro 2.	Variables agroecológicas para determinar áreas potenciales para el cultivo de <i>Jatropha curcas</i> L. en la Región Centro de Chiapas. Escenario 1: pendiente $\geq 5 \leq 15$ %.....	70
Cuadro 3.	Variables agroecológicas para determinar áreas potenciales para el cultivo de <i>Jatropha curcas</i> L. en la Región Centro de Chiapas. Escenario 2: pendiente $\geq 0 \leq 15$ %.....	70
Cuadro 4.	Estadísticas descriptivas de las principales variables por municipio. n= número de productores entrevistados; Edad y Escolaridad $\pm$ desviación estándar están expresadas en años y años de estudio, respectivamente. Entre paréntesis se presentan los valores mínimos y máximos observados; Tamaño de parcela expresado en ha.....	93
Cuadro 5.	Estructura de las familias por municipio. La variedad sembrada muestra el porcentaje de productores que siembra la variedad indicada y entre paréntesis el valor máximo en ha sembradas por productor. Los cultivos de importancia económica presentan el porcentaje de productores que siembran el cultivo indicado y entre paréntesis el valor máximo de ha sembradas por productor.....	95
Cuadro 6.	Características de los agroecosistemas integrados con piñón en la Región Centro de Chiapas.....	95
Cuadro 7.	Hectáreas que tiene un productor sembradas por cultivo en el total de su parcela. Se presenta el tipo de cultivos asociados y área adicional (pastizal y/o acahual-selva) presente en los agroecosistemas integrados con piñón de ocho municipios de la Región Centro de Chiapas.....	96
Cuadro 8.	Escala de Likert por reactivo y municipio estudiado para la actitud de los productores respecto al piñón.....	100
Cuadro 9.	Escala de Likert por reactivo y municipio de la aptitud (capacidad) que han generado los productores a través de los procesos de capacitación tecnológica.....	102
Cuadro 10.	Escala de Likert por reactivo y municipio de la Región Centro de Chiapas, respecto a la intención de sembrar el piñón.....	105
Cuadro 11.	Parcelas en estudio de la Región Centro de Chiapas.....	124
Cuadro 12.	Sistemas de producción de importancia socio-económica, asociados a piñón ( <i>J. curcas</i> ), riego o temporal, de junio 2008 a mayo 2010, en la Región Centro de Chiapas, México.....	125

Cuadro 13.	Beneficio/costo de la Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas .....	133
Cuadro 14.	Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas....	134
Cuadro 15.	Beneficio/costo de la Parcela 2. Piñón-Sandía (riego)-Cacahuate, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.....	140
Cuadro 16.	Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 2. Piñón-Sandía (riego)-Cacahuate, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.....	143
Cuadro 17.	Beneficio/costo de la Parcela 3. Piñón-Maíz, bajo condiciones de temporal y riego, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	148
Cuadro 18.	Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 3. Piñón-Maíz bajo condiciones de temporal y riego, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	151
Cuadro 19.	Distancia entre surcos, entre plantas, densidad de plantas, número de jornales y producción de piñón y sus cultivos asociados. Junio 2008-Mayo 2010.....	156

## LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Situación problemática de la investigación: Integración de <i>Jatropha curcas</i> L. en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México.....	12
Figura 2.	Marco metodológico de la investigación: Integración de <i>Jatropha curcas</i> L. en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México.....	18
Figura 3.	El problema de investigación en el marco filosófico del pensamiento sistémico.....	26
Figura 4.	El problema de investigación en el marco filosófico del pensamiento complejo.....	28
Figura 5.	División municipal de la Región Centro de Chiapas, México.....	71
Figura 6.	Zonificación agroecológica para el cultivo de <i>J. curcas</i> L. en la Región Centro de Chiapas, México. Escenario 1: pendiente $\geq 5 \leq 15\%$ .....	75
Figura 7.	Zonificación agroecológica para el cultivo de <i>J. curcas</i> L. en la Región Centro de Chiapas, México. Escenario 2: pendiente $\geq 0 \leq 15\%$ .....	78
Figura 8.	Edad de los productores de piñón asociada a escolaridad y tamaño de la parcela, en la Región Centro de Chiapas.....	92
Figura 9.	Tendencia de la actitud de productores en municipios de la Región Centro de Chiapas, para integrar <i>J. curcas</i> en sus agroecosistemas.....	99
Figura 10.	Tendencia de la aptitud de productores en municipios de la Región Centro de Chiapas, para integrar <i>J. curcas</i> en sus agroecosistemas.....	103
Figura 11.	Tendencia positiva y/o negativa de la intención del productor, de seguir sembrando piñón en la Región Centro de Chiapas.....	104
Figura 12.	Actitud de los productores en municipios de la Región Centro de Chiapas, para integrar <i>J. curcas</i> en sus agroecosistemas.....	106
Figura 13.	Aptitud de productores en municipios de la Región Centro de Chiapas, para integrar <i>J. curcas</i> en sus agroecosistemas.....	107
Figura 14.	Intensión de productores en municipios de la Región Centro de Chiapas, para seguir integrando <i>J. curcas</i> en sus agroecosistemas.....	107
Figura 15.	Plano topológico de la Parcela 1. Monocultivo de piñón en sistema de temporal, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	128
Figura 16.	Plano topológico de la Parcela 1. Piñón-Maíz en sistema de temporal, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas. Junio a diciembre de 2009.....	129
Figura 17.	Parcela 1. a). Tipo de suelo arcilloso (28 de agosto de 2009) b). Piñón-Monocultivo, en época de lluvias (26 de agosto de 2009) c). Maíz (dos	131

	hileras) de temporal asociado a Piñón (26 de agosto de 2009) d). Maíz de temporal asociado a Piñón resintiendo la sequía (26 de agosto de 2009) e). Primera cosecha piñón obtenida al 2º año de establecida (10 de enero de 2010) f). Cosecha del maíz de temporal asociado a Piñón (10 de enero de 2010) g). Piñón en época de secano y residuos de cosecha (25 de enero de 2010) h). Respuesta a la poda. Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	
Figura 18.	Plano topológico de la Parcela 2. Monocultivo de piñón en sistema de temporal, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas...	136
Figura 19.	Plano topológico de la Parcela 2. Piñón-Sandía en sistema de riego por cintilla, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas. Febrero a junio de 2008.....	136
Figura 20.	Plano topológico de la Parcela 2. Piñón-Cacahuete en sistema temporal, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas. Julio a diciembre de 2009.....	137
Figura 21.	Parcela 2. a). Sandía asociada a piñón con sistema de riego por cintilla b). Cacahuete asociado a piñón, sistema temporal (28 de septiembre de 2009) c). Piñón-Monocultivo, sistema temporal, época de lluvias (25 de junio de 2010). d). Respuesta a la poda e). Maduración de los frutos f). Insectos asociados al fruto g). Daño por <i>Atta</i> spp.) h). <i>Hipomoea</i> sp. en plantas de piñón. Ej. Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas. ....	138
Figura 22.	Plano topológico de la Parcela 3. Monocultivo de piñón en sistema de temporal y riego, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	144
Figura 23.	Plano topológico de la Parcela 3. Piñón-Maíz en sistema de temporal y riego, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	145
Figura 24.	Parcela 3. a) Paso de rastra después de cosecha de maíz b). Piñón-Maíz Sistema de riego rodado y sin poda, c) Cosecha de piñón, d) Piñón-Maíz con poda de piñón e) Ninfas de chinche gregaria de manchas de colores ( <i>Scutelleridae</i> ; <i>Pachycoris klugii</i> Burmeister) f) Fauna asociada al piñón g). Cosecha de maíz h) Cosecha de piñón en Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.....	147

## INTRODUCCIÓN GENERAL

Los combustibles fósiles son el motor de la economía y desarrollo de casi todos los países del mundo. Históricamente se ha venido dando un aumento en el consumo mundial de combustibles fósiles y particularmente de combustibles líquidos (diesel y gasolina) (De la Vega-Navarro, 1999), y se prevé un pico de consumo alrededor de 100 mil barriles diarios y, para el año 2011 se estima que el consumo mundial de combustibles podrá llegar a los 87.9 millones de barriles diarios, ocasionado principalmente por economías emergentes y pujantes como China, India y EEUU (Agencia Internacional de Energía, 2010). Sin embargo, desde 1995 se ha tornado difícil descubrir y extraer yacimientos grandes de petróleo a bajos costos, lo cual ha propiciado una incertidumbre sobre la disponibilidad de este recurso, y consecuentemente ha ocasionado un alza súbita e histórica en los precios internacionales del petróleo (Campbell, 1997), aunado al estancamiento de la exploración y a la disminución de las reservas mundiales (Barbosa y Domínguez, 2009). Por otro lado, existe la preocupación por el cuidado del medio ambiente, debido al impacto negativo de los hidrocarburos fósiles en el aceleramiento del fenómeno conocido como calentamiento global (Barriga, 2001) que contribuye al cambio climático.

Ante ésta problemática ambiental y crisis energética mundial, diversos países han centrado esfuerzos en la búsqueda de alternativas para producción de bioenergéticos. Entre ellas el desarrollo de plantaciones para la producción de biocombustibles que inició con la producción de bioetanol en Brasil a partir de caña de azúcar, y en Estados Unidos a partir del maíz y quiénes actualmente son los principales productores mundiales (Walter, 2008). En el caso particular de México, a partir de la creación de la Ley de de Bioenergéticos en 2008, se inició

la investigación sobre opciones para la producción de materia prima para biocombustibles (Diario Oficial de la Federación, 2008) y entre las plantas oleaginosas con potencial para la producción de materia prima para biodiesel se encuentran la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.), higuera (*Ricinus communis* L.) y piñón (*Jatropha curcas* L.) (Jones y Miller, 1992).

El piñón (*J. curcas*), se considera una planta multipropósito, con usos medicinales según estudios farmacológicos (Panigrahi *et al.*, 1984 y Marroquín *et al.*, 1997), como cerco vivo (Anzuetto y de Macvean, 2000), para recuperar zonas erosionadas (Achten *et al.*, 2008) y puede ser usada para la captura de carbono, no es un cultivo alimenticio y, puede integrarse a cultivos convencionales. Sin embargo, ha de considerarse la competencia por los recursos: suelo, agua, y espacio, además de que se requiere conocer el manejo agronómico adecuado y sus limitantes como cultivo comercial, aunque puede generar empleos e ingresos adicionales a los productores como planta potencial para extraer aceite que por medio del proceso de transesterificación se obtienen alquil ésteres de ácidos grasos, mejor conocido como biodiesel (Openshaw, 2000; Pramanik, 2003), y se le considera un cultivo económicamente viable por su rendimiento de hasta 2500 L de aceite por hectárea (Martínez, 2007).

En el estado de Chiapas, arbustos de *J. curcas* L., crecen en forma semi-domesticada y los productores le dan manejo de podas para su mantenimiento o para propagar la planta mediante varetas en los cercos vivos como linderos en terrenos, por su fácil propagación asexual y rápido desarrollo, siendo además una planta poco palatable para el ganado. Desde el año 2007, el gobierno de Chiapas ha impulsado el cultivo comercial y extensivo de *J. curcas* como

materia prima para la producción de biocombustibles y se han establecido plantaciones de piñón en monocultivo y asociados a los cultivos locales, incluyendo cultivos básicos como el frijol y el maíz y, según el Instituto de Reversión Productiva y Bioenergéticos (Salim, 2010) existe una superficie aproximada de 10 mil ha aprobadas por el programa PRO-ÁRBOL de la CONAFOR.

Actualmente las plantaciones de *J. curcas*, en el Estado de Chiapas, de mayor edad tienen un promedio de tres años de edad, por lo que aún no existen volúmenes suficientes para la industria y por lo tanto precios de venta, excepto el que se ha dado en el mercado de semillas (\$5.00/kg) para producir plántulas en viveros. Dado que se han establecido tres plantas extractoras de aceite en el estado, una en Tuxtla Gutiérrez y dos en Tapachula (Puerto Chiapas), esto sugiere que la agroindustria estará basada en la colecta de materia prima, posiblemente como el modelo caña de azúcar o el de la higuera y su aceite en Oaxaca, y canalizada a estas plantas para su procesamiento, pero si además se localizan en Puerto Chiapas, muy posiblemente se está pensando en la exportación del producto. Aunque no se define la participación de los productores en el proceso de transformación, sí está definido como proveedor de materia prima a la agroindustria, por lo que es importante considerar su intervención en todo el proceso de la cadena productiva incluyendo la industria y/o su participación en el procesamiento por parte del mismo productor sobretodo en comunidades aisladas. Existen productores que manifiestan la incertidumbre de continuar si la actividad no es rentable, por el desconocimiento de los precios de mercado, aunado al tiempo sin ingresos por ser una planta perenne. Tener la certeza de la viabilidad del proyecto con ganancias para el capital industrial y para el productor, pudiera evitar que *J. curcas* sea un cultivo más y el

productor sea solo un proveedor de materia prima para la industria y una forma de explotación del mismo.

En el contexto de las políticas estatales de Chiapas en materia de bioenergéticos, mismas que impulsan el cultivo extensivo de *J. curcas*, manifiestan la necesidad de que se requiere de información agroecológica local, porque es escasa para las condiciones climatológicas regionales, porque la existente, aun no cubre el conocimiento requerido para atender completamente las necesidades del estado.

Lo anterior sugiere plantear y realizar estudios que permitan generar información técnica y nuevo conocimiento a partir de enfoques teórico-conceptuales, respecto a la inserción de *J. curcas* a los agroecosistemas locales. Es por ello, que la presente investigación, parte del concepto abstracto del análisis y enfoque en agroecosistemas, el cual está constituido por dos elementos fundamentales: *agro* = tierra fuente de producción y *ecosistemas* = complejo natural basado en las relaciones de organismos que dan lugar a ciclajes por materia y energía., Dada esta conceptualización, esta investigación delimita el agroecosistema a nivel parcela del productor y como suprasistema a la Región Centro de Chiapas (Conway, 1987). Lo anterior sugiere analizar estos agroecosistemas a partir de la Teoría General de Sistemas, donde cualquier actividad no puede ser separada en sus elementos y como síntesis es resultado de una totalidad mayor que la suma de sus partes (Ruíz-Rosado, 2006a), e implica analizar las relaciones e interrelaciones (sociales, económicas, ecológicas) que existen entre y dentro de los agroecosistemas. Al abordar estas premisas, el modelo teórico-conceptual con el que se aborda esta investigación es el concepto de agroecosistema, definido por Ruíz-Rosado

(2006a), desde el enfoque de sistemas como: unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación e inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de sus alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo. Ruiz-Rosado (2006b) señala que para tener una visión más cercana a la realidad sobre los agroecosistemas, se requiere de un trabajo transdisciplinario (integración de la uni, multi e inter disciplina, más el conocimiento empírico del productor).

Las teorías y conceptualizaciones anteriormente expuestas, implican la integración de disciplinas reflejadas en la teoría y praxis como la Agroecología, la cual analiza los factores de agua-suelo-sociedad, generando para este caso, información básica que permita concebir propuestas para la inserción de *J. curcas*, con fines bioenergéticos, en áreas potenciales, considerando la percepción del productor y la rentabilidad de su cultivo.

Dado que la dimensión socioeconómica, ambiental y técnico-productiva tiene fundamento y justificación desde la dimensión científica (Bunge, 1966; Chalmers, 1992), las universidades e instituciones de investigación de México, y en particular del estado de Chiapas, han intensificado el interés por realizar estudios sobre la integración de *J. curcas*, como un elemento estratégico para lograr el desarrollo rural en la Región Centro del Estado de Chiapas (Valero-Padilla, 2010).

Con base en lo anterior, el presente estudio se realizó para responder a la pregunta de investigación: ¿Cuál es el potencial de inserción del piñón *J. curcas* en agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas, considerando la dimensión ambiental, socio-económica, y técnico-

productiva? Para responder a este cuestionamiento, en esta tesis se analizan los componentes edafo-climáticos, tecnológicos, sociales y económicos, para contar con información básica y científica sobre la inserción del cultivo de *J. curcas* a los agroecosistemas establecidos y tradicionalmente cultivados en la Región Centro del Estado de Chiapas.

En este sentido, esta investigación analiza los factores edafoclimáticos locales y determina las áreas potenciales que satisfacen los requerimientos agroecológicos para establecer el cultivo de *J. curcas* L. Asimismo, se analiza la aptitud tecnológica y actitud de los productores para determinar el conocimiento y percepción de los productores sobre el establecimiento del cultivo de *J. curcas* asociado a los cultivos de importancia socioeconómica. Finalmente se analiza la rentabilidad financiera a partir del conocimiento del productor, para principalmente conocer las utilidades cuando se integra *J. curcas* a agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas.

Con lo anterior, se generó información básica e importante sobre la inserción de *J. curcas* como cultivo, mediante el objetivo general de esta investigación: Conocer la integración del piñón (*J. curcas* L.), en agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas como materia prima para la producción de biodiesel, en función de la zonificación agroecológica, actitud de los productores, aptitud tecnológica agroforestal y, viabilidad económica del cultivo.

## **1. Planteamiento del problema**

Los expertos en energía hace mucho tiempo que han reconocido que la producción mundial de petróleo llegará algún día a un momento máximo de producción diaria, seguido de una caída cada vez más brusca de suministro. Los resultados serán altos precios permanentes, intensa competición internacional por los suministros disponibles, y escasez periódica causada por tensiones políticas y sociales en los países productores. Algo alarmante es que el cenit de la producción petrolera ocurrirá pronto, (alrededor del año 2030); sin embargo, la ONU indica que hay suficiente petróleo bajo el suelo (PNUD, 2002; PNUD *et al.*, 2004). El problema del petróleo no sólo es un asunto energético; sino también de la producción masiva de alimentos, viviendas y medicinas que depende del petróleo para su producción o desarrollo, más aún, el manejo ambiental.

Las consecuencias de las modificaciones de los precios reales del petróleo crudo en el crecimiento de la economía mexicana se están abordando desde tres conjuntos de relaciones: 1) las que se producen directamente en la economía mexicana por las mayores exportaciones, ingresos, gasto público e inversión; 2) los efectos, por lo general negativos, que se producen por los mayores precios del crudo en las economías importadoras netas de hidrocarburos con las cuales se tienen intercambios comerciales (fundamentalmente países a los cuales México orienta las exportaciones de bienes y servicios), como Estados Unidos; y 3) la transmisión de los efectos mencionados en la economía estadounidense a la mexicana como resultado de esas modificaciones en las cotizaciones del crudo (Alarco, 2006).

La quema de combustibles fósiles es la principal fuente de contaminación atmosférica por Vanadio a nivel mundial. El efecto principal de ello, es el calentamiento global, cuyo tema central es el cambio climático, propiciado por la alta producción de CO<sub>2</sub>. Se estima que el calentamiento global provocará efectos significativos en los ecosistemas, con extinciones masivas de especies que no podrán adaptarse al rápido cambio del clima, y con migraciones en otros casos. Para el ser humano las consecuencias serán múltiples, principalmente aquellas relacionadas con la salud. La elevación del nivel de los océanos se estima será de entre 15 a 95 cm en promedio tan solo en un siglo. Esto implicará catástrofes para las poblaciones costeras, habitantes de islas y en deltas. El cambio de las actuales zonas de cultivos será desplazado hacia nuevas áreas, principalmente hacia los polos, lo cual conllevará a una redistribución geoeconómica y geopolítica de los cultivos e industrias asociadas. Paralelamente zonas actualmente húmedas y fértiles podrán desertificarse (Tommasino y Foladori, 2001).

La mayor parte de la investigación científica que se ha realizado sobre el cambio climático ha sido compilada y analizada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, que es un grupo de más de 2,000 científicos organizado en 1988 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y por la Organización Meteorológica Mundial. Su primer informe confirmó la seriedad del problema y aportó los fundamentos científicos para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Su segundo informe, publicado en 1996, concluyó que existe una influencia humana discernible sobre el sistema climático que está magnificando el efecto de invernadero natural. Los esfuerzos para prevenir estas amenazas requerirán la reducción de las emisiones de dióxido de

carbono, metano, óxido nitroso y de otros gases de efecto de invernadero generados por las actividades humanas (Gómez-Echeverri, 2002).

En México, según la Secretaría de Energía (2007), existe la necesidad de buscar fuentes alternativas de energía debido a la reducción paulatina de las reservas de petróleo en el país y a nivel mundial. Aspecto que ha resultado entre otras, en una baja oferta en el mercado internacional y la elevación de los precios internacionales a niveles históricos. A su vez el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, indica: “que el uso de combustibles fósiles y tecnologías industriales atrasadas, el cambio de uso del suelo y la destrucción de millones de hectáreas forestales están provocando un aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera y según la Secretaría de Energía (2007), menciona que de acuerdo con estimaciones de la comunidad científica, se requiere un esfuerzo global para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> ya que podrían generar una variación de la temperatura de entre 1.1 y 6.4 °C. Entre las posibles consecuencias del calentamiento global están: la elevación de la temperatura de los océanos, desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones, entre otros.

En México, en el Programa Sectorial de Energía 2007-2012, en el Objetivo III.2, se establece: Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente viables y señala que “la utilización de fuentes renovables de energía puede reducir parcialmente la presión sobre los recursos naturales, particularmente causada por los combustibles fósiles, y disminuir proporcionalmente la contaminación, así

como aumentar el valor agregado de las actividades económicas” (Secretaría de Energía, 2007). Sin embargo, no se especifica sobre qué recursos naturales: agua, suelo, clima o biota y si el valor agregado será para el industrial, el productor o, el consumidor y aún dista mucho por conocer los resultados derivados por el uso de los biocombustibles, particularmente en el país, aunque a nivel internacional se tienen casos muy conocidos sobre el uso de bioetanol a base de Maíz en Estados Unidos y a base de Caña de Azúcar en Brasil y, un proyecto sin resultados satisfactorios por situaciones diversas el de *J. curcas* en Nicaragua (Pérez *et al.*, 2008).

Ante esta problemática y el planteamiento hecho sobre el uso de biocombustibles, actualmente se ha planteado como una de estas opciones el cultivo del piñón (*J. curcas* L.) como biomasa para biodiesel. *J. curcas* es un arbusto característico que se le puede encontrar en las regiones tropicales de México, particularmente en Chiapas y según De la Vega (2007) ha demostrado ser un cultivo económicamente viable por su aceptable rendimiento en biodiesel y se plantea que podría contribuir en la mejora de los ingresos en áreas rurales, además de generar fuentes de empleo.

Se han realizado diversas investigaciones sobre *J. curcas* (Foidl *et al.*, 1996; Azam *et al.*, 2005; Achten *et al.*, 2008; Maes *et al.*, 2009; Achten *et al.*, 2010, por citar algunos) y existen pocas publicaciones acerca de esta planta en México (Ovando *et al.*, 2009; Martínez *et al.*, 2010, entre otros) y, en Chiapas es aún incipiente, aunque existen instituciones de gobierno, universidades e institutos que se encuentran desarrollando programas de asesoría y capacitación e investigación, sobre *J. curcas*, debido a que en la actualidad ya se integra a los

agroecosistemas de importancia socioeconómica en el estado de Chiapas y particularmente en la Región Centro de Chiapas, México.

Sin embargo, en un estudio realizado por Valero *et al.* (2011), en Chiapas, reporta que existe una falla en el arranque del proyecto de biocombustibles por el estado, debido que éste no cuenta con los medios suficientes para que los agricultores adopten nuevas tecnologías, aunque estén dispuestos porque: 1) prevalece una información escasa, 2) los costos para obtener la información son muy altos, 3) la nueva tecnología es muy compleja, 4) el mantenimiento es costoso, 5) hay una alta demanda de mano de obra, 6) los horizontes de planeación son muy cortos, 7) se tiene carencia de subsidios o equipo, 8) hay ausencia de redes de asistencia local y 9) existe poco o ningún control sobre la decisión de adopción. Estas condiciones hacen imposible superar los obstáculos creados por los inadecuados programas privados y públicos de créditos y las equivocadas políticas de precios que vuelven inaccesibles los insumos agrícolas y maquinaria.

Este planteamiento del problema (Figura 1), desde la dimensión económica, tecnológica y ambiental, sobre los combustibles fósiles y la búsqueda de nuevas opciones, entre ellas la de los biocombustibles líquidos, como el biodiesel a través de plantas como *J. curcas* por su ventaja de no ser una planta alimenticia, permite reconocer que existe conocimiento insuficiente sobre el sistema producto piñón a nivel local, a pesar de que el proyecto fomentado por el gobierno estatal se inició desde el 2007, y se ha planteado su impulso a nivel comercial en 10 000 ha en el estado de Chiapas, de ellas 4 950 ha en la Región Centro de Chiapas, lo que sugiere realizar estudios sobre la integración de *J. curcas* como un

componente de los agroecosistemas, para el desarrollo de una agricultura sustentable en la región central del estado de Chiapas, justificación que motivó el diseño y planeación de esta investigación, y aportar conocimiento técnico y científico, para los tomadores de decisiones que fomentan que el cultivo de esta planta sea un impulsor en el desarrollo local y regional.

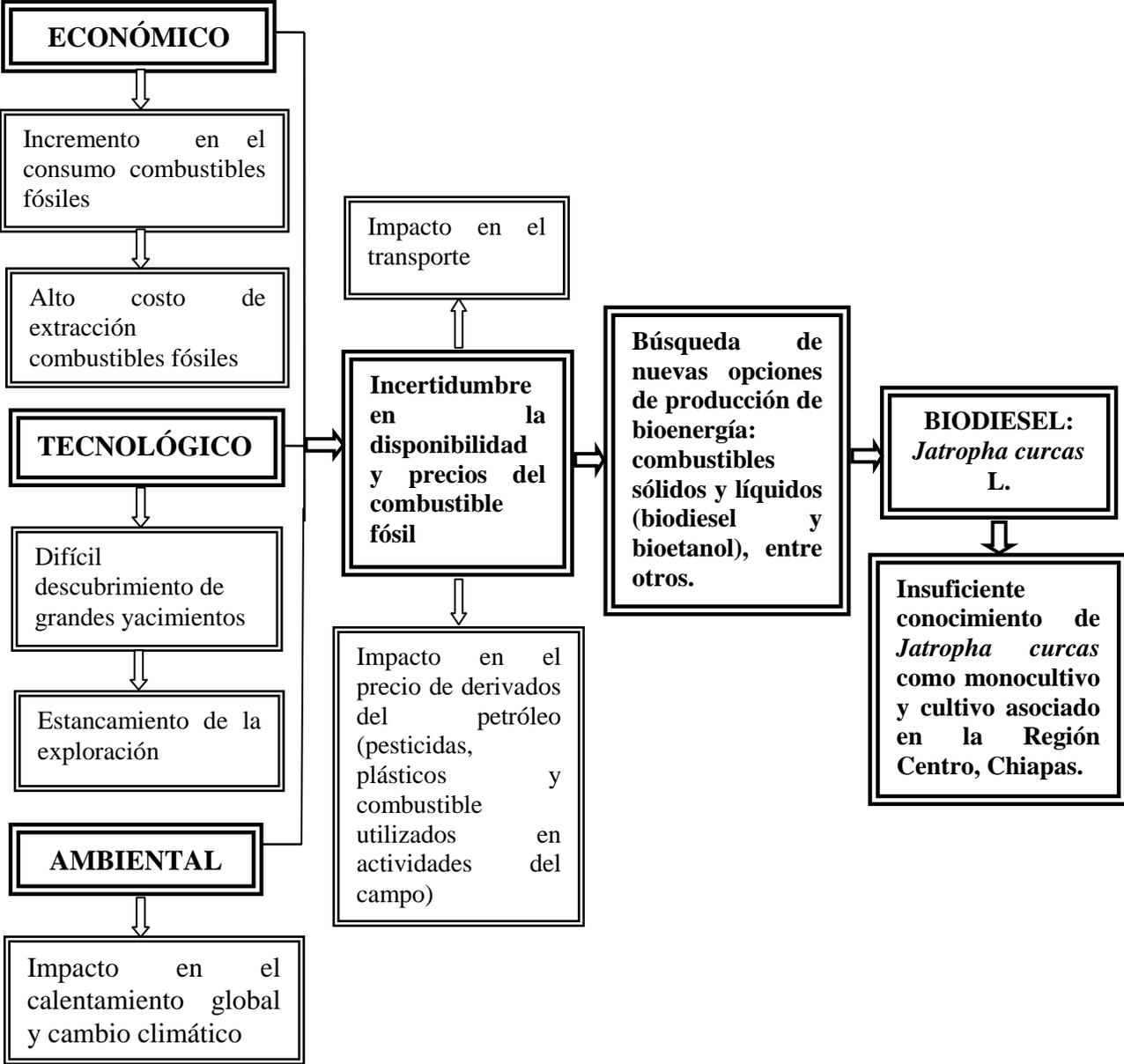


Figura 1. Situación problemática de la investigación: Integración de *Jatropha curcas* L. en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México.

## **2. Objetivos**

### **2.1 General**

Conocer la integración del piñón (*J. curcas* L.) en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, en función de la: zonificación agroecológica, actitud de los productores y aptitud tecnológica agroforestal y, viabilidad económica del cultivo de piñón.

### **2.2 Específicos**

- Determinar la zonificación agroecológica del cultivo de *J. curcas* L., en la Región Centro de Chiapas.
- Conocer la actitud de los productores hacia el cultivo de *J. curcas* L., asociado a otros cultivos en los agroecosistemas en la región de estudio.
- Conocer la aptitud tecnológica agroforestal de los productores de *J. curcas* L., en la Región Central de Chiapas.
- Evaluar el potencial económico de inserción del cultivo de *J. curcas* L., asociado a maíz, cacahuete y sandía en agroecosistemas de la región de estudio.

### **3. Hipótesis**

#### **3.1 General**

Existe integración del piñón (*J. curcas* L.) en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, en función de: zonificación agroecológica, actitud de los productores y aptitud tecnológica agroforestal y, viabilidad económica del cultivo de piñón.

#### **3.2 Particulares**

- H1. La Región Centro de Chiapas posee zonas de potencial agroecológico para el cultivo de *J. curcas* L., como materia prima para biodiesel, en un 50% de la superficie agrícola.
- H2. Los productores de la Región Centro de Chiapas, tienen una actitud favorable para el cultivo de *J. curcas* L., asociada a otros cultivos, como materia prima para biodiesel.
- H3. Los productores de la Región Central de Chiapas, poseen aptitud tecnológica agroforestal para la producción de *J. curcas* L., como materia prima para biodiesel.
- H4. *J. curcas* L. asociado a maíz, tiene un mayor potencial económico en contraste con su asociación a cacahuate y sandía, en la región de estudio.

#### 4. Marco metodológico

Para determinar la Inserción de *J. curcas* L. (Figura 2) en agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas, se consideraron los componentes ecológico, social, tecnológico y económico y se usó la función  $IJ=f(ZA, ACT, ATA, PE)$ , donde: IJ=Integración del cultivo de *J. curcas* L., ZA=Zonificación Agroecológica, ACT=Actitud del productor, ATA=Aptitud Tecnológica Agroforestal del productor y, PE=Potencial Económico de *J. curcas* y se seleccionó como área de estudio la región centro, por ser una de las regiones prioritarias para el gobierno del estado de Chiapas donde se está impulsando el cultivo comercial de *J. curcas*.

Para determinar la ZA=Zonificación Agroecológica y satisfacer la Hipótesis 1, que establece: la Región Centro de Chiapas posee zonas de potencial agroecológico para el cultivo de *J. curcas* L., como materia prima para la producción de biodiesel, en un 50% de la superficie agrícola; inicialmente se recopilaron los requerimientos de *J. curcas*: temperatura, precipitación, altura sobre el nivel del mar y pendiente, considerados como variables agroecológicas (considerando que no se contaba con información del área de estudio sobre otras variables que definen las áreas potenciales como la erosión hídrica y profundidad de suelo). Además, para la zonificación se generó una base de datos con información geográfica, usando registros estadísticos de temperatura y precipitación (1961-2003), Modelos Digitales de Elevación a escala 1:50000 y cobertura del uso de suelo 1:250000, procesados en el software *ArcView GIS 3.2*®. Las áreas potenciales se determinaron en dos escenarios: 1) pendiente:  $\geq 5 \leq 15$  (%), descartando suelos planos que son áreas adecuadas para cultivos básicos y 2) pendiente:  $0 \leq 15$  (%), donde se incluyen, ambos a una escala 1:50000.

Para conocer la ACT=Actitud del productor, se estableció la Hipótesis 2 donde se establece que los productores de la Región Centro de Chiapas, tienen una actitud favorable para el cultivo de *J. curcas* L., asociada a otros cultivos, como materia prima para la producción de biodiesel, y para determinar la ATA=Aptitud Tecnológica Agroforestal, se planteó la Hipótesis 3, y establece que los productores de la Región Central de Chiapas, poseen aptitud tecnológica agroforestal para la producción de *J. curcas* L., como materia prima para la producción de biodiesel. Para lograr los objetivos que respondieran a estas dos hipótesis se aplicó la técnica de encuesta, y como instrumento un cuestionario, y se usó la escala Likert. Se determinó el tamaño de muestra y se aplicaron 133 cuestionarios a productores de piñón de localidades del municipio de Cintalapa, Jiquipilas, Chicoasén, San Fernando, Ocozocuahtla, Chiapa de Corzo, Acala e Ixtapa, durante el año de 2009. Para el análisis de datos, se aplicó una estadística descriptiva, análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) para determinar diferencias estadísticas.

Finalmente para satisfacer la Hipótesis 4. *J. curcas* L. asociado a maíz, tiene un mayor potencial económico en contraste con su asociación a cacahuete y sandía en la región de estudio. Se eligieron tres parcelas de *J. curcas*, sembradas en ciclos de monocultivo y asociados, dos en Chiapa de Corzo y una en Cintalapa de Figueroa y cada 15 días de 2008-2010, se les dio seguimiento en campo y se aplicó una encuesta a los tres productores cooperantes. Se realizó la evaluación financiera y se determinó el C/B, TIR, VAN y un análisis de sensibilidad para cada parcela en estudio.

En función de lo anterior, esta tesis se estructuró bajo la modalidad de publicaciones, que contiene una Introducción General y está conformada de tres capítulos que dan respuesta a las hipótesis planteadas y a sus respectivos objetivos: Capítulo I. Zonificación agroecológica para el cultivo del piñón (*Jatropha curcas* L.) en la Región Centro de Chiapas, México; Capítulo II. Actitud y aptitud de productores sobre la integración del piñón (*Jatropha curcas* L.) como cultivo en los agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas; y Capítulo III. Evaluación financiera del cultivo de piñón (*Jatropha curcas* L.) en asociación y monocultivo, para la producción de biodiesel, en la Región Centro de Chiapas, México y finalmente se encuentra: Discusión y Conclusiones Generales y, Recomendaciones.

## **5. Revisión de literatura**

### **5.1 Marco teórico**

Una de las problemáticas que se reconocen en la producción extensiva e intensiva de los cultivos y entre ellos podría ser la del piñón (*J. curcas* L.) como bioenergético, son los cambios relacionados al uso de suelo, erosión hídrica y sobre la biodiversidad (Wourten *et al.*, 2007). Asimismo puede generar impactos sociales por la venta y renta de tierras para sustituir los cultivos básicos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria regional (Ovando *et al.*, 2009). Esta problemática contribuye a otras contradicciones que tienen relación con el desarrollo económico, seguridad energética, seguridad alimentaria y cambio climático. Aquí se expone el marco teórico en el que se sustenta la propuesta para analizar la integración de *J. curcas* como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México.

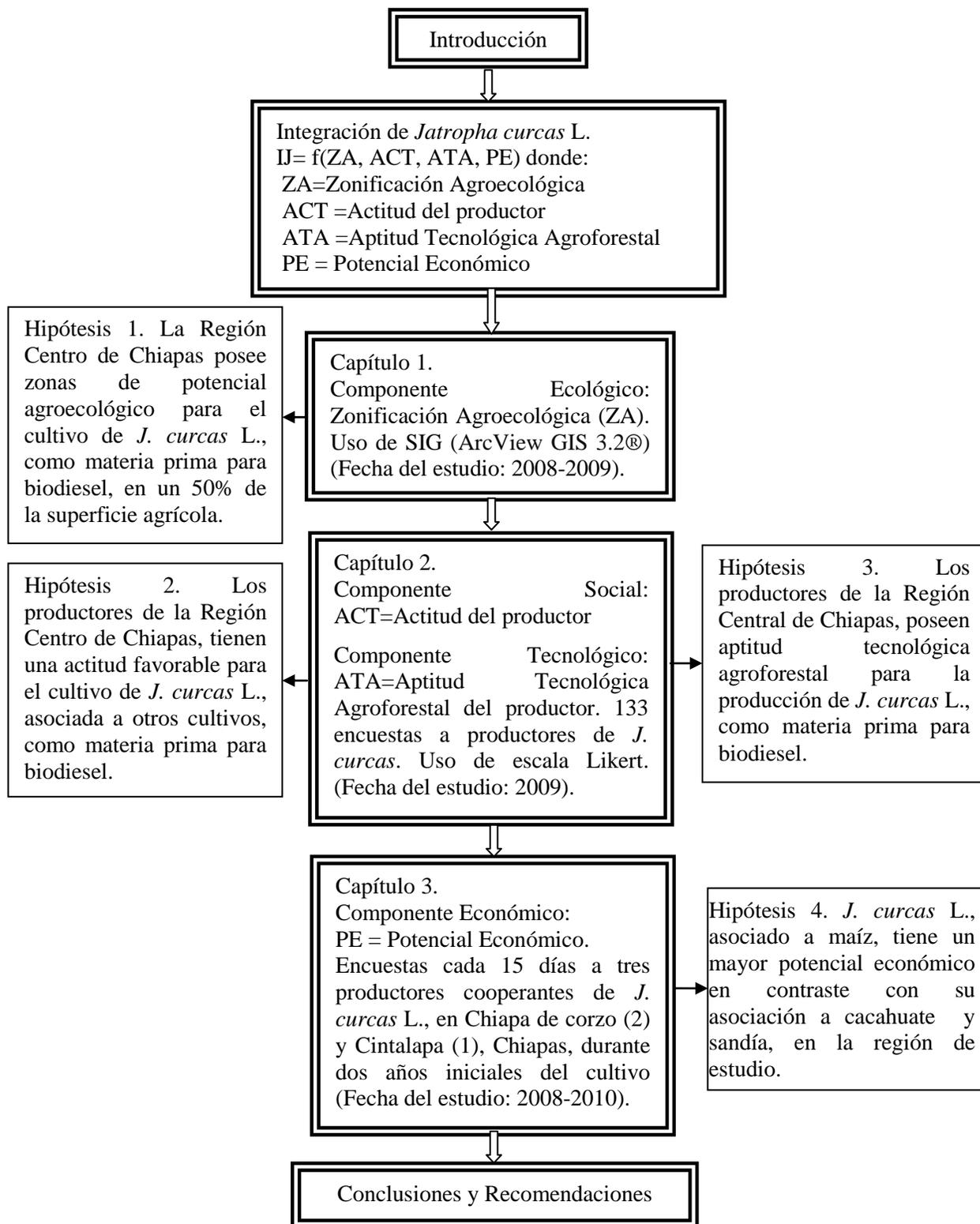


Figura 2. Marco metodológico de la investigación: Integración de *Jatropha curcas* L. en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, México.

En este sentido, se abordan de manera sistémica las relaciones de la Teoría del Pensamiento Complejo, el Enfoque de Sistemas, la Teoría General de Sistemas, derivando de este último el concepto de agroecosistemas y haciendo énfasis en el uso de los métodos cuantitativos y cualitativos. Asimismo, el problema de esta investigación se plasma en un diagrama dentro del marco filosófico del pensamiento sistémico (Figura 3) y complejo (Figura 4).

### **5.1.1 Teoría de sistemas y enfoque en agroecosistemas**

Actualmente en el estado de Chiapas se desarrolla un proyecto puesto en marcha por el gobierno del estado en el 2007, mediante la extinta Comisión de Bioenergéticos y Energías Alternas y hoy por el Instituto de Reconversión Productiva y Biocombustibles (IRPBIO) y, asociaciones civiles que la conforman cerca de 3 000 socios en el estado y 10 000 ha establecidas, cuyo objetivo es cultivar *J. curcas*, como biomasa para biodiesel. En la región centro de Chiapas se encuentran sembradas cerca de 4 950 ha con *J. curcas* en variadas condiciones edafoclimáticas y de opciones de cultivo (como monocultivo, cerco vivo y asociado con cultivos básicos como maíz, frijol, cacahuate, sandía, entre otros). Aunque el cultivo se ha fomentado a escala comercial y en la actualidad las plantaciones de mayor edad ya tienen tres años de edad, se ha encontrado que existe conocimiento insuficiente del cultivo del piñón como cultivo, y menos sobre la cadena productiva del piñón. En este sentido, se requiere de estudios transdisciplinarios, sobre la integración de *J. curcas*, que permitan generar estrategias para el desarrollo de una agricultura sustentable en la Región Centro de Chiapas.

El estudio de los agroecosistemas exige un enfoque holístico y sistémico que permita abordar la problemática en sus diferentes dimensiones: ambiental, técnico-productivo y socio-económico. El enfoque de sistemas se integra como un paradigma dada la necesidad de considerar el aporte de diversas ciencias y disciplinas para conocer y actuar en el desarrollo agrícola, como una forma de analizar y entender el sistema en su totalidad, en lugar de analizar porciones desarticuladas y optimizar la eficiencia del sistema en su totalidad (Gigch, 1990).

Bajo este enfoque y planteamiento estructural funcionalista surgió la Teoría General de Sistemas (TGS) con los trabajos de Von Bertalanffy, quien definió al sistema como un complejo abierto que importa y exporta material, energía e información, que puede alcanzar un estado firme dependiente de los intercambios continuos con su medio, y ser termodinámicamente diferente; crea o mantiene un alto grado de orden cuyos límites son definidos como entradas o salidas, como un grupo de componentes que se relacionan (Checkland, 1999).

El trabajo de investigación está apoyado en la TGS, reforzada en las ideas de Wilhelman (Gigch, 1990): “si el todo es la suma de las partes”, “el todo es más que la suma de las partes”, “el todo determina la naturaleza de las partes”, “las partes no pueden comprenderse si se consideran de forma aislada del todo”, “las partes están dinámicamente relacionadas o son interdependientes”. Resulta necesario considerar las premisas básicas en la que la TGS se fundamenta de acuerdo a Chiavenato (1997): “los sistemas existen dentro de sistemas”, “los sistemas son abiertos” y “la función de un sistema depende de su estructura”. Al contextualizar esto, los agroecosistemas en estudio (sistema inferior) existen dentro de

sistemas de mayor orden en la Región Centro de Chiapas; son sistemas abiertos porque sus componentes interactúan con otros componentes de los demás agroecosistemas; en cuanto a su función, esta es definida por la estructura del agroecosistema, es decir, por los componentes tecnológicos, ambientales, sociales y económicos que inciden sobre ellos.

Al abordar estas premisas, el modelo teórico-conceptual con el que se aborda esta investigación es el de los agroecosistemas, definido por Ruiz-Rosado (2006a), desde el enfoque de sistemas como: unidad física donde se desarrolla la actividad agrícola, pecuaria, forestal, acuícola o su combinación e inciden los factores económicos, sociales y ecológicos para la obtención de sus alimentos y otros satisfactores que la sociedad demanda a través del tiempo. También señalado por Ruiz-Rosado (2006b), como un ecosistema modificado por el *H. sapiens* para la obtención de alimentos y otros derivados, quien además indica que la Agroecología (definida como una actitud y un enfoque de producción de alimentos y otros satisfactores para el ser humano, otros seres vivos o procesos, de tal forma que con el manejo dado a los recursos utilizados se procura minimizar o eliminar los efectos negativos sobre el ambiente y la sociedad a la cual satisfacen a través del tiempo) se enfrenta a la complejidad de la extensión o limitaciones del concepto, siendo que las interacciones sociales, económicas y ecológicas son complejas y además, de que deben incluirse las interacciones que ocurren en los diferentes niveles jerárquicos que incluye a los agroecosistemas. Asimismo, propone que para tener una visión más cercana a la realidad sobre un agroecosistema, se requiere de una visión transdisciplinaria. Además es importante considerar que los agroecosistemas tienen propiedades emergentes como: productividad, estabilidad, sustentabilidad y equidad (Conway, 1985, 1987) y autonomía según Marten (1988).

En este sentido, en los agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas, se asume que el productor es quien opera (controlador) el funcionamiento del sistema para alcanzar sus objetivos y metas; además, que los agroecosistemas interactúan con otros sistemas de diferente nivel jerárquico, acorde a lo que se menciona en los sistemas agrícolas basados en la “Teoría General de Sistemas” (Hart, 1985; Conway y Barbier 1990; Trebil, 1990). Para abordar el estudio de los agroecosistemas existen corrientes de pensamiento para el análisis de agroecosistemas (Conway 1985), análisis de sistemas agrarios (Trebil, 1990) y el enfoque en agroecosistemas (Ruiz-Rosado, 1995).

Con la fundamentación anterior, los agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas deben abordarse a partir de una visión holística, porque en él se conjugan elementos desde la dimensión técnico-productiva, ambiental y socio-económica, influenciados por una sociedad cambiante con posibilidades de lograr un desarrollo sustentable.

Es por ello que para responder a la problemática: falta de estudios de la integración de *J. curcas* en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, por el desconocimiento de la cadena productiva del cultivo de piñón y la consecuente pregunta de investigación: ¿Cuál es el potencial de integración de *J. curcas* en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas?, fue necesario considerar las dimensiones técnico-productiva, ambiental y socioeconómica que inciden en los agroecosistemas de la Región Centro del Estado de Chiapas, así como el diseño de una función que incluyera el estudio de los componentes agroecológicos, tecnológicos, sociales y económicos del agroecosistema.

La función se diseñó de la siguiente manera:

$$IJ = f(ZA, ACT, ATA, EF)$$

IJ = Integración del cultivo de piñón, en función de: elemento agroecológico, determinar la Zonificación Agroecológica (ZA)=f[Temperatura media (X1), precipitación (X2), altura sobre el nivel del mar (X3) y pendiente del suelo (X4)]. Dentro del componente social se estableció conocer la percepción como: Actitud de los productores con la función ACT=f[Conocimiento generacional (X5), Conocimiento técnico(X6), Origen de la semilla (X7), Asociación del cultivo (X8) y Aceptación del cultivo (X9)]. Como componente tecnológico fue la Aptitud Tecnológica Agroforestal con la función ATA= f[Capacitación (X10), Organización (X11), Financiamiento (X12), Manejo agronómico (X13) y Nivel tecnológico (X14)], y para el componente económico, el Potencial económico mediante la función: EF=f[Evaluación Financiera (X15)].

El proceso teórico metodológico de esta investigación y su interpretación, se caracterizaron por poseer una connotación de complejidad, la cual se esquematiza en la Figura 3. Es necesario considerar que el objeto de estudio, lo constituyen los agroecosistemas de la Región Centro del Estado de Chiapas. En el año de 2007 se inició la propuesta de esta investigación, a partir del establecimiento del cultivo del piñón para la producción de materia prima para biodiesel, en el cual existió entradas y salidas de energía al agroecosistema, como se enlista a continuación:

a) Dimensión técnico-productiva. En ésta, destacan elementos como: información: capacitación, asesoría técnica, introducción de germoplasma (semillas de piñón de la India en el año 2007), lo que sugiere la presencia de plagas y enfermedades, la ausencia de enemigos naturales de éstas plagas y enfermedades, lo que puede justificar el uso de agroquímicos en las plantaciones de *J. curcas*. Como salida de energía, inició en el año 2008, un ensayo de la cosecha de semillas y que se espera se establezca en el 2012 ó 2013, para su uso como materia prima para biocombustibles, generando en su momento un mercado de biomasa como principal producto y también subproductos propios de la cosecha, que necesitan detoxificarse por la concentración principalmente de ésteres de forbol. Además, es necesario que exista una estabilidad del sistema campo-industria que le permita sustentabilidad a la actividad productiva del piñón.

b) Dimensión ambiental. Para poder tener acceso a los apoyos autorizados de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), existe un proceso de evaluación, aprobación y seguimiento, sin embargo en sus inicio los productores sembraron en diversos tipos de terrenos y también en suelos aparentemente de buena calidad, en sistemas de temporal y riego, asociado a otros cultivos de importancia económica y en monocultivo, lo que sugiere como entrada al sistema, un cambio de uso de suelo en la región de estudio, además del aprovechamiento y competencia por uso de agua y suelo e ingreso de insectos-plaga, enfermedades y malezas, por la introducción de semilla de piñón de la India, teniendo como salida de energía: competitividad (agua y tierra), cambio de uso de suelo, pérdida de la biodiversidad, erosión del suelo, deforestación y, contaminación por el uso de agroquímicos.

c) Dimensión socio-económica. Como parte del proceso productivo de los agroecosistemas, ingresó energía en mano de obra familiar y asalariada, capital de inversión en equipos y aperos de labranza, herramientas, animales de tiro y compra de insumos y, como salidas de energía, posiblemente el cultivo de *J. curcas* si no se asocia a cultivos básicos, exista un desplazamiento de cultivos básicos, que de entrada al cuestionando sobre la seguridad alimentaria y energética.

### **5.1.2 Pensamiento complejo**

A partir del estudio de la Cibernética, la Teoría de los Sistemas, la Teoría de la Información, la Física Cuántica, la Termodinámica, la Auto-organización de la Biología y el Orden mediante el Ruido, Edgar Morín, construye el nuevo paradigma de la Complejidad, punto fundamental para la creación del método del Pensamiento Complejo, con la idea central de la transformación del saber hacer, interdisciplinario y transdisciplinario y propone la modificación del pensamiento ordinario a un pensamiento complejo de los fenómenos. Según Morín (2006), el pensamiento complejo se fundamenta en tres principios para pensar en la complejidad: a) Dialógico, que permite mantener la dualidad en el seno de la unidad, b) Recursividad organizacional, demuestra cómo los individuos tienen capacidad de organizarse, lo cual es la causa de la lucha social (causas-efectos-causas), y c) Hologramático, considera que no solo la parte está en el todo, sino que el todo está en la parte.

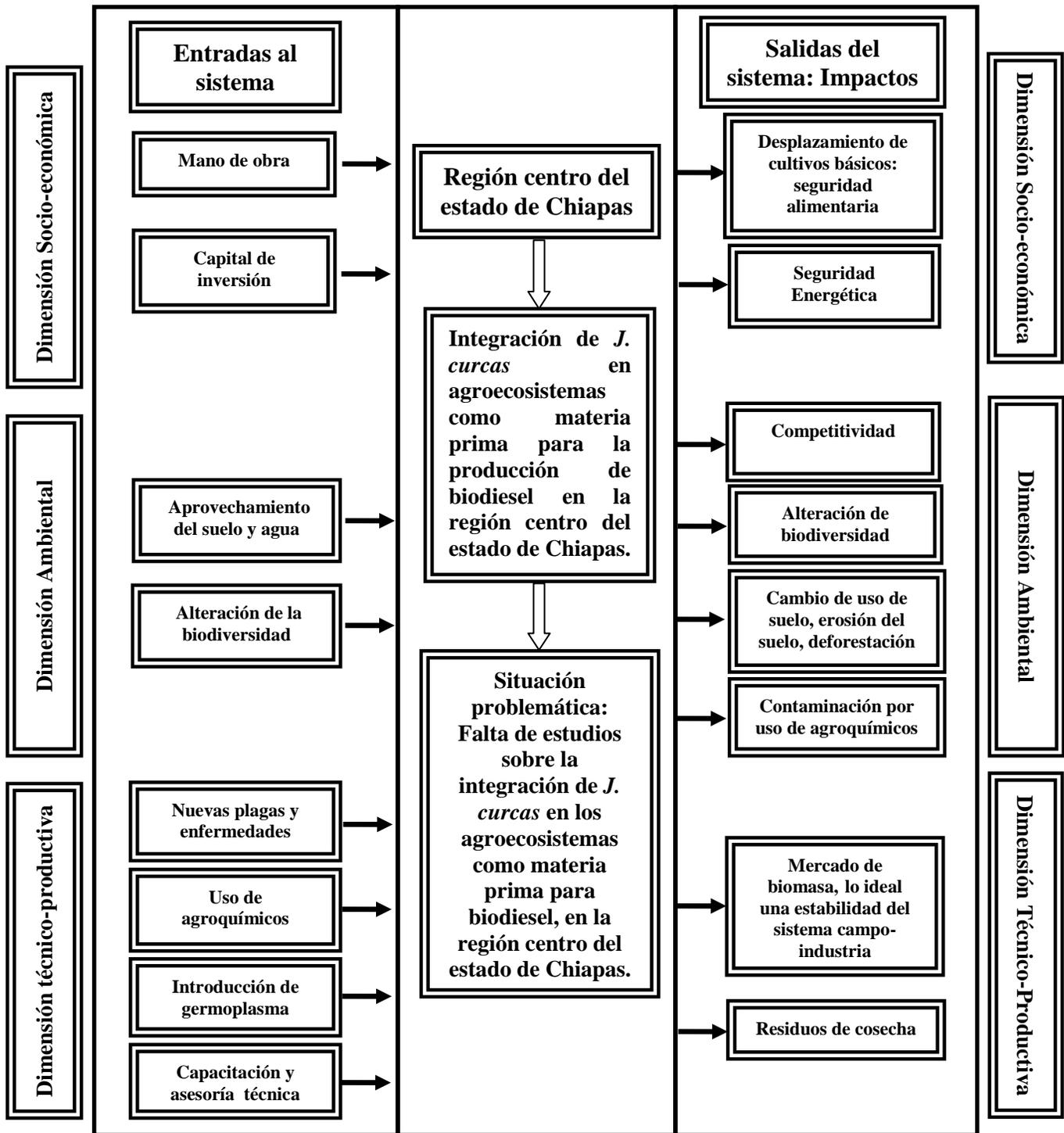


Figura 3. El problema de investigación en el marco de pensamiento sistémico.

Ante la problemática detectada en la dimensión científica: falta de estudios sobre la integración de *J. curcas*, esta investigación se abordó de forma transdisciplinaria. Es decir, se integraron disciplinas como la Agroecología, Ecología, Agronomía, Economía, Sociología y Administración y a su vez se ha generado conocimiento en la Agroecología como una interdisciplina que permite extraer conocimiento agroecológico, derivado de la cosmovisión de los productores, ejemplo: asociación de cultivos como estrategia para obtener ingresos mientras *J. curcas*, alcanza su óptimo de edad, por ser una planta perenne y, además conocer las áreas potenciales mediante una zonificación agroecológica; la Agronomía, al generar información sobre el manejo agronómico del cultivo de *J. curcas*; la Socio-economía, para conocer la percepción (actitud y aptitud) de los productores en la inserción de *J. curcas* en sus cultivos; en la Economía, realizando el estudio sobre el análisis financiero del cultivo; la Administración, formando recursos humanos y, administrando los recursos económicos y de infraestructura. Esta generación de conocimiento seguramente retroalimentará a las disciplinas que aportan conocimiento al agroecosistema y que se enmarcan en la Figura 4.

### **5.1.3 El paradigma de la investigación: un análisis de los métodos cuantitativo y cualitativo**

Esta propuesta de análisis tiene un enfoque integral, donde los paradigmas y enfoques, mediante los métodos cuantitativos y cualitativos no se excluyen si no que se complementan.

El método cuantitativo. Su marco filosófico general es el positivismo, neopositivismo y postpositivismo.

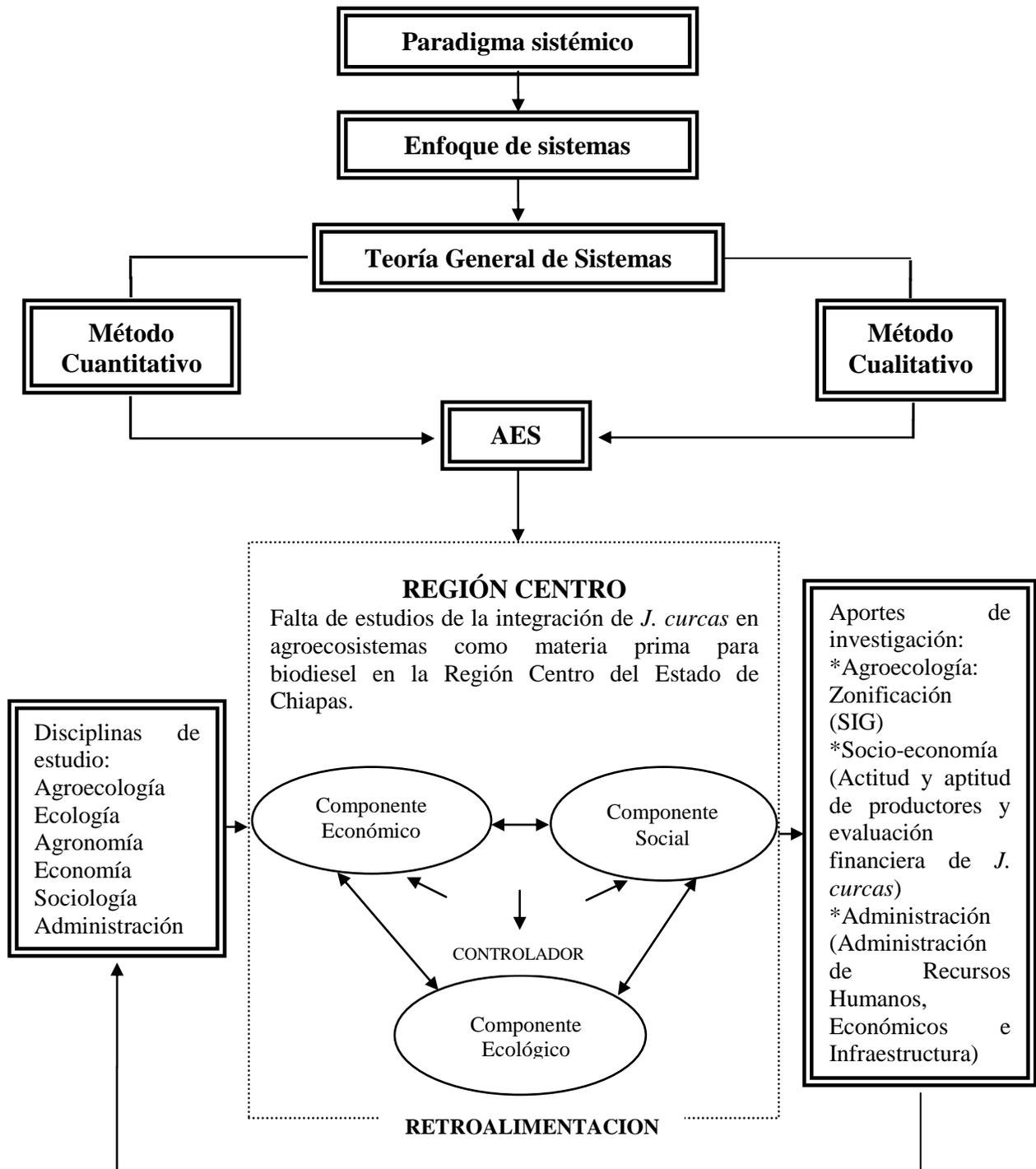


Figura 4. El problema de investigación en el marco filosófico del pensamiento complejo.

Dado que hay una realidad objetiva única que son los datos agroecológicos usados en la determinación de la zonificación, mediante el uso de valores puntuales de promedios de temperatura, precipitación, altura sobre el nivel del mar y pendiente y datos para conocer el potencial de inserción de *J. curcas*, de parcelas convenidas con productores cooperantes, se realizó un análisis de los datos de forma cuantitativa orientado al resultado, con explicaciones causa-efecto, con uso de la estadística, asimismo se describió e infirió, bajo los valores principales como la objetividad, rigor y confiabilidad y escritos en un lenguaje impersonal, tal como se describen las características del método (Vera y Villalón, 2005).

El método cualitativo. Su marco filosófico general es la fenomenología, constructivismo, naturalismo e interpretacionismo. Su objetivo es la comprensión de la realidad, construye el conocimiento (la realidad se construye del conjunto de interpretaciones (la de los participantes, la del investigador o investigadores), tiene una flexibilidad metodológica (utiliza técnicas e instrumentos que capten particularidad y complejidad, la observación y entrevistas, con los productores (Conway, 1985; Conway, 1994; Edwards *et al.*, 1993). Debido al planteamiento de conocer la percepción (actitud y aptitud) de los productores sobre la integración de *J. curcas* en sus cultivos, se obtuvieron datos a través de un cuestionario mediante encuestas dirigidas a productores, características de este método.

Según Kerlinger y Lee (2002), la aptitud puede definirse como la capacidad de los actores involucrados para afrontar el cambio y la actitud como la disposición organizada a pensar, percibir y comportarse hacia un referente u objeto cognitivo. Este método permite realidades subjetivas que varían en su forma y contenido entre individuos y colectividades. El problema

puede plantearse de manera abierta y flexible, no es delimitado ni acotado: la teoría no se fundamenta en estudios anteriores, se construye a partir de los datos empíricos observados y analizados, orientado al proceso, es un método observacional, sin control de las variables implicadas, uso limitado de la estadística, la perspectiva es interna: el investigador involucra sus antecedentes, experiencias y relación con otros participantes en el análisis. Los principales valores son la credibilidad, la confirmación, valoración y transferencia y el resultado no se puede generalizar, es específico en el conocimiento de la aptitud y actitud de los productores de la Región Centro de Chiapas.

## **5.2 La producción de bioenergéticos a nivel mundial y en México**

En el contexto de los biocombustibles a nivel internacional existen diferencias en el nivel de desarrollo que explican la desigual distribución del consumo de energía, destacando el predominio de Países Desarrollados agrupados en la OCDE, especialmente EEUU y Europa, como consecuencia de un estilo de crecimiento intensivo en el consumo de energía, que no siempre los más consumidores son los que la producen. Lo anterior permite entender la relevancia del tema de los biocombustibles, además de las motivaciones: energética, ambiental y ligadas al desarrollo agrícola. A continuación se describen siguiendo lo expuesto por Pistonesi *et al.* (2008):

### **a) Motivación energética**

La dinámica de la demanda mundial de petróleo se explica fundamentalmente por el crecimiento del consumo en el transporte, existiendo dudas u opiniones contrapuestas sobre la duración de las reservas comprobadas a nivel mundial y en particular con relación a la

producción anual máxima que podrían aportar dichas reservas. Según Bustelo (2005), la creciente demanda de petróleo por parte de China está alterando de manera significativa la geopolítica internacional de la energía, especialmente en Asia-Pacífico. La evolución reciente y las previsiones de crecimiento del consumo y de incremento de las importaciones de petróleo (sobre todo desde Oriente Medio) han generado una profunda preocupación entre los dirigentes de diferentes países sobre la seguridad energética.

Lo anterior implica un incremento de la dependencia del petróleo importado, por parte de los países desarrollados (EEUU, Europa, Japón), economías emergentes (China, India) y países en desarrollo no productores de petróleo, ya que los excedentes para abastecer los faltantes de petróleo están localizados principalmente en América Latina (Venezuela y México), en los países del medio Oriente y Rusia (Pistonesi *et al.*, 2008). Esta respuesta está adoptando formas múltiples, entre las que destacan la voluntad de aumentar la seguridad y la fiabilidad de las importaciones de petróleo, mediante la búsqueda de nuevas fuentes de suministro y el control de las compras y de las rutas de transporte, y el deseo de impulsar a toda costa la producción nacional (Bustelo, 2005).

Desde mediados de 1980 comenzó a funcionar el mercado financiero de títulos petroleros y el precio se caracterizó por su volatilidad. Es decir sin motivos estrictamente vinculados a la evolución de las reservas, de la producción, del consumo y de la variación de existencias, el comportamiento de los precios del petróleo muestra en el corto plazo oscilaciones hacia el alza o hacia la baja con un comportamiento similar al de los títulos que se negocian en las bolsas de comercio (Pistonesi *et al.*, 2008). Una consecuencia, particularmente importante en

América Latina, es la intensificación de la exploración y explotación de hidrocarburos, que tienen impactos directos e indirectos en el medio ambiente y las condiciones de vida de las poblaciones locales, situación que no viene desprovista de conflictos en términos energéticos (Fontaine, 2007). Además de otros hechos vinculados a la industria petrolera como la falta de inversiones, el impulso consumidor de países emergentes, y la escasez de crudos (McDonald *et al.*, 2006). En este contexto, las motivaciones energéticas para impulsar los programas de biocombustibles radican esencialmente en garantizar la seguridad de abastecimiento, disminuir la dependencia respecto de importaciones de petróleo desde regiones potencialmente conflictivas y en atenuar los impactos de precios internacionales con alta volatilidad y con marcada incertidumbre respecto de su evolución futura (Galeano, 2010).

#### **b) Motivación ambiental**

Los argumentos de carácter ambiental se vinculan fundamentalmente con la necesidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al cambio climático. Así, la sustitución de los combustibles fósiles por biocombustibles en el transporte va en línea con los compromisos asumidos en el marco del Protocolo de Kioto (Naciones Unidas, 1998) en la medida que contribuirían a la reducción de las emisiones GEI (Pistonosi *et al.*, 2008) y también conllevará a una nueva ronda de negociaciones que pueden producir acuerdos novedosos de espectros más amplios y durables y que aborden aspectos valiosos, especialmente el uso de mecanismos flexibles para reducir emisiones de la manera más corta y efectiva; sin embargo, se necesitaran nuevos enfoques para movilizar a un mayor número de países tanto desarrollados como en desarrollo para que participen activamente contribuyendo de manera justa, equitativa y oportuna a la mitigación de GEI (Martínez y Fernández, 2004).

Las normativas ambientales vigentes en la Unión Europea y en los Estados Unidos, agregan argumentos adicionales que favorecen el uso de los biocombustibles. Por ejemplo, en Estados Unidos de América se plantea la sustitución del Éter metil ter-butílico (MTBE) como aditivo para la oxigenación de la gasolina, con efecto contaminante sobre las aguas, por el Etil ter-butil éter (ETBE) lo que implica favorecer al bioetanol como sustituto de oxigenación de la gasolina. En el caso de la UE, las limitaciones sobre contenido de azufre en el diesel también tienden a favorecer la incorporación del biodiesel con contenidos muy bajos de ese componente (Bautista-Ramírez, 2011).

En contra parte, se ha discutido acerca de la producción de agrocombustibles, puesto que con el aumento del rendimiento o productividad de los cultivos para biodiesel lo que se pretende es “cosechar energía” por sus altos costos de insumos de energía no renovable. Es decir, se requiere energía para transformar los ecosistemas en agroecosistemas o rediseñar agroecosistemas. Más aun, el modelo agrícola moderno, intensivo y altamente productivo, se basa en el uso de elevadas cantidades de insumos derivados del petróleo (energía cultural), en forma de aportes directos de combustibles e indirectos para la producción de agroquímicos, fertilizantes, maquinaria y semillas (Flores y Sarandon, 2003). En algunos sistemas, la proporción de energía renovable representa solo un 7 a 16% de la energía primaria total utilizada, mostrando la alta dependencia de energía no renovable de los modelos intensivos de agricultura (Gronroos *et al.*, 2006).

De cualquier modo, atendiendo a los volúmenes de combustibles fósiles que se consumen y demandan en los países desarrollados, y a la baja disponibilidad de tierras para cultivos

competitivos (UE, Japón), se abre un mercado potencial de dimensiones considerables para el comercio internacional de biocombustibles. Básicamente Argentina y Brasil son los grandes exportadores de productos agrícolas que tienen condiciones de expandir su oferta para ampliar exportaciones de biocombustibles. Los dos cultivos con potencial productivo son la caña de azúcar para el etanol, y la soya para biodiesel. La situación más ventajosa se encuentra por el lado del etanol, dado que la soya no es un cultivo de alta calidad energética, contrario a la caña de azúcar. Las negociaciones no han progresado, por la gran dificultad de los países desarrollados en bajar las barreras arancelarias para los productos agrícolas competitivos de países en desarrollo. Al tener que bajar alguna de esas barreras por cuenta de las presiones internacionales, los países desarrollados buscan compensación en las barreras de nuevos productos agrícolas tales como los biocombustibles (Furtado, 2009).

A pesar de las motivaciones ambientales, aún existe discusión de los beneficios reales de los biocombustibles sobre el medio ambiente, considerando los impactos a lo largo de toda la cadena productiva, incluyendo sus posibles efectos contaminantes sobre los recursos naturales (suelos, agua) o el grado de responsabilidad sobre la deforestación o la reducción de la biodiversidad.

### **c) Motivaciones ligadas al desarrollo agrícola**

Este tema plantea una reflexión sobre la realidad y perspectivas de los biocombustibles, como vectores de seguridad alimentaria y de desarrollo territorial y surgen las siguientes preguntas: ¿qué papel se da a los biocombustibles en las políticas públicas para asegurar la alimentación humana?, ¿cómo emergen desde intereses y políticas agrícolas y se insertan en políticas

energéticas?, ¿cómo compiten en los mercados nacional e internacional?, ¿qué actores participan en el sector?, ¿cómo se posicionan los grupos oligopólicos agro-industriales y energéticos?; desde lo productivo, ¿cómo se organiza la producción desde el insumo hasta el consumo?, ¿qué grado de sustentabilidad tiene esa producción?, desde lo espacial y social, ¿qué beneficios encuentran los pequeños productores? o ¿cómo impactan los biocombustibles en los territorios productivos?

En este sentido, los biocombustibles abren nuevas oportunidades para el desarrollo agrícola. Los productores y exportadores de los países en desarrollo, ubicados en zonas cálidas y con potencial para obtener biocombustibles a partir de cultivos competitivos, en comparación con precios del petróleo, tienen una oportunidad para aprovechar las mejoras de precios de sus materias primas, promocionar los biocombustibles y de esa forma reducir importaciones o elevar las exportaciones de biodiesel. Sin embargo, se deben considerar los riesgos, relacionados con el deterioro de las tierras, el uso del agua, el cambio en el uso de la tierra que podría afectar la oferta alimentaria, la concentración de la propiedad y exclusión de los pequeños y medianos productores y el efecto negativo sobre la biodiversidad (UNEP, 2008).

Existe preocupación mundial y nacional por el agotamiento de las reservas petroleras, ya que las diferentes actividades productivas de la sociedad dependen en gran parte de los derivados del petróleo; es por ello que existe la necesidad de buscar opciones tecnológicas viables y sustentables, para obtener energías alternativas y biocombustibles sin afectar drásticamente la base de los recursos naturales (Firbank, 2008), suelo y agua, ni la seguridad alimentaria vía competencia alimentos, tierra de labor, capital y mano de obra.

Para desarrollar el proyecto a nivel nacional, precisamente en la Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos en México, se especifica el quehacer de cada una de las instituciones involucradas para el fomento y desarrollo de los biocombustibles. La SAGARPA impulsará la producción de insumos para los bioenergéticos sin poner en riesgo la seguridad y la soberanía alimentaria; mientras que la Secretaría de Energía impulsará el desarrollo y comercialización de los bioenergéticos, su introducción al mercado y establecerá las normas oficiales mexicanas para definir las mezclas de etanol y biodiesel, como componentes de la gasolina y el diesel y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), establecerá los lineamientos sobre el medio ambiente y evitará el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola para la producción de bioenergéticos (Diario Oficial de la Federación, 2008).

En Chiapas, una de las opciones a corto plazo, son los cultivos como fuente de biomasa para producir biodiesel, entre ellas el piñón (*J. curcas*). Al respecto, el Gobierno del Estado de Chiapas, en el año de 2007, a través de la Comisión de Bioenergéticos y después Instituto de Bioenergéticos y Energías Alternativas del Estado de Chiapas inició el proyecto de biocombustibles particularmente con *J. curcas* L. y *Ricinus communis* L., plantas que según han demostrado tener altos contenidos de aceites y por tanto alto rendimiento en la producción de biodiesel. En la actualidad el Instituto de Reversión Productiva y Bioenergéticos, atiende entre otros cultivos a *J. curcas*, además, de la organización de productores de piñón que integran la Unión de Sociedades Bioenergéticas de Chiapas que agrupa a Sociedades Bioenergéticas Municipales. Sin embargo, a nivel nacional y en el Estado de Chiapas, aún son

escasas las investigaciones realizadas sobre el cultivo de *J. curcas* y su inserción en los agroecosistemas locales, particularmente de la Región Centro de Chiapas.

De aquí la importancia de investigar a *J. curcas* como componente en agroecosistemas regionales, debido a la contribución que la investigación puede tener en generar información básica, de ser cierto que puede ser una opción económica viable por su rendimiento en biodiesel, de hasta el 50 % de contenido de aceite; y que puede ser una posibilidad de mejora de los ingresos en comunidades rurales; además de generar fuentes de empleo, considerando que *J. curcas* es un arbusto característico de las regiones tropicales de México y particularmente de Chiapas y que por su fomento es indispensable implementar acciones para su uso sustentable (Valero *et al.*, 2011).

En el actual gobierno de Chiapas se le ha dado impulso al Proyecto Mesoamericano de Biocombustibles para implementar esquemas de producción energética descentralizada que apoyen la reactivación de las economías locales y ha fortalecido la cadena productiva desde el establecimiento de viveros, la posible siembra de más de 10 mil hectáreas de piñón (*Jatropha curcas*), la extracción de aceite, la elaboración de biodiesel y su uso en el transporte público en Tuxtla Gutiérrez y Tapachula; así como la creación del Centro de Investigación y Tecnología en Producción de Biocombustibles. Existen tres plantas extractoras de aceite, una planta en Puerto Chiapas, con capacidad de 20 mil litros y otra de ocho mil litros diarios y en Tuxtla Gutiérrez, una con capacidad de dos mil litros diarios. Además la Administración y Servicios Auxiliares (ASA), está planteando utilizar este tipo de productos para la aviación comercial a partir del año 2015, con el uso de bioturbosina, y según, esto permitirá dar certeza

a más de tres mil campesinos que están interesados en el cultivo, como una alternativa comercial (Victorio, 2010). Cabe señalar que apenas se está estableciendo la infraestructura, y aún el mercado no está desarrollado por falta de materia prima y esto por la edad de las plantaciones que oscilan entre 1 a 3 años y que solo han tenido ensayos de producción.

### **5.3 Ventajas y desventajas de los biocombustibles: un análisis integral**

Los biocombustibles como fuente energética presentan numerosas ventajas desde el punto de vista socio-económico y ambiental. En primer lugar, el aprovechamiento sustentable de la bioenergía permite crear una relación entre los sectores agrícola-forestal, energético e industrial, ambiental y social. Por otro lado, debido al suministro descentralizado de los combustibles biomásicos, se puede promover el desarrollo sustentable a través de la creación de fuentes de trabajo e inversiones en el medio rural, considerando que la bioenergía genera de 2 a 4 veces más fuentes de trabajo por unidad de energía que los combustibles fósiles (Masera, 2006).

Las ventajas del uso de energías limpias es que puede permitir una independencia energética y superar la volatilidad de los precios internacionales de los combustibles fósiles; además de la ventaja de contribuir a la mitigación del cambio climático. Los biocombustibles podrían contribuir a mitigar el cambio climático, ya que no generaría emisiones netas de CO<sub>2</sub> comparado con el diesel. De acuerdo al informe denominado “Revolución Energética Global, Perspectiva Mundial de la Energía Sostenible”, para el 2050, las energías renovables, junto con el uso inteligente de éstas, podrán contribuir a aportar la mitad de la demanda energética del mundo. Este informe, demuestra la viabilidad económica y técnica de un recorte de casi un

50% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> durante los próximos 43 años (Greenpeace Internacional-European Renewable Energy Council, 2007).

Existe la necesidad de generar un proyecto integrador y consensado entre gobiernos sobre el uso y producción sustentable de bioenergía, que derive en mitigar el cambio climático, la construcción de una infraestructura energética, nuevos lineamientos en la política a aplicar y el desarrollo de una tecnología de vanguardia. Aunque actualmente existen varias iniciativas internacionales para la promoción de la bioenergía, ya que países como Brasil, China, Estados Unidos y la Unión Europea, entre otros, tienen programas ambiciosos para incentivar el uso de esta fuente energética, mismos que los han llevado a ser líderes en el desarrollo tecnológico en el área. En Brasil por ejemplo, 10 millones de vehículos utilizan etanol producido con caña de azúcar como combustible único o como aditivo. En China, 272 millones de hogares rurales y pequeños establecimientos comerciales cuentan con estufas eficientes de leña (Maser, 2006). Además que varias de las aplicaciones tecnológicas de la bioenergía son competitivas en el mercado. Pero en la mayoría de los casos se necesita el apoyo del sector público dados los precios actuales de los combustibles fósiles y, el costo elevado de inversión inicial de las tecnologías bioenergéticas y, las barreras institucionales para su desarrollo social y tecnológico.

Una desventaja de los biocombustibles es una creciente demanda de tierra para satisfacer los volúmenes de producción necesitados por la población en incremento constante. Al respecto, Russi (2008), argumenta que para sustituir el 5.75 % de la energía utilizada para el transporte en el 2010 en Italia, equivaldría a utilizar cerca de un tercio de las tierras agrícolas del país. A

su vez Masera (2006), reporta que el uso de la bioenergía en gran escala requiere de grandes extensiones de tierra, lo cual puede significar una competencia con la tierra dedicada a la producción de alimentos. Siendo una de las alternativas las plantaciones bioenergéticas multipropósito o aprovechamiento de residuos agrícolas, pecuarios y forestales, los cuales no tienen uso como alimentos o forraje.

Por lo anterior, se requiere diseñar e instrumentar estrategias, que promuevan un desarrollo rural sustentable en sinergia con la seguridad energética y seguridad alimentaria mundial, siempre y cuando se tuviera como objetivo explícito el de no afectar la seguridad alimentaria. Para ello, es necesario desarrollar el campo de los biocombustibles con un enfoque integral y sustentable, fomentar la investigación y el perfeccionamiento tecnológico e impulsar el desarrollo de mercados, además de contar con un fortalecimiento institucional,

Una pregunta obligada en el tema de los biocombustibles es: ¿El incremento en la producción de biocombustibles puede poner en riesgo la seguridad alimentaria y aumentar los precios de los alimentos? Esto podría ser cierto y presentar desventajas si se sustituyen las tierras destinadas a la siembra de cultivos alimenticios por la de cultivos para la producción de biocombustibles, o si se reemplaza el objetivo original de esos cultivos y se usan para la producción de biocombustibles o agravarse con el posible acaparamiento de tierras destinadas para este fin. Porque aunque se demuestre que la producción de biocombustibles -de segunda generación-, no compiten con los alimentos. Éstos demandarán recursos como tierra y agua, necesarios para producir alimentos, con el consecuente uso de insumos (plaguicidas y

fertilizantes principalmente) y de energía fósil para las actividades del campo (tractor, riego, entre otros).

Las estimaciones recientes reportan un incremento en el número de pobres en 100 millones (Banco Mundial) y de hambrientos en mil doscientos millones a nivel mundial (FAO, 2001). Solo en América Latina y el Caribe, los últimos datos de CEPAL indican que aún existen 209 millones de personas que viven en condiciones de pobreza (un 40 % de la población) y 81 millones en pobreza extrema (15.4 %), sin acceso a una canasta básica alimentaria. Por otro lado, recientemente la FAO ha reajustado recientemente sus estadísticas de subnutrición mundiales, incorporando nuevos estándares de medición de la OMS. Al respecto, el Banco Mundial, ha informado que la crisis alimentaria dejó seis millones más de hambrientos en el 2007 y 47 millones de personas (8.6 %) pobres que viven con menos de un dólar al día (FAO, 2008a).

Sin embargo, la misma FAO (2008b), reporta la existencia de suficientes alimentos para mantener a la población mundial, de una sobreproducción de alimentos y señala que el reto es la accesibilidad a ellos, ya que la especulación y la inequitativa distribución de los mismos son los retos principales. Esto ocurre en gran parte por el alza a los precios internacionales de los alimentos. Solo de enero a diciembre del 2007, los precios de los alimentarios mundiales tuvieron un incremento casi en un 40 %, estimándose que los precios de los alimentos seguirán al alza en los próximos diez años. El incremento en la demanda de alimentos se debe a dos grandes economías emergentes (India y China), una menor producción debido a desastres naturales ligados al cambio climático, el elevado precio del petróleo, el costo del

transporte de alimentos y de los fertilizantes, las bajas reservas alimentarias y un mayor consumo de carne y productos lácteos en países desarrollados, todo esto ha impactado directamente sobre los precios y disponibilidad de los alimentos en todo el mundo. Es decir, aspectos que no necesariamente tienen que ver con la producción de bioenergéticos son los causantes de la crisis alimentaria mundial. Aunque el Banco Mundial (Mitchell, 2008) indica que el 65 % de los incrementos en los precios de los alimentos se debe a los biocombustibles y a factores relacionados con el rápido aumento y demanda de materias primas para los biocombustibles, particularmente los de primera generación basados en granos alimenticios. En Chiapas aún no existen resultados que indiquen una relación de incremento de los precios de los alimentos debido a los biocombustibles, porque los de primera generación basado en granos alimenticios como el maíz no se tiene considerado para tal fin, pero que podría estar relacionado con el desplazamiento del cultivo si existen, primero, materia prima suficiente y segundo que los precios sean atractivos para los productores, situación que aún no se define, y que la actitud y aptitud podrían depender de los precios o apoyos gubernamentales que reciba el mismo productor, incluso que siembren con altos insumos en áreas no potenciales, pero que finalmente pueda generarles utilidades.

Por ello, la integración de la agricultura y los sectores de la energía causada por el desarrollo del mercado de los biocarburantes implica un nuevo período de la política alimentaria y el desarrollo sostenible, porque el mercado de los productos básicos agrícolas podrían experimentar un aumento sostenido de los precios, rompiendo el letargo de los bajos precios, de los que se han beneficiado los consumidores de alimentos en todo el mundo. Es decir, se

requiere de políticas globales y de medidas urgentes para evitar que los efectos adversos a corto plazo del alza de precios alimentarios, afecten a los más pobres (FAO, 2008b).

En consecuencia, si aparecen cultivos que generan mayores ingresos a los productores, estos orientarán sus esfuerzos a esos cultivos, siendo necesario pagar precios justos a los productores rurales por sus productos. Por lo que es importante la planificación a través de diagnósticos, estudios de zonificación, hacer énfasis en materia de legislación y aplicación de políticas claras para evitar la destrucción de reservas naturales, uso de tierras aptas para cultivos alimenticios, principalmente los cultivos básicos, establecer una regulación para mantener un equilibrio entre la cantidad producto destinada al consumo alimenticio y la orientada a la producción bioenergética, con el fin de evitar poner en riesgo la seguridad alimentaria nacional. Lo que comenta Masera (2006) es que se pueden generar empleos, ingresos e inversiones en el medio rural, proveer servicios ambientales, incluyendo el control de la erosión del suelo, la regulación del ciclo hidrológico y la protección de hábitats para la fauna silvestre.

Ciertamente que los precios de algunos alimentos han aumentado en los últimos años, como es el caso del maíz, debido a una mayor demanda para utilizarlo en la producción de etanol, ya que sólo en Estados Unidos se destinan 35 de los 295 millones de toneladas cosechadas de maíz para producir etanol y las nuevas legislaciones apuntan a triplicar la producción de maíz con este fin para el año 2012 (Best *et al.*, 2006). Sin embargo, también han contribuido factores como las enfermedades de los cultivos, las condiciones climáticas y las políticas gubernamentales, ya que la ley de la oferta y demanda puede regular el mercado, con su

consecuente disminución de precios. En este sentido, es importante proponer políticas apropiadas que permitan distribuir los ingresos equitativamente en toda la cadena de producción, sin favorecer la creación de oligopolios, promoviendo una mayor inserción del sector social. Además, es importante considerar que el incremento en los precios del petróleo ha repercutido en encarecer los insumos para la producción agrícola y que el incremento de la demanda de granos por países muy poblados como China e India han influido en el incremento de los precios, por lo que es primordial deliberar y poner en la balanza que tanto los biocombustibles han contribuido sin ser el principal motivo a la falta de seguridad alimentaria.

Los biocombustibles son productos energéticos derivados de biomasa de origen agropecuario, forestal, agroindustrial o desechos orgánicos y su transformación en biogás, bioetanol y biodiesel, según lo estipulado en la Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos (Diario Oficial de la Federación, 2008). Un biocombustible de amplio uso actual es el etanol, producido a partir de maíz y caña de azúcar, principalmente, cuya producción encabezan Estados Unidos de América y Brasil. En el año 2006 se produjeron 51 mil millones de litros de etanol, el 36 % de éste a base de maíz en los EEUU y un 33 % a base de caña de azúcar en Brasil, lo que significa un incremento del 8 % más en su producción respecto al año 2005. Se espera que la demanda de etanol mundial continúe creciendo y supere los 70 mil millones de litros para el año 2010 (SAGARPA, 2007). Otros cultivos empleados en la producción de etanol son remolacha y sorgo dulce.

El otro biocombustible es el biodiesel; este se define como un mono alquiléster, principalmente metiléster de cadena larga de ácidos grasos derivados de aceites vegetales y grasa animal (Kale, 2005). En su mayoría se obtienen de cultivos oleaginosos como colza, soya y girasol y se estima que su producción mundial en los próximos tres años se incrementará en aproximadamente 30 %. Europa tiene el 90 % del mercado mundial del biodiesel, donde Alemania ocupa el primer lugar en demanda y producción de éste a base de canola (Álvarez-Maciel, 2009).

Otra pregunta a responder es ¿Cómo implementar un desarrollo sustentable de la bioenergía? Desde el punto de vista económico, el incentivar tecnologías de vanguardia que favorezcan actividades de bajo impacto ambiental, promover la innovación y la productividad de los sistemas, el desarrollo de los sistemas-producto, con énfasis en la permanencia de los cultivos básicos, o de uso tradicional, mediante modelos de asociación de cultivos, implementando esquemas de comercio equitativo para productores de la materia prima y comercializadores. Desde la dimensión social, luchar por la equidad de beneficios e inserción social, sin exclusión de pequeños productores y de tierras con diferente potencial productivo y de ingresos justos para los productores. En el aspecto ambiental, considerar el menor efecto sobre el ambiente, los recursos tierra y agua, en la biodiversidad, una mitigación real del cambio climático y adopción de buenas prácticas agrícolas, entre ellas uso de abonos orgánicos, manejo integrado de plagas, asociación de cultivos, entre otros.

Respecto a la legislación se debe considerar y optimizar las opciones de políticas mundiales en materia de producción de biocombustibles, es necesario considerar bases agroecológicas

que fortalezcan los procesos productivos, desde el marco legal, hasta la distribución equitativa de los beneficios tanto económicos, como de bienestar alimentario y ambiental, considerando la sustentabilidad en la producción de los bioenergéticos. También es necesario que los involucrados en los procesos de la cadena productiva sean eficientes en la producción de las materias primas y que la industria de la transformación pueda ampliar sus mercados y desarrollar tecnologías para aumentar la producción con calidad y, coadyuvar en la seguridad energética, alimentaria y ambiental, con un compromiso sustentable de la industria de los bioenergéticos.

#### **5.4 El piñón (*J. curcas* L.) y su cultivo**

##### **5.4.1 Requerimientos edafo-climáticos de *J. curcas***

De acuerdo a la literatura reportada (Cuadro 1), existen diversas cantidades reportadas respecto a los requerimientos de la planta de *J. curcas*, aunque esta crece tanto en suelos productivos, como pobres y arenosos, en climas tropicales y semi-tropicales, se le utiliza como cerco vivo, y para reforestar zonas erosionadas (Achten *et al.*, 2008; Maes *et al.*, 2009). Este último menciona que además *J. curcas*, muestra una fuerte tolerancia a la sequía, y que la planta soporta heladas leves de corta duración, mientras la temperatura no se presente por debajo de 0 °C. A su vez, De la Vega (2006), reporta que los suelos deben ser arenosos, ventilados, y regularmente bien drenados, con un pH entre 5 y 7, y con fertilidad media a escasa y con profundidad mínima de 60 centímetros.

Cuadro 1. Requerimientos climáticos del piñón (*J. curcas* L.), según fuentes bibliográficas

Requerimientos climáticos	Cantidades	Autor (es)
Temperatura (°C)	18-28	CATIE (2008)
	19.3-27.2	Heller (1996)
	20-28	Achten <i>et al.</i> (2008)
Precipitación (mm)	600-1 200	CATIE (2008)
	900-1 200	Foidl <i>et al.</i> (1996)
	300-1 800	De la Vega (2006)
Altitud (msnm)	0-1 600	Achten <i>et al.</i> (2008)
	0-1 300	Maes <i>et al.</i> (2008)
	0-1 200	De la Vega (2006), Gour (2006)
Pendiente (%)	No mayor a 30	Tewari <i>et al.</i> (2007)

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.2 Descripción botánica y taxonómica de *J. curcas*

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

Los integrantes del género *Jatropha* son principalmente pequeños arbustos que presentan una gran variación morfológica. Un género muy cercano a *Jatropha* es *Cnidoscolus* y durante

mucho tiempo sus especies formaron parte de *Jatropha*; actualmente se considera un género aparte, el cual se diferencia de *Jatropha* por poseer flores blanquecinas a verdosas, sin pétalos, y por llevar pelos urticantes sobre sus tallos, hojas y flores. Sus semillas poseen entre 35 y 38% de aceite (Font, 2003).

En México, a *J. curcas* comúnmente se le denomina piñón, piñoncillo o pistache mexicano y existen ecotipos denominadas como “no tóxicas”, y “tóxicas”, siendo los ésteres de forbol los principales compuestos que le confieren la toxicidad que han sido identificados tanto en las hojas como en las semillas. Además de antimetabolitos como los inhibidores de la tripsina, fitatos y saponinas. Esta especie pertenece a la familia Euphorbiaceae y existe en forma domesticada tanto en el viejo mundo, como en el Neotrópico (Jiménez y Martínez, 1994), aunque con muchas lagunas de información. Se considera que el centro de origen del género *Jatropha* es la región Mesoamericana (Heller, 1996) y que durante la época del colonialismo europeo fue introducido a África y el Sur de Asia. El género *Jatropha* está constituido por casi 170 especies, de las cuales 66 son nativas del viejo mundo (Dehgan y Webster, 1979). Según Miranda (1975), es un arbusto con jugo lechoso, con hojas alternas, más bien grandes, ovado redondeadas, acorazonadas en la base, con 3 a 5 lóbulos someros y de 5 a 7 nervios en la base; frutos capsulares, elipsoidales, de unos 3 cm de largo; semillas 2 a 3 por fruto, de unos 2 cm de largo, negras con líneas o puntos blancos, plantado frecuentemente en las cercas, en regiones cálidas.

*Jatropha* es un arbusto caducifolio y androdioico que llega a medir 3 a 8 m de altura, y con un grosor de tallo de 14 a 18 cm en promedio; el fruto es una drupa oval, color verde cuando

inmaduro, y de color amarillo cuando madura, de sabor amargo, con tres semillas de color negro mate y forma ovoide, de 2 cm de largo y 1 cm de ancho. La semilla contiene un importante contenido de proteína (25-30%) y entre 40 y 68% de aceite, sin embargo, ciertas variedades de la planta contienen en la semilla alcaloides (ésteres de forbol) que la hacen tóxica con un efecto purgante (León, 2000), con una expectativa de vida de alrededor de 50 años (Achten *et al.*, 2008).

El piñón (*J. curcas* L.), es una planta con uso medicinal (Marroquín *et al.*, 1997) y como cercos vivos (Anzueto y de Mac Vean, 2000). Al respecto Solís (2004) y Martínez (2006), señalan que en la región del Soconusco, Chiapas, el látex de las hojas de piñón es usado de forma tradicional por los pobladores, para curar úlceras en la boca, teniendo un uso extensivo como cerco vivo, pero que *J. curcas* tiene particular importancia a nivel mundial por su uso como biodiesel (Pramanik, 2003).

#### **5.4.3 Manejo del cultivo de *J. curcas***

En la Región del Soconusco, Chiapas, muchas han sido las personas intoxicadas con semillas de *J. curcas*, ocasionándoles vómito, sobre todo a niños, por comer las semillas crudas que tienen un sabor agradable. Generalmente los arbustos se utilizan para cercos de patios y terrenos dedicados a la ganadería, las plantas se podan para obtener ramas, a quienes les quitan las hojas y las dejan sobre los cercos para sembrarlos al inicio de las lluvias, estas ramas o varas son de una longitud de dos metros aproximadamente y les denominan “brotones”, porque una vez que se siembran le brotarán raíces, hojas y ramas (Martínez,

2006). Sin embargo, hasta recientemente se le encuentra como cultivo a escala comercial, siendo insuficiente los datos de su manejo agronómico, y de su cadena agroindustrial regional.

La literatura reporta que la propagación de *J. curcas* se realiza sexualmente (semillas) o asexualmente (esquejes o estacas). Las semillas germinan durante 15 días, comenzando a partir del tercero al quinto día, con un porcentaje de germinación de 60 a 90%. Las plántulas se desarrollan durante tres meses en vivero, y se trasplantan al campo cuando tienen una altura entre 40 y 50 cm. Los esquejes pueden plantarse directamente en el campo cuando las condiciones de humedad en el suelo son favorables. Se recomienda una distancia de 3m x 3m entre plantas y surcos y en cepas de 30 cm x 30 cm x 30 cm (Kaushik y Kumar, 2006). Debe de hacerse un control de malezas periódicamente, la fertilización puede realizarse mediante aplicación de estiércol durante el trasplante en cantidad de 1 a 2 kilogramos por plántula y 150 gramos de superfosfato, seguidos de 20 gramos de urea después de 30 días y la aplicación de nitrógeno (urea) y fósforo (superfosfato) propicia la floración (De la Vega, 2006).

Respecto a otras actividades como la poda, ésta se recomienda realizarla a 35 ó 45 cm de altura al inicio del 2º período de lluvia ya que propicia el desarrollo de ramas laterales. La poda de formación en árboles adultos debe realizarse entre marzo y mayo para mantener baja la altura de los árboles y facilitar la cosecha de frutos. Las plagas y enfermedades más frecuentes son el insecto *Podagrica* spp., y el hongo *Cercospera* spp (De la Vega, 2006). Aunque en la región de estudio se han tenido experiencias de que la poda debe realizarse antes de febrero para que los botones florales no sea eliminados en el corte de las ramas de los árboles, cuando se efectúa esta práctica.

En cuanto a la producción, se informa que la aplicación de fertilizantes con una concentración proporcional de N-P-K coadyuvan a disminuir la edad de maduración de la planta (Patolia *et al.*, 2007). Asimismo, que un mayor rendimiento se obtiene cosechando los frutos en estado maduro (color amarillo oscuro). La madurez se alcanza a los 90 días después de la floración y es muy asincrónica. La fuerte variación en cuanto al rendimiento reportado (0.4 a 12 ton ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), se debe principalmente a que falta información referente a edades, densidades de plantación, manejo agronómico, forma de la copa y su efecto sobre el rendimiento (Daey *et al.*, 2007). El arbusto tiene un periodo productivo de más de 40 años y desde el primer año (9-10 meses) fructifica y se obtiene semilla. Un promedio anual de producción de semilla es de alrededor de 5 ton/ha en excelentes tierras y precipitaciones de 900-1200 mm (Achten *et al.*, 2008).

El aceite de las semillas de *Jatropha* puede ser transformado en biodiesel mediante proceso de esterificación y, en caso de variedades tóxicas, el aceite puede ser transformado en biopesticidas. Los sub-productos en la elaboración de biodiesel con aceite de *Jatropha* son: glicerina y pasta resultante de la extracción de aceite (De la Vega, 2006). El aceite de *Jatropha* puede transformarse en biodiesel, mediante una reacción de transesterificación con metanol, en presencia de un catalizador básico, y la separación de glicerina como subproducto. El aceite contiene más de un 75% de ácidos grasos insaturados, con mayor proporción el ácido oléico y el linoléico. Los mejores rendimientos de biodiesel se ha visto que se obtienen cuando el aceite contiene una alta concentración de ácido oleico (Johanes y Hirata, 2008). En climas tropicales puede rendir hasta 6 000 litros por hectárea y el costo por

hectárea depende del costo de la mano de obra local, pero es aceptado un costo universal de siembra de 500 USD, por hectárea (Anónimo, 2007).

#### **5.4.4 Asociación de *J. curcas* con otros cultivos de interés socioeconómico**

Según Kale (2005), *J. curcas* se puede asociar con frutales, caña de azúcar y café, pero a la fecha no existe información detallada sobre el manejo agronómico como cultivo mixto. Asimismo, no existe literatura específica sobre la asociación de *Jatropha* con cultivos como maíz, frijol, cacahuete, sandía o como sistema silvopastoril. Los cultivos asociados pueden presentar ventajas como la diversificación en tiempo y espacio, una estratificación en forma horizontal y vertical que permite una mayor agrobiodiversidad, y con ello ventajas de mayor tolerancia a plagas y enfermedades y distribución escalonada de ingresos de recursos económicos para el productor (Gliessman, 2002).

Según el programa global de evaluación sobre la propagación de *J. curcas* indica que su propagación es relativamente más fácil por vía vegetativa en comparación con la propagación por semilla (Heller 1996; Jongschaap *et al.*, 2007). En Veracruz (Martínez *et al.*, 2009) y en Chiapas se ha dado un rápido establecimiento de ésta planta, principalmente como cercos vivos y para el control de la erosión y actualmente se le puede encontrar asociado con cultivos de maíz, sandía y cacahuete, y muy escasamente con árboles frutales.

Al respecto, en México existen sistemas de producción intercalados mejor conocidos como MIAF, milpa intercalados con frutales (Cortés *et al.*, 2004; Cortés *et al.*, 2005). El MIAF puede ser con árboles de durazno (*Prunus persica*) plantados a cada dos metros, sobre surcos

que ocupan una franja de terreno de 4.8 metros de ancho, intercalados con franjas dedicadas a cultivos anuales de 9.6 metros de ancho, donde caben 12 surcos de 80 centímetros, cultivados, según el interés de cada productor, con maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), haba (*Vicia faba*), chile poblano (*Capsicum annun*) y flores como la gladiola (*Gladiolus* sp.) o con alfalfa (*Medicago sativa*) para forraje, todos bajo sistema de riego o de temporal (secano) (Cortés *et al.*, 2004). En este sistema, que ha sido muy bien aceptado por los productores, se calcula que la producción puede ser, en promedio, 1.45% más que la de cualquiera de las especies producidas en forma de monocultivo. Además, si alguno de los cultivos MIAF fallara por cuestiones climatológicas, se tienen las otras especies en cultivo para satisfacer las necesidades de las familias campesinas. En estos casos, el durazno es el cultivo que, al poder venderse directamente en el mercado, proporciona dinero a las familias (Cortés *et al.*, 2005).

También se ha encontrado una adecuada asociación entre *J. curcas* y *Rouvolfia*, *Asparagus racemosus*, *Galanga kaempferia*, *Aromatica homalomena*, y se considera que al cultivarlo con hortalizas como el tomate, calabaza amarga, calabaza, calabaza de cenizas y el pepino pueden llegar a ser rentables (Euler y Gorriz, 2004). Por tanto, es aconsejable intercalar cultivos con *J. curcas* en los sistemas tradicionales o de manera comercial, puesto que puede obtenerse ingresos considerables a mediano y largo plazo, con miras de llegar a la sustentabilidad (Malézieux *et al.*, 2009). En este sentido, los cultivos intercalados son prometedores para detonar el desarrollo económico en familias que dependen de una agricultura de subsistencia; por ejemplo, durante los años en que los cultivos básicos son improductivos, *J. curcas* puede generar ingresos extra a través de la comercialización de su producción (Trenbath, 1999) o mediante el esquema de pagos por servicios ambientales.

### 5.5. Síntesis de la revisión de literatura

En virtud de lo anterior, el estudio sobre la integración de *J. curcas* en agroecosistemas como materia prima para biodiesel en la Región Centro de Chiapas, se sustenta en la Teoría del Pensamiento Complejo, el Enfoque de Sistemas, la Teoría General de Sistemas, derivando en el concepto de agroecosistema, y el uso de los métodos cuantitativos y cualitativos. Dado que *J. curcas* está siendo impulsado para su cultivo comercial, aún con la insuficiente información que existe sobre su inserción en los agroecosistemas locales, es necesario conocer su integración a los agroecosistemas como materia prima para biodiesel. Los biocombustibles son una opción que han adoptado ciertos países, como medida de seguridad energética que les permita una autonomía y menos exposición a la volatilidad de los precios energéticos; como una seguridad ambiental por el compromiso de reducción de emisiones de GEI, MTBE, azufre y, por el desarrollo agrícola, que aunque puede ofrecer oportunidades a los productores; ha de considerarse el deterioro de las tierras, uso del agua, cambio de uso de suelo, además de las posibilidades de afectar de forma negativa la seguridad alimentaria, la concentración de la propiedad y desplazamiento de sus tierras de los pequeños y medianos productores y, un resultado negativo sobre la biodiversidad. Asimismo, el uso de estos biocombustibles representan ventajas o desventajas, dependiendo de las políticas públicas aplicadas y de las tácticas institucionales: regulatorias, económicas, sociales y ambientales que permitan disminuir riesgos e incertidumbres junto al desarrollo de estos biocombustibles ya sea etanol o biodiesel. Este último ha sido fomentado por el gobierno de estado de Chiapas, mediante el cultivo comercial del piñón (*J. curcas*), como materia prima y que por ser una planta de clima tropical, se le encuentra en la región de estudio como cerco vivo para delimitar terrenos, además de su uso medicinal que se reporta, con requerimientos (temperatura entre 18-28 °C,

precipitación de 300-1800 mm, altitud de 0-1600 msnm y una pendiente no mayor de 30 %), condiciones que existen en el estado de Chiapas, donde actualmente como parte del fomento a la siembra comercial se le encuentra en monocultivo o asociado a cultivos locales, principalmente a cultivos básicos. Siendo necesario realizar estudios básicos de su integración a los agroecosistemas locales, sobre la cadena productiva y su transformación, incluyendo para el productor y, en el sistema campo-industria que le de certidumbre de éxito y sustentabilidad a la actividad productiva de *J. curcas*.

## 6. Literatura citada

- Achten W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts, and B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32:1063-1084.
- Achten W.M.J., W.H. Maes, R. Aerts, L. Verchot, A. Trabucco, E. Mathijs, V.P. Singh and B. Muys. 2010. *Jatropha*: from global hype to local opportunity. *Journal of Arid Environments* 74:164-165.
- Anónimo. 2007. Biomasa energética. Disponible en la World Wide Web: *Jatropha curcas* L\CNPML Centro Nacional de Producción Más Limpia de El Salvador. Consultada el 8 de Mayo del 2007.
- Agencia Internacional de Energía. 2010. *World Energy Outlook*. International Energy Agency. Francia.
- Alarco, T.G. 2006. La evolución del precio del petróleo crudo y la economía de México, 1975-2004. *Comercio Exterior* 56: 930-944.
- Álvarez-Maciel, C. 2009. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa* 329: 63-89.
- Anzueto, V.A.A. y A.L.E. de Mac Vean. 2000. Los cercos vivos en Guatemala. *Revista Universidad del Valle de Guatemala* 9: 12-18.
- Azam, M.N., A. Waris y N.M. Nahar. 2005. Prospects and potential of fatty acid methyl esters of some nontraditional seed oils for use as biodiesel in India. *Biomass and Bioenergy* 29: 293-302.

- Bautista-Ramírez, E. 2011. Tolerancia a la desecación y caracterización química de semillas de piñón (*Jatropha curcas* L), colectadas en el Totonacapan. Tesis (Maestría en Ciencias en Producción de Semillas). Colegio de Postgraduados. 73p.
- Barbosa, B. y N. Domínguez. 2009. Situación de las reservas y el potencial petrolero en México. *Economía UNAM* 3: 79-102.
- Barriga, C.C. 2001. Bio-combustibles: Nueva alternativa para el mundo. *In Memoria del VI Congreso de Economistas Agrarios de Chile*. Chile.
- Best B., G., Gómez, M., I., Aguillón M., J., Arvizu F., J., Díaz J., R., Gamiño C., R. y Berrueta S., V. 2006. Aplicaciones de las tecnologías bioenergéticas. *En: La bioenergía en México, un catalizador del desarrollo sustentable*. Masera C.O. (Ed.). Mundi-Prensa México, S.A.de C.V. México. D.F. pp: 34-38.
- Bunge, M. 1966. La ciencia. Su método y filosofía. Siglo XX. Buenos Aires. Argentina.
- Bustelo, P. 2005. China y la geopolítica del petróleo en Asia-Pacífico. Real Instituto Elcano de Estudios Internacionales y Estratégicos. Editorial Akal. Madrid. España.
- Campbell J.C. 1997. The Coming Oil Crisis, p.52. <http://www.multi-science.co.uk/oilcrisis.htm>. Fecha de consulta 28 de agosto de 2010.
- CATIE. 2008. Árboles de Centroamérica: Un Manual para Extensionista. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 624 p.
- Conway, G.R. 1985. Agroecosystems Analysis. *Agricultural Administration* 20: 31-55
- Conway, G. R. 1987. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 24: 95-117.
- Conway, G.R. 1994. Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. *Journal for Farming Systems and Research-Extension* 4: 1-14
- Conway, R.G. and E.B. Barbier. 1990. After the green revolution: sustainable agriculture for development. Earthsan Publications Ltd. London, England. pp: 162-193.
- Cortés F., J. I., R. Mendoza R., E. Hernández R., E. Aceves R., A. Turrent F. y N. Estrella C., 2004. Manual para técnicos. El sistema agrícola Milpa Intercalada con Árboles Frutales (MIAF), en terrenos planos. México, CONACYT-SIZA, CP, INIFAP, Puebla, 17 p.
- Cortés F., J. I., A. Turrent F., P. Díaz V., E. Hernández R., R. Mendoza R., y E. Aceves. 2005. Manual para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados, México. 27 p.

- Chalmers, A. 1992. La ciencia y cómo se elabora. Siglo XXI de España Editores. Madrid. España. 181 p.
- Checkland, P. 1999. Pensamiento de sistemas. Práctica de sistemas. Grupo Noriega Editores. México. pp: 124-143
- Chiavenato, I. 1997. Introducción a la teoría general de la administración. McGraw-Hill. Bogotá, Colombia. pp: 665-694 y 723-765
- Daey O.K., G. Francis G., Y.J. Franken, W. Rijssenbeek, A. Riedacker, N. Foidl, R.E.E. Jongschaap and P.S. Bindraban. 2007. Position paper on *Jatropha curcas*: State of the art, small and large scale project development. Expert seminar on *Jatropha curcas* L. agronomy and genetics. 26-28 March 2007. Wageningen, the Netherlands. FACT Foundation. p. 7.
- Dehgan B. and G. Webster. 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae). University of California Publications in Botany, Vol. 74.
- De la Vega, L.J. 2007. *Jatropha curcas* L. Agro-Proyectos y Bio-Energía. México. 21 p.
- De la Vega-Navarro, A. 1999. La evolución del componente petrolero en el desarrollo y la transición de México. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 377 p.
- Diario Oficial de la Federación. 1 de febrero de 2008. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. H. Congreso de la Unión. 12 p.
- Euler H. and Gorritz D. 2004. Case Study “*Jatropha curcas*”. Global Facilitation Unit for Underutilized Species (GFU) and Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Frankfurt, Germany. 63 p.
- Edwards. C.A., Grove, T.L., Harwood, R.R. and C.C.J. Pierce. 1993. The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment 46:99-121
- FAO. 2001. Unified Wood Energy Terminology-UWET. <http://www.fao.org/forestry/FOP/FOPH/ENERGY/doc/UWET/eng/uwet-e00.htm#TopOFPage>. Consultada el 5 de octubre de 2010.
- FAO. 2008. Bioenergía, seguridad y sostenibilidad alimentarias: hacia el establecimiento de un marco internacional. Roma, Italia. 48 p.
- FAO. 2008b. Alza de los precios de los alimentos. Roma, Italia. 6 p.
- Firbank, L.G. 2008. Assessing the ecological impacts of bioenergy projects. Bioenergy Resources 1:12-19.

- Flores, C. y S.J. Sarandon. 2003. ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El análisis económico convencional y el costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de agriculturización en la Región Pampeana Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105: 52-67.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sánchez, M. Mittelbach, and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technol* 58: 77-82.
- Font, F. 2003. Las especies del género *Jatropha* L (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. *Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina* 2 :4-20.
- Fontaine, G. 2007. El precio del petróleo. Conflictos socio-ambientales y gobernabilidad en la región amazónica. Editorial FLASCO, IFEA y ABYA AYA. Quito, Ecuador.
- Furtado, A. 2009. Biocombustibles y comercio internacional: una perspectiva latinoamericana. CEPAL. Naciones Unidas. 31 p.
- Galeano, R.J.P. 2010. Gobernanza y gobernabilidad ambiental estudio comparo. El caso de los alimentos transgénicos y los agrobiocombustibles. *Diálogos de saberes: investigaciones y ciencias sociales* 33: 109-128.
- Gigch, J.P. 1990. Teoría General de Sistemas. Editorial Trillas. México. pp: 65-86
- Gómez-Echeverri, L. 2002. Cambio climático y desarrollo. Yale School of Forestry and Environmental Studies. San José, Costa Rica. 465 p.
- Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp: 229-245.
- Gour, V.K. 2006. Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. In: Singh B., R. Swaminathan, and V. Ponraj (Eds.). Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence-focus of *Jatropha*, Hyderabad, India. pp: 223-251.
- Greenpeace International European Renewable Energy Council. 2007. Revolución energética, perspectiva mundial de la energía renovable. Amsterdam, The Netherlands-Brussels, Belgium. 96 p.
- Gressel, J. 2008. Transgenic are imperative for biofuel crops. *Plant Science* 174: 246-263.
- Gronroos, J., J. Seppälä, P. Voutilainen, P. Seuri, K. Koikkalainen. 2006. Energy use in conventional and organic milk and rye bread production in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 117:109-118.

- H. Congreso de la Unión. 2008. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. Diario Oficial de la Federación. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5014716](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5014716). Consultada el 14 de abril de 2008.
- Hart, R.D. 1985. Conceptos básicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. pp: 33-75
- Heller, J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. PhD dissertation, Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy, [www.ipgri.cgiar.org/Publications/pdf/161.pdf](http://www.ipgri.cgiar.org/Publications/pdf/161.pdf).
- Jiménez R., J. y M. Martínez. 1994. Redescrición de *Jatropha andrieuxii* Muell. Arg. (Euphorbiaceae), una especie endémica del sur de México. Acta Botánica Mexicana 26:27-32.
- Johanes B. H. and S. Hirata. 2008. Biodiesel production from crude *Jatropha curcas* L. seed oil with a high content of free fatty acids. Bioresource Technology. 99:1716-1721.
- Jones, N. y Miller J. H. 1992. *Jatropha curcas*: a multipurpose species for problematic sites. Washington DC: The World Bank.
- Jongschaap R.E.E., W.J. Corré, P.S. Bindraban y W.A. Branderburg. 2007. Claims and factors on *Jatrhopa curcas* L. Global *J. curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Plant Research International. Wageningen. 42 p.
- Kale, V. 2005. *Jatropha*-India's crop for biodiesel production. International News on Fats, Oils and Related Materials. ProQuest Science Journals 16: 532-533.
- Kerlinger F. y B.H. Lee. 2002, Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales. Cuarta edición. McGraw Hill. México. 936 pp.
- Kaushik, N. and S. Kumar. 2006. *Jatropha curcas* L. silviculture and uses. 2nd revised ed Jodhpur: Agrobios.
- León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. 3ª. Ed. Editorial Agroamérica, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. pp. 260-261.
- Maes, W.H., A. Trabucco, W.M.J. Achten and B. Muys. 2009. Climatic growing conditions of *J. curcas* L. Biomass and Bioenergy 33: 1481-1485.
- Malézieux<sup>1</sup>, Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel, S. de Tourdonnet and M. Valantin-Morison. 2009. Mixing plant species in cropping systems: concepts, tool and models. A review. Agronomy for Sustainable Development 29: 43-62.

- Marten, G.G. 1988. Productivity, stability, sustainability, equitability and autonomy as properties for agroecosystem assessment. *Agricultural Systems*. 26:291-316.
- Martínez, J. y A. Fernández. 2004. Cambio climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. D. F. México. 523 p.
- Martínez, A. 2006. Plantas curativas de uso tradicional, del municipio de Tapachula, Chiapas. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus IV. Huehuetán, Chiapas. Pág. 86-87.
- Martínez, H.J. 2007. El Piñón Mexicano: una alternativa bioenergética para México. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. 10 de diciembre 2007, Vol. 8, No. 12. [Consultada: 15 de agosto de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art88/int88.htm> ISSN: 1607-6079.
- Martínez, P.D., S.J.G. Partida y E.P. Pérez. 2009. Especies vegetales para biocombustibles en sistemas agrícolas diversificados en Veracruz, México. *Revista Brasileña de Agroecología*, 4: 4338-4342.
- Martínez H. J., Martínez A. A., Makkar H., Francis G. and K. Becker. 2010. *European Journal of Scientific Research* 39: 396-407.
- Marroquín E. A., J.A. Blanco, S. Granados, A. Cáceres and C. Morales. 1997. Clinical trial of *Jatropha curcas* SAP in the treatment of common warts. *Fitoterapia* 68: 160-162.
- Masera C.O. 2009. La Bioenergía en México. Un catalizador del desarrollo sustentable. Mundiprensa México S.A de C.V. México, D.F. 119 p.
- Miranda, F. 1975. La Vegetación de Chiapas. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. pp: 136-142.
- Mitchell, D. 2008. A Note on Rising Food Prices. Banco Mundial, Washington, DC. 2 p.
- Morín, E. 2006. El Método 1: La Naturaleza de la Naturaleza. (El concepto de Sistema). Ediciones CATEDRA, Madrid, España. pp: 149-148.
- McDonald, C., V. Treichel y H. Weisfeld. 2006. Atracción de inversiones. El caso de África para atraer capital extranjero. *Finanzas y Desarrollo* 2006: 34-36.
- Naciones Unidas. 1998. Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. PNUD.
- Openshaw K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19: 1-15.

- Ovando M. I., Espinosa G.F, Núñez F.J. and F.M. Salvador. 2009. Does biodiesel from *Jatropha curcas* represent a sustainable alternative energy source? Sustainability: 1035-1041.
- Panigrahi S., B.J. Francis, L. A. Cano and M. B. Burbage. 1984. Toxicity of *Jatropha curcas* seeds from México. Nutrition Reports International 29 (5): 1089-1100.
- Patolia, J.S., A. Ghosh, J. Chikara, D.R. Chaudhary, D.R. Parmar and H.M. Bhuvra. 2007. Response of *Jatropha curcas* grown on wasteland to N and P fertilization. In: FACT seminar on *Jatropha curcas* L. agronomy and genetics, Wageningen, The Netherlands. Wageningen: FACT Foundation.
- Pérez M.C., M. Ramírez y W. Bron. 2008. Estudio de mercado del biodiesel en el Salvador, Honduras y Nicaragua. Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo. Tegucigalpa, Honduras. pp: 31-32.
- Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. 2007. Plan Nacional de Desarrollo de México. Diario Oficial de la Federación. 31 de mayo de 2007. México, D.F.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2002. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo, Sudáfrica. Consultado el 20 de agosto de 2011. [http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit\\_docs.html](http://www.johannesburgsummit.org/html/documents/summit_docs.html).
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2004. Informe Anual 2004. Consultado el 20 de agosto de 2011. <http://www.undp.org/annualreports/2004/spanish/>.
- Pistonesi H., G. Nadal, V. Bravo, y D. Bouille. 2008. Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas. CEPAL. 89 p.
- Pramanik, K. 2003. Properties and use of *Jatropha curcas* oil and diesel fuel blends in compression ignition engine. Renewable Energy 28: 239-248.
- Russi, D.2008. An integrated assessment of a large-scale biodiesel production in Italy: Killing several birds with one stone? Energy Policy 1: 12
- Ruiz-Rosado, O. 1995. Agroecosistema: el término, concepto y su definición bajo el enfoque agroecológico y sistémico. En. Loera G., J. et al., (Eds.). Agroecología y desarrollo sustentable. 2º. Seminario Internacional de Agroecología. Chapingo, México. 31: 103-113.
- Ruiz-Rosado, O. 2006a. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. En: Agroecología y agricultura orgánica en el trópico, López-Báez, O., S. I. Ramírez-González, M. Ramírez-González, G. Moreno-Basurto y A. E. Alvarado-Gaona (Eds.). Universidad

- Autónoma de Chiapas y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. México. pp: 27-35.
- Ruiz-Rosado, O. 2006b. Agroecología: una disciplina que tiende a la Transdisciplina. *Interciencia* 31: 144-145
- SAGARPA. 2007. Programa de Producción Sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico. México. D.F. 42 p.
- Salim, R.S. Infraestructura Agrícola para Biocombustibles de 2ª Generación. Tercer Taller: Infraestructura y Refinación. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 14-15 octubre de 2010.
- Secretaría de Energía. 2007. Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Presidencia de la República. pp.259-269.  
<http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=documentos-pdf>.
- Solís, G.B. 2004. Plantas de Uso Tradicional en la Región del Soconusco, Chiapas. *En: Memoria del II Diplomado Internacional: Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico*. Diciembre 2004. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas.
- Tewari, D. N. 2007. *Jatropha* and biodiesel. 1st ed. Ocean Books Pvt Ltd. New Delhi. 228 p.
- Trebuil, G. 1990. Principles and steps of method of diagnosis on agrarian systems: A case study from Sathing Phra Area Southern Thailand. *In: Farming Systems Research and Development in Thailand*. Prince of Songhla University. Kasetsart University and Technological Research and Exchange Group Thailand. pp: 29-63.
- Trenbath, B.R. 1999. Multispecies cropping systems in India. Predictions of their productivity, stability, resilience and ecological sustainability. *Agroforestry Systems* 45: 81-107
- Tommasino, H. y G. Foladori. 2001. (In) Certezas sobre la crisis ambiental. *Ambiente & Sociedade* 8: 49-68.
- UNEP. 2008. The potential impacts of biofuels on biodiversity. Matters arising from SBSTTA recommendations XII/7. Conference of the Parties of the Convention on Biological Diversity. Ninth Meeting, Bonn. 16 p.
- Valero, P.J. V.H.S. Cortina, y C.M.P. Vela. 2011. El proyecto de biodiesel en Chiapas: experiencias de los productores de piñón (*Jatropha curcas*) en el marco de la crisis rural. *Estudios Sociales* XIX: 120-144.
- Valero-Padilla, J. 2010. *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel en Chiapas. Agricultores participantes, tierras empleadas y sustitución de cultivos. Tesis (Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural). El Colegio de la Frontera Sur.

- Vera C. A. y C.M. Villalón C., M. 2005. La Triangulación entre Métodos Cuantitativos y Cualitativos en el Proceso de Investigación. *Ciencia & Trabajo* 16: 85-87
- Victorio R.R. 2010. Impulsa Felipe Calderón Programa de Biocombustibles. Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo en biocombustibles. <http://187.141.6.162/Moodle/moodle/blog/index.php?filtertype=site&filterselect=0&blogpage=3>. Fecha de consulta 5 de mayo de 2011.
- Walter, A., F., Rosillo-Calle, P., Dolzan E., Piacente and K.B., Cunha. 2008. Perspectives on fuel ethanol consumption and trade. *Biomass and Bioenergy* 32: 730-748.
- Wourten M.J., E. Mathijs, L. Verchot, V. P. Singh, R. Aerts and B. Muys. 2007. *Jatropha* Biodiesel fueling sustainability? *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 1: 283-291.

## **CAPÍTULO 1. ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA PARA EL CULTIVO DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.\***

### **Resumen**

*Jatropha curcas* L. es una planta de interés comercial para la producción de biocombustible, cultivada ampliamente en Chiapas, México. Sin embargo, es necesario delimitar las áreas potenciales para cultivar esta planta, sin desplazar los cultivos básicos. El objetivo de esta investigación fue determinar las zonas potenciales para el cultivo de *J. curcas* L. en la Región Centro de Chiapas. Para la zonificación se generó una base de datos con información geográfica, usando Modelos Digitales de Elevación a escala 1:50000 y cobertura del uso de suelo 1:250000, procesados en el software *ArcView GIS 3.2®*. Las áreas potenciales se determinaron para dos escenarios: 1) pendiente  $\geq 5 \leq 15$  %, descartando áreas planas y adecuadas para cultivos básicos y, 2) pendiente  $\geq 0 \leq 15$  %. Para el primer escenario se estimó una superficie de 65,981.79 ha y 138,715.86 ha con potencial alto y medio; para el segundo escenario, una superficie de 189,919.95 ha y 197,004.36 ha con potencial alto y medio. Se concluye que existe un potencial agroecológico cercano a 205 000 ha para el cultivo de *J. curcas*, sin incluir áreas planas, y cerca de 387 mil ha, considerando suelos planos aptos para cultivos básicos y susceptibles de ser desplazados por el cultivo de *J. curcas*. Esta información puede ser útil en la toma de decisiones para cultivar *J. curcas*, incluyendo en asocio con cultivos básicos, sin desplazarlos y no ponga en riesgo la autosuficiencia alimentaria local, y planear un eficiente uso del suelo en la Región Centro de Chiapas.

Palabras clave: *Jatropha curcas* L., SIG, cultivos básicos, cultivos asociados, seguridad alimentaria, biocombustibles.

## **Abstract**

*Jatropha curcas* L. is a plant of business interests for biofuel production. In Chiapas, Mexico it has been planted everywhere as it is feasible, but it is necessary estimate the areas that should be destined for this crop without affecting staple crops and natural areas. Therefore, the aim of this research was to identify potential areas for cultivation of *J. curcas* L. in the Central Region of Chiapas. A data base was generated with GIS software ArcView 3.2®, using digital elevations models at 1:50000 scale and land coverage at 1:25000 scale. Potential areas were generated for two scenarios: 1) with slopes  $\geq 5 \leq 15$  %, eliminating plane areas suitable for food crop production, and 2) slopes  $\geq 0 \leq 15$  %. For the first scenario 138,715.86 and 65,981.79 ha were obtained with high and medium potential. For the second scenario, 197 004.36 and 189 919.95 ha with high and medium potential. It is concluded that 205 000 ha show agroecological potential for the cultivation of *J. curcas*, excluding plain areas and about 387 000 ha, integrating plane lands, suitable for staple crops and able of being displaced by the cultivation of *J. curcas*. This information can be useful to decision takers to grow *J. curcas* for biodiesel production, as well as to predict effects on land use change in the Central Region of Chiapas, avoiding the use of land for local food production.

**Key words:** *Jatropha curcas* L., SIG, staple crops, companion crops, food security, biofuels.

\*Manuscrito enviado a la Revista Agrociencia; en proceso de arbitraje.

## 1.1 Introducción

La demanda internacional por los biocombustibles ha aumentado en los últimos 10 años debido a la crisis energética, especulación de su bajo precio respecto a los combustibles fósiles, y al calentamiento global, derivado del aumento por la quema de combustibles fósiles (Barriga, 2001, Sathaye *et al.*, 2007). En el año 2008, México incursionó en la producción de biocombustibles a partir de la emisión de la Ley de Bioenergéticos (Diario Oficial de la Federación, 2008). El estado de Chiapas inició desde el 2007 el Programa de Bioenergéticos, mediante el hoy extinto Instituto de Bioenergéticos y Energías Alternativas (IBEA), estableciendo 5 000 ha de *Jatropha curcas* en el 2008 y con la proyección de establecer otras 5000 ha en el 2009 (Notimex, 2009). Sin embargo, estas acciones se realizaron sin estudios previos de zonificación que reportaran las áreas potenciales para este cultivo. A la fecha, sólo se cuenta con información de dos estudios de zonificación para el cultivo de *J. curcas*, en el territorio mexicano. En el primero se reportan 3.2 millones ha para su cultivo con potencial medio y 0.57 millones ha con el máximo potencial a nivel nacional a una escala 1:200,500,000; sin embargo, no especifica la superficie potencial para el cultivo en el estado de Chiapas (Ghilardi *et al.*, 2008). El segundo trabajo fue a escala 1:250 000 y se reporta una superficie nacional de 6 millones ha con alto y medio potencial; de los cuales 230,273 ha son con potencial alto para el estado de Chiapas (Zamarripa y Díaz, 2008). Ambos estudios consideran el uso actual del suelo y las condiciones ecológicas del cultivo de *J. curcas*. Sin embargo, utilizan una escala que no permite tomar decisiones a nivel local.

Asimismo, la información sobre el manejo agronómico y su transformación es aún incipiente y el aspecto de mercado aún no se encuentra definido, a pesar de que desde el 2007, se han

venido estableciendo plantaciones de *J. curcas* como monocultivo o cultivo asociado. Para seguir estableciendo este tipo de plantaciones, es urgente generar información en la que se consideren los requerimientos agroecológicos para el adecuado desarrollo del cultivo de *J. curcas* con el propósito de proponer las áreas adecuadas para el establecimiento del cultivo a nivel local o regional en Chiapas. Los estudios agroecológicos incluyen entre otras variables: la temperatura, precipitación, altitud y pendiente, como en esta investigación. Se considera que la pendiente está correlacionada con la calidad de suelo; a mayor pendiente, menor calidad de suelo y viceversa, tal como se ha demostrado en algunas investigaciones (Tapia *et al.*, 2002; López *et al.*, 2006), puesto que a pendientes con mayor inclinación existe mayor lixiviación de materia orgánica y micro y macro nutrientes por la escorrentía de las lluvias, y gran parte de éstos, se depositan en suelos con menor pendiente proporcionando mejores condiciones para el desarrollo de cultivos (Medina *et al.*, 2008).

A nivel mundial, ya existen reportes de los requerimientos agroecológicos de *J. curcas*. Al respecto, el CATIE (2008), reporta una temperatura óptima de 18 a 28 °C, mientras que Maes *et al.* (2009) indican que 95 % de accesiones naturales de *J. curcas* de todo el mundo, se encuentran en un intervalo de temperatura media anual de 19.3 a 27.2 °C, y de 20 a 28 °C según Heller (1996) y Achten *et al.* (2008). La precipitación óptima para un mayor crecimiento de *J. curcas* es 600 a 1200 mm anuales (CATIE, 2008), pero Foidl *et al.* (1996) señalan que con una precipitación de 900 a 1200 mm se puede obtener un rendimiento de 5 t semilla seca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, y según Heller (1996), en las regiones semiáridas la producción es de 2 a 3 t semilla seca ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. La altitud óptima debe ser menor a 1200 msnm (Gour, 2006) y la pendiente del suelo no debe ser mayor al 30 % (Tewari, 2007).

En la Región Centro del Estado de Chiapas existen a la fecha cerca de 4 950 ha sembradas con *J. curcas* en diversas condiciones edafoclimáticas y de cultivo: monocultivo y asociado con maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), chayote (*Sechium edule*) y Sandía (*Citrullus lanatus*), entre otros. Sin embargo, se requiere información para la toma de decisiones en el establecimiento del cultivo de *J. curcas*, considerando la competencia que puede haber por suelos con mayor aptitud para la siembra de cultivos básicos, particularmente en terrenos con grandes extensiones. Por lo que puede ser importante generar la información para la siembra de *J. curcas*, con características establecidas en el escenario 2, como siembra en asocio, particularmente para pequeños productores o incluso en áreas marginales para maíz y frijol, como en el caso del escenario 1, incluyendo laderas y que muy posiblemente los productores incluyen al maíz y frijol, como siembra tradicional y *J. curcas* podría integrarse a esos agroecosistemas. Con ello se podría contribuir a cuidar la autosuficiencia alimentaria local, así como prever y evitar el cambio en el uso de suelo, su efecto en áreas cultivadas y planear un uso eficiente del suelo en la Región Centro de Chiapas.

Por estas razones, el objetivo de esta investigación fue determinar las áreas potenciales mediante la zonificación agroecológica para el cultivo de *J. curcas* L., en la Región Centro de Chiapas, México, considerando la hipótesis de que la Región Centro de Chiapas, posee áreas potenciales para el cultivo de *J. curcas* como materia prima para la producción de biodiesel en un 50% de la superficie agrícola.

## 1.2 Materiales y métodos

El estado de Chiapas está conformado por 118 municipios, agrupados en nueve regiones económicas. La región centro, área objeto de estudio, está integrada por 22 municipios y comprende una superficie de 13,003.96 km<sup>2</sup>, que representa el 17.72 % del territorio estatal. Las capas geológicas del sustrato están constituidas por rocas sedimentarias calizas y depósitos aluviales, y suelos delgados y pedregosos. El clima es cálido sub-húmedo con lluvias en verano (Secretaría de Planeación, 2006).

Este estudio se realizó de agosto 2008 a julio 2009. Debido a que INEGI no maneja división de regiones económicas del estado de Chiapas, se utilizó el mapa *shapefile* de la división municipal para obtener los límites de la Región Centro (Figura 5), tomando como referencia el Marco Geoestadístico del estado de Chiapas del año 2000 (INEGI, 2001).

Para definir las áreas potenciales de *J. curcas* como cultivo se consultaron sus requerimientos agroecológicos, considerando lo reportado por Achten *et al.* (2008), Zamarripa y Díaz (2008) y (Ghilardi *et al.*, 2008) para definir las variables agroecológicas que se indican en los Cuadros 2 y 3.

En virtud de que no se contaba con datos edáficos como: erosión, materia orgánica, y profundidad del suelo entre otros, de la región de estudio y, reporte de variable alguna sobre requerimientos de calidad del suelo, en relación directa con la producción de *J. curcas* y, considerando que la pendiente del terreno es un factor de diagnóstico que define áreas potenciales para cultivos básicos (maíz y frijol), en función de este factor, se establecieron dos

escenarios: Escenario 1: pendiente de  $\geq 5 \leq 15$  %, que excluye áreas planas adecuadas para cultivos básicos (Cuadro 2); y Escenario 2: pendiente de  $\geq 0 \leq 15$  % que incluye terrenos planos. Es decir, los más adecuados para cultivos básicos y susceptibles de ser desplazados por el cultivo de *J. curcas* (Figura 5).

Cuadro 2. Variables agroecológicas para determinar áreas potenciales para el cultivo de *Jatropha curcas* L. en la Región Centro de Chiapas. Escenario 1: pendiente  $\geq 5 \leq 15$  %.

Variables	Potencial		
	Alto	Medio	Bajo
Temperatura (°C)	$\geq 18 \leq 28$		
Precipitación (mm)	$\geq 600 \leq 1200$	$\geq 1200 \leq 1800$	$\leq 600$ y $\geq 1800$
Pendiente (%)	$\geq 5 \leq 15$	$\geq 15 \leq 30$	$\leq 5$ y $\geq 30$
Altitud (msnm)	$\geq 0 \leq 800$	$\geq 800 \leq 1500$	$\geq 1500$
Uso de suelo	Agrícola y pastizal		

Cuadro 3. Variables agroecológicas para determinar áreas potenciales para el cultivo de *Jatropha curcas* L. en la Región Centro de Chiapas. Escenario 2: pendiente  $\geq 0 \leq 15$  %.

Variables	Potencial		
	Alto	Medio	Bajo
Temperatura (°C)	$\geq 18 \leq 28$		
Precipitación (mm)	$\geq 600 \leq 1200$	$\geq 1200 \leq 1800$	$\leq 600$ y $\geq 1800$
Pendiente (%)	$\geq 0 \leq 15$	$\geq 15 \leq 30$	$\geq 30$
Altitud (msnm)	$\geq 0 \leq 800$	$\geq 800 \leq 1500$	$\geq 1500$
Uso de suelo	Agrícola y pastizal		

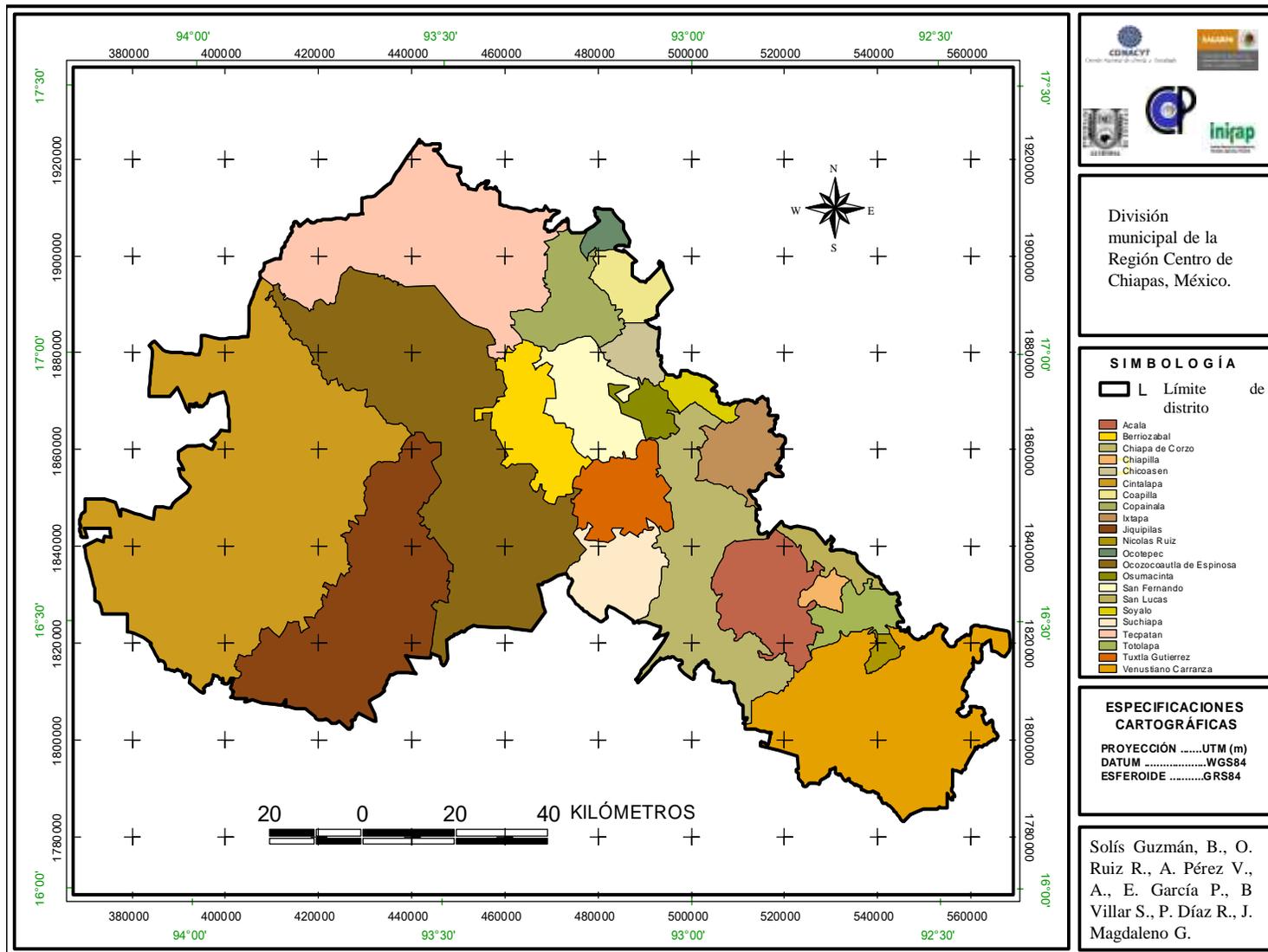


Figura 5. División municipal de la Región Centro de Chiapas, México. Fuente: Elaboración propia según Marco Geostadístico de Chiapas (INEGI, 2001).

Para la identificación de las áreas potenciales para el cultivo de *J. curcas* se obtuvo información de la región de estudio. Para integrar las variables altitud y pendiente se utilizaron los Modelos Digitales de Elevación (MDE) siguientes: E15c38, E15c39, E15c46, E15c47, E15c48, E15c49, E15c56, E15c57, E15c58, E15c59, E15c66, E15c67, E15c68, E15c69, E15c76, E15c77, E15c78, E15c79, E15d51, E15d61, E15d62, E15d71, E15d72, E15d81 y E15d82, a escala 1:50000 (INEGI, 1994-2005). Además, se emplearon registros estadísticos de temperatura y precipitación (1961-2003) de 20 estaciones meteorológicas establecidas dentro del área de estudio (Serrano *et al.*, 2006); así como la cobertura del uso de suelo a escala 1:250000 (INEGI, 2005) y extraída en formato *shapefile*. La información espacial y temporal se introdujo en un Sistema de Información Geográfica sobre la plataforma *ArcView GIS 3.2®*.

Para homogenizar la información de temperatura y precipitación promedio de las 20 estaciones meteorológicas, se capturaron en archivos con formato “*dbf*”. Posteriormente, para elaborar los mapas temáticos de los factores temperatura y precipitación, se realizó una interpolación *IDW (Inverse Distance Weighting)* de los valores puntuales registrados en las estaciones meteorológicas y finalmente estas variables se clasificaron en intervalos de alto, medio y bajo potencial.

Los modelos digitales de elevación (MDE) que cubren el área de estudio, obtenidos en formato “*Bill*” se transformaron a archivos con formato “*Raster*”. Para realizar este proceso, se utilizó una extensión del software *ArcView GIS 3.2®*, denominada “*Spatial Analyst*”. Por las características de la información, se trabajó con un tamaño de celda de 50 m por 50 m. Es

decir, cada unidad básica MDE fue de 2500 m<sup>2</sup>. Toda la información capturada y generada se almacenó en formato *shapefile*. A partir de esta información se generaron los mapas de altitud y pendiente con el MDE como entrada.

Una vez obtenidos los mapas digitales para las variables: temperatura, precipitación, altitud y pendiente, se realizó la sobreposición de los mismos para obtener el mapa final de áreas potenciales con los valores de la sumatoria de los pesos asignados para cada parámetro. Este proceso consiste en la multiplicación algebraica de los mapas previamente obtenidos y se realizó con la extensión *Map Multiplier* de *ArcView GIS 3.2®*. Los mapas generados se trabajaron a escala 1:50000.

Finalmente, para considerar las áreas potenciales, en función del uso del suelo, los mapas de áreas potenciales anteriormente obtenidos y del uso del suelo en escala 1:250000 de INEGI (2005) fueron sobrepuestos para obtener el mapa de áreas potenciales considerando zonas agrícolas de temporal y pastizales, y descartando áreas de selva, bosque, agricultura de riego, cuerpos de agua y zonas urbanas.

### **1.3 Resultados y discusión**

La superficie total reportada para la Región Centro es de 1,300,396 ha (Secretaría de Planeación, 2006), la cual difiere a la calculada en este estudio con 1, 297, 627.36 ha (Figura 5). La diferencia de escala de los mapas y la interpretación de los límites de las regiones económicas de Chiapas puede ser la explicación de tal diferencia.

Escenario 1: pendiente  $\geq 5 \leq 15$  %

La superficie calculada con potencial alto ( $\geq 5 \leq 15$  %) para establecer plantaciones de *J. curcas*, fue 65,981.79 ha, que equivale al 5.08 % de la superficie total (1, 297, 627.36 ha) de la Región Centro (Figura 6). Esta superficie con potencial alto se definió con base en el factor pendiente (de 5 a 15 %), para descartar zonas potenciales para la siembra de cultivos básicos, considerando la relación existente de a menor pendiente mayor calidad de suelo (Medina *et al.*, 2008). Además, el cultivo de *J. curcas* en una pendiente mayor o igual a 5 % puede superar la limitante respecto a la susceptibilidad a excesos de humedad en el suelo (Torres, 2008). Por tanto, *J. curcas* podría sembrarse en asocio con cultivos básicos, en sistemas silvopastoriles, en cercos vivos, en linderos de terrenos o, proveer servicios ambientales con el control de la erosión de los suelos en pendientes pronunciadas, así como en el reciclaje de nutrientes, por la abundante caída de hojas por estrés hídrico y su incorporación al suelo.

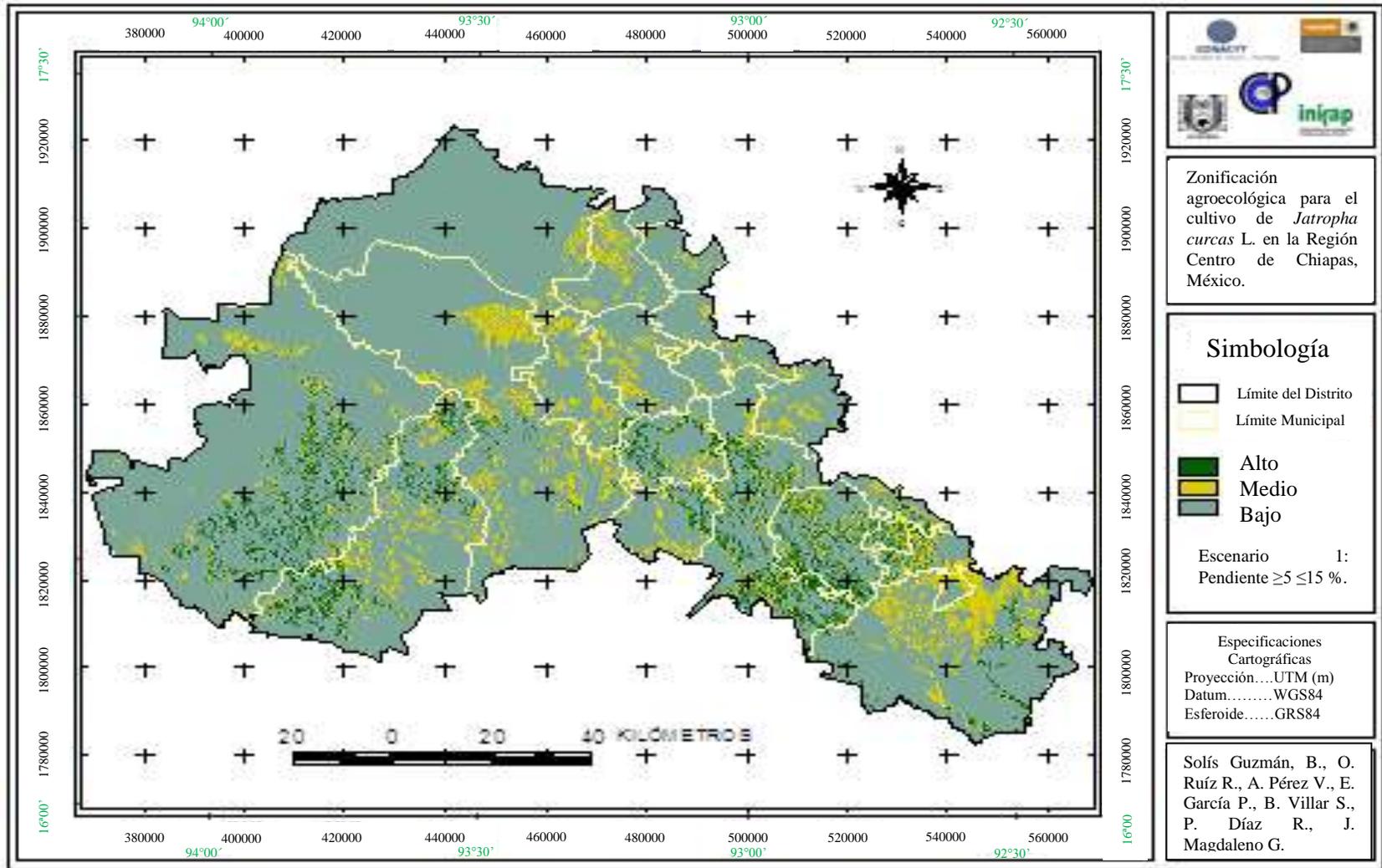


Figura 6. Zonificación agroecológica para el cultivo de *J. curcas* L. en la Región Centro de Chiapas, México. Escenario 1: pendiente  $\geq 5 \leq 15$  %.

La superficie con potencial medio ( $\geq 15 \leq 30$  %) fue 138,715.86 ha, que equivale al 10.69 % de la superficie total. Los terrenos con pendiente mayor a 15 % tienen alta susceptibilidad a la erosión hídrica, baja capacidad de regeneración natural o de cobertura vegetal artificial y posible pérdida de recursos como agua y suelo (Vázquez *et al.*, 2005). Por tanto, *J. curcas* podría sembrarse en asocio con cultivos básicos, incluyendo las tierras marginales para maíz y frijol, de tal forma que permita al pequeño productor contar con ingresos escalonados e ingresos extra-finca.

La superficie calculada con alto o medio potencial productivo, con base en el uso de suelo agrícola de temporal y pastizales (INEGI, 2005), fue 204,697.66 ha, es decir, el 15.77 % de la superficie total, que bien podrían ser las tierras marginales para maíz y frijol y las adecuadas para piñón, sin competir con los cultivos básicos. Por diferencia se calculó que 1, 092, 929.70 ha, equivalente al 84.23 % de la superficie total, posee potencial bajo para la siembra de *J. curcas*.

Escenario 2: pendiente  $\geq 0 \leq 15$  %

La superficie con potencial alto ( $\geq 0 \leq 15$  %) fue 189,919.95 ha, esto es 14.64 % de la superficie total. Se observó una distribución de la superficie hacia el sureste y el suroeste de la región centro de Chiapas (Figura 7). Se incluyen los terrenos con pendientes menores al 5 %, que son los más aptos para la siembra de cultivos básicos y donde hay riesgo de un eventual desplazamiento de estos cultivos por la siembra de *J. curcas*, aunque *J. curcas* podría sembrarse asociado a cultivos básicos, sobre todo por pequeños productores Asimismo, la

superficie calculada con potencial medio ( $\geq 15 \leq 30$  %) fue 197,004.35 ha, que equivale al 15.18 % de la superficie total.

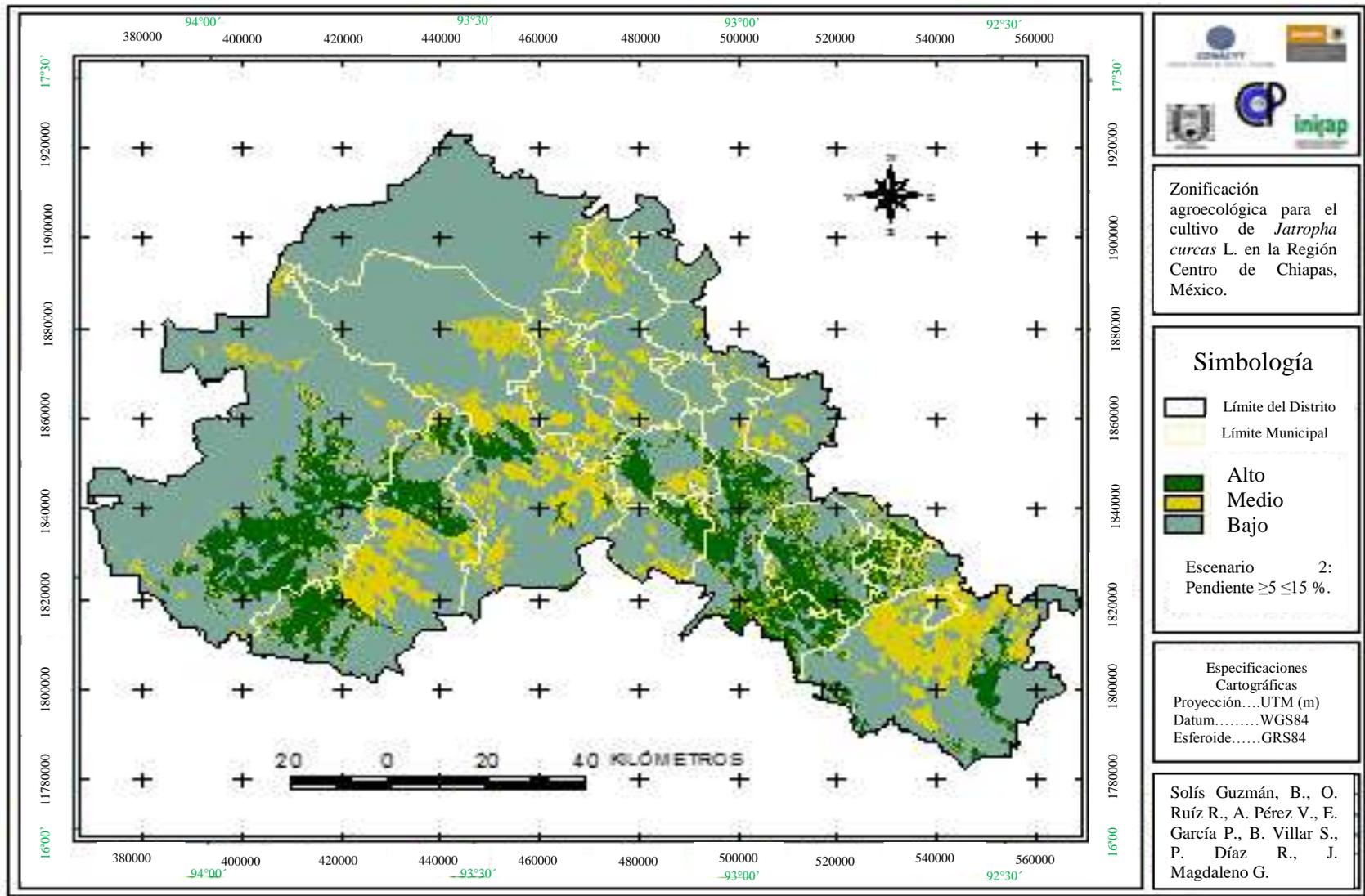


Figura 7. Zonificación agroecológica para el cultivo de *J. curcas* L. en la Región Centro de Chiapas, México. Escenario 2: pendiente  $\geq 0 \leq 15$  %.

La superficie con alto o medio potencial productivo, con base en el uso de suelo agrícola de temporal y pastizales (INEGI, 2005) fue 386,924.31 ha, lo cual representa 29.82 % de la superficie total. Así, por diferencia, hay una superficie de 910,703.15 ha (70.18 %), con potencial bajo para la siembra *J. curcas*.

La superficie reportada por Zamarripa y Díaz (2008) con potencial alto y medio para Chiapas es menor a la obtenida en el escenario 2 (386,924.31 ha), sólo para la región centro. La diferencia encontrada se atribuye a la escala utilizada entre ambos estudios, así como a diferencias en los valores de los factores de referencia considerados, como el factor pendiente (0-20 %) y de uso del suelo, el cual fue sólo agrícola, en el estudio de Zamarripa y Díaz (2008). En el escenario 2 se utilizó la pendiente (potencial alto  $\geq 0 \leq 15$  % y potencial medio  $\geq 15 \leq 30$  %) y el *shapefile* de uso de suelo a escala 1:250000. Con base a lo anterior se determinó el potencial productivo considerando las áreas agrícolas de temporal y pastizales, lo cual permitió ampliar la frontera para poder cultivar *J. curcas*.

Actualmente en la región de estudio, las plantaciones de *J. curcas* se pueden encontrar en suelos no aptos para cultivos básicos, además, en suelos pedregosos y calizos, tanto en monocultivo como asociados, aunque es posible encontrarlos en suelos de alta calidad, con sistemas de riego y asociados a cultivos básicos. Esto sugiere que la siembra de *J. curcas* en la región centro no responde aún no corresponde a una zonificación agroecológica. Se espera que este estudio contribuya en la toma de decisiones para el establecimiento de futuras plantaciones en la región, donde no compita por suelos con mayor aptitud para la siembra de

cultivos básicos, y se evite ponga en riesgo la autosuficiencia alimentaria local por el cambio de uso de suelo en la región de estudio.

En la Región Centro de Chiapas existe la tradición del uso de cultivos asociados; por ejemplo, actualmente se asocia *J. curcas* con cultivos básicos (maíz y frijol). Esta asociación podría contribuir a un uso más eficiente del suelo, ya que puede complementar el ingreso económico familiar, se disminuye la incidencia de plagas y enfermedades e incrementa la posibilidad de hacer más rentable el sistema de producción (Vandermeer, 1990; Gliessman, 2002).

Asimismo, existe la posibilidad de cultivar *J. curcas* en áreas afectadas o marginales, para maíz y frijol, que indirectamente contribuirá a disminuir la erosión del suelo (Van Eijck y Romijn, 2008) y contribuir con materia orgánica al suelo, mediante la caída y descomposición de las hojas, como respuesta fisiológica al estrés hídrico.

Este estudio evidenció la necesidad de realizar investigaciones con un enfoque agroecológico y que las instituciones involucradas en impulsar la producción de *J. curcas* cuenten con estudios básicos de zonificación agroecológica, con el fin de determinar cambios en el tiempo, incluido el impacto y planear un eficiente uso del suelo (Renger *et al.*, 2002). Asimismo este trabajo conlleva a aplicar políticas de fomento y aprobación para el establecimiento de cultivos bioenergéticos, considerando que la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos, establece: “promover la producción de insumos para bioenergéticos, sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país” (Diario Oficial de la Federación, 2008).

## 1.4 Conclusiones

Este estudio determinó que bajo los escenarios 1 y 2, existen áreas de potencial alto y medio para la siembra de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas. De acuerdo a los requerimientos de *J. curcas*, definidos para el escenario 1, existe una zonificación agroecológica para la siembra de *J. curcas* de 204,697.65 ha (15.7 % de la superficie total), donde *J. curcas* incluso puede asociarse a cultivos básicos tradicionales en la región de estudio: maíz y frijol. Para el escenario 2, que incluye áreas más planas y de posible desplazamiento de cultivos básicos o asociación con *J. curcas*; la superficie aumentó a 386,924.31 ha que representan 29.8 % de la superficie total estudiada. En ambos escenarios y por diferencia se calculó una superficie de más del 70 % con bajo potencial para la siembra *J. curcas*. Este estudio aporta información básica sobre las áreas potenciales (escenario 1 y 2), para la integración del piñón y áreas consideradas como marginales para maíz y frijol, para los tomadores de decisiones, que fomentan el cultivo de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas,

## 1.5 Literatura citada

- Achten W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts, and B. Muys. 2008. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy* 32:1063-1084.
- Barriga, C. C. 2001. Bio-combustibles: Nueva alternativa para el mundo. *In: VI Congreso de Economistas Agrarios de Chile*. 29 y 30 de noviembre. Santiago de Chile. Chile. 15 p.
- CATIE. 2008. Árboles de Centroamérica: Un Manual para Extensionista. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 624 p.
- Diario Oficial de la Federación. 1 de febrero de 2008. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. Presidencia de la República. H. Congreso de la Unión. 12 p.
- Foidl, N., G. Foidl, M. Sánchez, M. Mittelbach, and S. Hackel. 1996. *Jatropha curcas* L. as a source for the production of biofuel in Nicaragua. *Bioresource Technol* 58:77-82.

- Ghilardi A., G. Guerrero, E. Riegelhaupt, y O. Probst. 2008. Disponibilidad del potencial de biomasa para producir energía en México: escenarios de penetración al 2040. *In: Memoria electrónica de la V Reunión Nacional de la Red Mexicana de Bioenergía. Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIECO). Universidad Autónoma de México. 29 y 30 de septiembre. Morelia, Michoacán. 35 p.*
- Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359 p.
- Gour, V.K. 2006. Production practices including post-harvest management of *Jatropha curcas*. *In: Singh B., R. Swaminathan, and V. Ponraj (Eds.). Proceedings of the biodiesel conference toward energy independence-focus of Jatropha, Hyderabad, India. pp: 223-251.*
- Heller J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 1. Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy. 96 p.
- INEGI. 2001. Anuario Estadístico del Estado de Chiapas. Aguascalientes, Aguascalientes. 632p.
- INEGI. 1994-2005. Modelos Digitales de Elevación (MDE), en formato electrónico, escala 1:50000. Aguascalientes, Aguascalientes.
- INEGI. 2005. Datos vectoriales del uso de suelo del Estado de Chiapas. Escala 1:250000. Aguascalientes, Aguascalientes.
- López, E., Bocco, G., Mendoza, M., Velásquez, A. and Aguirre-Rivera, J.R. 2006. Peasant emigration and land-use change at the watershed level: A GIS-based approach in Central Mexico. *Agricultural Systems*, 90:62-78.
- Maes, W.H., A. Trabucco, W.M.J. Achten, and B. Muys. 2009. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. *Biomass and Bioenergy* 33:1481-1485.
- Medina, O.L.E., Bravo, E.M., Prat, C., Martínez, M.M., Ojeda, T.E. and B.B.E. Serrato. 2008. Pérdida de suelo, agua y nutrientes en un acrisol bajo diferentes sistemas agrícolas en Michoacán, México. *Agricultura Técnica en México* 34: 213-223.
- Notimex. 2009. Bioenergéticos se han convertido en prioridad: Antolín Morales. Cuarto Poder. Sección Municipios: B24 (Col. 1). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Mayo 25.
- Renger, R., A. Cimetta, S. Pettygrove and S. Rogan. 2002. Geographic Information Systems (GIS) as an Evaluation Tool. *The Am. J. Evaluation* 23: 469-479.
- Sathaye, J., A. Najam, C. Cocklin, T. Heller, F. Lecocq, J. Llanes-Regueiro, J. Pan, G. Petschel-Held, S. Rayner, J. Robinson, R. Schaeffer, Y. Sokona, R. Swart, and H.

- Winkler. 2007. Sustainable development and mitigation. *In*: B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, and L.A. Meyer (Eds.). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, EE.UU. 27 p.
- Secretaría de Planeación. 2006. *Agenda Estadística de Chiapas*. Gobierno del Estado de Chiapas. 213 p.
- Serrano A. V., G. Díaz P., A. López L., M. Cano G., A. Báez G. y E. Garrido R. 2006. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chiapas. (Período 1961-2003)*. INIFAP-SAGARPA: Libro técnico No. 1. Ocozocoautla, Chiapas, México. 186 p.
- Tapia V.L.M., M.L. Tiscareño, J.R. Salinas, M.V. Velázquez, A.P. Veja y H.A. Guillén. 2002. *Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo en laderas agrícolas*. *Terra* 20:449-457.
- Tewari, D. N. 2007. *Jatropha* and biodiesel. 1st ed. Ocean Books Pvt Ltd. New Delhi. 228 p.
- Vandermeer, J. H. 1990. Intercropping? in Agroecology. *In*: Carroll, C.R., J.H. Vandermeer, and P. Rosset (Eds.). McGraw Hill. New York. pp: 481-516.
- Van Eijck J. and H. Romijn. 2008. Prospects for *Jatropha* biofuels in Tanzania: An analysis with strategic niche management. *Energy Policy* 36: 311-325.
- Vázquez S. M., M. Castillo S., G. Montoya G., G. Martínez V., M. Ramos M., D. Díaz B., F. Hernández R., E. Méndez G., D. Navarrete G., A. Sarabia R. S. Stetter, M. Pérez S., G. García G., J. Mijangos S., F. Gallardo G., J. López, D. Méndez T., H. Morales A, B. Gómez G., y M. Martin G. 2005. Programa Estatal de Ordenamiento Territorial. El Colegio de la Frontera Sur-Secretaría de Planeación y Finanzas-Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 406 p.
- Zamarripa C. A. y G. Díaz P. 2008. Áreas de potencial productivo de piñón *Jatropha curcas* L., como especie de interés bioenergético en México. *Boletín electrónico del Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas* 16: 4-6. [www.oleaginosas.org/cargas/mar-abr-electronico.pdf](http://www.oleaginosas.org/cargas/mar-abr-electronico.pdf). (Consulta: abril de 2008).

## **CAPÍTULO II. ACTITUD Y APTITUD DE PRODUCTORES SOBRE LA INTEGRACIÓN DEL PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.), COMO CULTIVO EN LOS AGROECOSISTEMAS DE LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS.**

### **Resumen**

La seguridad energética y problemas ambientales, justifican la búsqueda de energías renovables, siendo una opción los cultivos bioenergéticos como el piñón (*Jatropha curcas* L.). En el estado de Chiapas se ha impulsado su fomento, aún cuando se desconoce la percepción de los productores sobre la integración de *J. curcas* a los agroecosistemas locales. Dado lo anterior, se planteó conocer la actitud y aptitud de los productores de la Región Centro del Estado de Chiapas al integrar *J. curcas* L. a sus agroecosistemas. Se aplicó una encuesta a 133 productores para valorar su actitud y aptitud utilizando la escala de Likert. Se aplicó análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ) para determinar diferencias estadísticas. Los productores mostraron una actitud y aptitud positiva (Likert = 3.5 y 4.2 respectivamente). Sólo la actitud fue significativamente diferente entre municipios ( $P < 0.05$ ) y sugiere un distinto nivel de conocimiento de *J. curcas*, con tendencia hacia actitudes desfavorables, posiblemente por la incertidumbre en el mercado del producto. Los productores tienen una aptitud positiva para seguir integrando *J. curcas* a sus agroecosistemas, aún en escenarios críticos. Se concluye que los productores poseen actitud y aptitud positiva, para afrontar cambios sobre capacitación, asesoría técnica, financiamiento y organización, para integrar *J. curcas* a sus agroecosistemas, como una opción para obtener ingresos económicos.

Palabras clave: biocombustibles, aptitud y actitud de productores, cambio de uso del suelo, *Jatropha curcas* y cultivos básicos.

## **Abstract**

Energy security and environmental problems justify the search for renewable energy sources, being *Jatropha curcas* L one of the alternative crops. In the state of Chiapas, Mexico there has boosted their promotion, even the farmers' perception on integrating *J. curcas* to local agroecosystems is not well known or documented. Hereafter, a survey was applied to 133 farmers/*Jatropha* growers in the Central Region of Chiapas to assess their attitude and aptitude by using the Likert scale. Analysis of variance (ANOVA) and mean Tukey test ( $\alpha=0.05$ ) were performed. *J. curcas* growers showed a positive attitude and aptitude (Likert = 3.5 and 4.2 respectively). Only the attitude was statistically different municipalities ( $P<0.05$ ), suggesting a different level of knowledge of *J. curcas*, with a tendency of some municipalities to have negative show attitudes, possibly because of uncertainty in the market for the product. Farmers have a positive attitude to further integration *J. curcas* agroecosystems, considering even critical scenarios. It can be concluded that farmers have positive attitude and aptitude, regarding to meet the changes to training, technical assistance, financing and organization in the integration of *J. curcas* to local agroecosystems, this as an option to raise money.

Key words: biofuels, farmers' aptitude and attitude, land use change, *Jatropha curcas* and staple crops.

## 2.1 Introducción

A inicios del siglo XX se ha tenido un incremento histórico en los precios y en la demanda de combustibles fósiles. Ante tal situación, se han planteado estrategias y políticas ambientales que permitan, por un lado, disminuir el consumo de combustibles fósiles debido a sus efectos negativos al ambiente, y por otro lado, el desarrollo y búsqueda de tecnologías como los biocombustibles para la producción de combustibles alternos que generen menor impacto al ambiente (Mandujano, 2007; DOF, 2008).

Los biocombustibles son obtenidos a través de un proceso industrial o artesanal a partir de una amplia gama de especies de plantas oleaginosas, entre ellas *Jatropha curcas* L., comúnmente conocida como piñón (Font, 2003). Esta especie pertenece a la familia Euphorbiaceae, y ha adquirido gran relevancia, principalmente como materia prima (semilla) para la producción de biodiesel como energía renovable (Saxena, 2006). En este sentido, el Gobierno del estado de Chiapas, México ha impulsado el Programa de Bioenergéticos desde el año 2007, por el hoy extinto Instituto de Bioenergéticos y Energías Alternativas (IBEA), y hoy día a través del Instituto de Reversión Productiva para la Agricultura Tropical (IRPAT) y la Unión de Sociedades Bioenergéticas Chiapas (USB Chiapas, S.C. de R.L. de C.V.). Este programa tiene el objetivo de establecer 5000 ha en el año 2008 y otras 5000 ha para el 2009 (Notimex, 2009).

En la literatura mundial se reconocen aspectos positivos y negativos de la producción de biocombustibles, particularmente por la competencia con el uso de suelo donde se cultivan alimentos básicos. Una de las consecuencias negativas por introducir el piñón como

monocultivo es el cambio en el uso de suelo, contaminación ambiental por el uso de agroquímicos que se utilizan para llevar a cabo el manejo, la competencia por los recursos suelo y agua, y el impacto a la biodiversidad; factores que en su conjunto contribuyen al cambio climático y al deterioro de los ecosistemas (Wourten *et al.*, 2007). Por otro lado, podría generar impactos sociales directos e indirectos, positivos o negativos, por la venta y renta de tierras o por la asociación de piñón con cultivos básicos, lo que podría poner en riesgo la seguridad alimentaria a nivel local y regional (Ovando *et al.*, 2009). En este contexto, la producción de biocombustibles debe darse de forma sustentable, acorde a las características ecológicas y sociales propias de las regiones de interés, con material genético adaptado a las condiciones ambientales locales y considerando la diversificación y posibles asociaciones, principalmente con los cultivos básicos (Mergeai, 2008), y con ello se optimizan las políticas relacionadas en materia de bioenergía (Openshaw, 2000).

Los productores de la Región Centro de Chiapas, cultivan piñón bajo sistemas de temporal o riego, en suelos de buena calidad, como monocultivo o asociado, con posibles riesgos de costo ambiental, social o económico. Por tanto, es importante obtener información sobre la percepción de los productores acerca de las características y el manejo de sus agroecosistemas al integrar piñón como un nuevo cultivo. En este trabajo el agroecosistema se conceptualiza como el espacio físico de diverso nivel jerárquico (cultivo o finca) donde confluyen factores sociales, económicos y ambientales (Conway, 1985) y que persigue objetivos eminentemente antropocéntricos. En este sentido, el análisis del mismo parte de un enfoque sistémico y multidisciplinario, analizando de manera integral las interacciones entre los elementos (sociales, económicos y ecológicos) que se llevan a cabo dentro y entre agroecosistemas

(Ruíz-Rosado, 2006). Además, las investigaciones sociológicas de los agroecosistemas están basadas, principalmente en captar y analizar la percepción y conocimiento de los productores como tomadores de decisiones en el manejo de los sistemas de producción. La percepción incluye la actitud y aptitud de la población en estudio hacia un cultivo o tecnología en específico. La actitud se concibe como la disposición organizada a pensar, percibir y comportarse hacia un referente u objeto cognitivo y la aptitud como la capacidad de los actores involucrados para afrontar el cambio (Kerlinger y Lee, 2002). Por ello, conocer la actitud y aptitud de los productores sobre las características y el manejo de los agroecosistemas con *J. curcas* permitirá proponer acciones para el adecuado manejo agronómico de su cultivo y del suelo, que contribuyan, entre otros aspectos, a la seguridad alimentaria regional, la producción sustentable de materia prima para la industria de biocombustibles y la mejora de ingresos económicos. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer la actitud y aptitud del productor al integrar el cultivo del piñón (*J. curcas*) a sus agroecosistemas locales en la región centro de Chiapas, México.

## **2.2 Materiales y métodos**

El presente estudio se realizó en la Región Centro Chiapas, México. Esta región representa el 17.72 % del territorio estatal. Se considera la de mayor importancia por su nivel de desarrollo e integra 22 municipios, que se ubican a una altitud entre los 500 y 1000 m (INEGI, 2001). Se seleccionaron ocho de los 22 municipios, donde los productores han establecido plantaciones de *J. curcas* utilizando semilla proveniente de la India, de manera intercalada con otros cultivos de importancia económica local, en monocultivo y como cerco vivo. Los productores

encuestados iniciaban con el cultivo de *J. curcas* y sus plantaciones apenas tenían de 7-19 meses de edad.

Para determinar el tamaño de muestra y aplicar una encuesta, se utilizó el padrón de productores de *J. curcas* inscritos en los años 2007 y 2008, con 3 360 ha, de la Región Centro del Estado de Chiapas, en el extinto Instituto de Bioenergéticos y Energías Alternativas (IBEA). A partir del cual se determinó el tamaño de muestra mediante la fórmula siguiente:

$$n = \frac{n'}{1+n'/N} \text{ siendo: } n' = \frac{s^2}{\sigma^2} \text{ donde: } n \text{ es el tamaño de muestra, } s^2 \text{ es la varianza de la}$$

muestra,  $\sigma^2$  es la varianza de la población en la característica de interés y  $N$  es el tamaño poblacional, siendo de 964 productores de piñón. Donde  $n$  resultó ser de 133 productores a entrevistar y fueron seleccionados mediante un proceso iterativo aleatorio en una hoja de cálculo de Excel.

Se aplicó una encuesta cada productor, mediante un cuestionario, durante el periodo de febrero a marzo del 2009. El cuestionario (Anexo A), se dividió en cinco secciones: I) Datos generales del productor; II) Características del agroecosistema; III) Actitud tecnológica agroforestal (conocimiento) de los productores de piñón; IV) Aptitud de los productores (interés, preferencia, organización, financiamiento, asesoría técnica y capacitación) y V) Intenciones para la siembra de piñón.

Con estadísticas de tendencia central y frecuencias (expresada en porcentajes) se describió el apartado I) Datos generales del productor y II) Características y manejo de los agroecosistemas; se aplicaron correlaciones para determinar la asociación entre algunas

variables de interés y análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de medias (Tukey =  $\alpha$  0.05) para determinar diferencias significativas entre municipios respecto a las características de los agroecosistemas.

La actitud y aptitud respecto a la integración del cultivo de *J. curcas* a los agroecosistemas locales de la región de estudio y la intención para seguir sembrando *J. curcas* se determinaron con el Índice Likert (*IL*) (Espinosa-García y Román-Galán, 1998), considerando el promedio de las respuestas de los reactivos con cinco opciones. Donde 1, se refiere a “Muy en desacuerdo”, 2 “En desacuerdo”, 3 “Indiferente”, 4 “De acuerdo” y 5 “Completamente de acuerdo”.

Cada pregunta correspondió a opciones de actitud de los productores hacia el cultivo del piñón (Índice de Likert respecto a la actitud = *IL:ACT*); aptitud de los productores para el cultivo del piñón (Índice de Likert respecto a la aptitud = *IL:APT*); e intenciones para seguir sembrando *J. curcas* (Índice de Likert respecto a la intención de siembra = *IL:IDS*). El *IL* para cada elemento se obtuvo mediante la siguiente la fórmula:  $IL = \frac{PT}{Ni}$  donde: *IL* = Índice de Likert,

*PT* = Puntuación total y *Ni* = Número total de afirmaciones. También se obtuvo el *IL* promedio (*ILP*) para cada uno de los estratos analizados y finalmente se obtuvo el *IL* general (*ILG*) para todas las características relacionadas con el cultivo del piñón mediante la siguiente

función:  $ILG = \frac{IL:ACT + IL:APT + IL:IDS}{3}$  (Lang-Ovalle *et al.*, 2007). Para determinar

diferencias significativas entre el *IL:ACT*, *IL:IDS* y *IL:APT* de los productores por municipio, se aplicó un ANOVA cuya variable dependiente fue el valor determinado por el índice de

Likert de cada reactivo y como variable respuesta fue el municipio. Posteriormente se aplicó una prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para determinar los municipios con medias estadísticamente diferentes respecto a los resultados de la escala de Likert. Finalmente, los índices de Likert (*IL:ACT*, *IL:IDS* y *IL:APT*) fueron representados mediante gráficos tipo radial, en los cuales se tomó como función los límites de confianza superior e inferior, esto con la finalidad de observar los cambios, positivos o negativos en la actitud y aptitud de los productores, que pudieran ocurrir por adversidades políticas, sociales y ambientales en los agroecosistemas con piñón.

## **2.3 Resultados**

### **Características generales de los productores**

La edad de los productores estuvo correlacionada con escolaridad ( $r^2 = 0.52$ ) y con el tamaño de parcela ( $r^2 = 0.20$ ), y ambos fueron significativos ( $P > 0.05$ ). Esto significa que productores con mayor edad tienen parcelas de mayor dimensión pero tienen menos años de estudio (Figura 8). De acuerdo al Cuadro 4, se encontró que los productores de Ixtapa son los más jóvenes (39.4 años) y con más años de estudio (5.5 años) en comparación con el resto de los productores, cuya edad varió entre 45 y 54 años y entre 2.1 y 4.1 años de escolaridad. El rango del tamaño de la parcela de los productores, en general, se ubicó entre 6.0 y 25.1 ha. El 83.4 % de los productores saben leer y escribir; el 97.7% habita fuera de la parcela y el 95.5% tiene tenencia de la tierra tipo ejidal. Las variables edad, escolaridad y tamaño de parcela no presentaron diferencias significativas entre municipios ( $P > 0.05$ ).

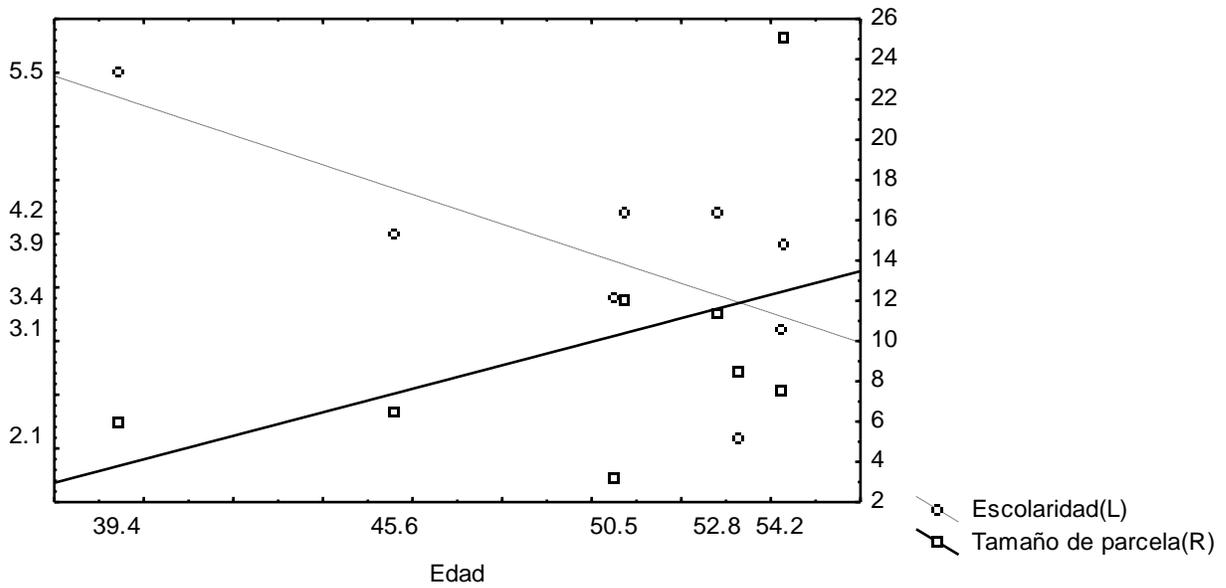


Figura 8. Edad de los productores de piñón asociada a escolaridad y tamaño de la parcela, en la Región Centro del Estado de Chiapas.

El número de integrantes de la familia varió entre cuatro y seis personas y comprendía hijos, hijas y parientes que habitan en la misma casa. El 91 % de los productores han sembrado *J. curcas* importado de la India y el resto la semilla de procedencia Local. Para el 56 % de los productores, el cultivo de mayor importancia económica es el maíz (*Zea mays* L.), seguido del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), tejocote (*Spondias purpurea* L.), cacahuete (*Arachys hipogaea* L.), café (*Coffea arabica* L.) y chayote (*Sechium edule* (Jacq) Swantz). En San Fernando, la ganadería fue la segunda actividad en importancia. Las proporciones y hectáreas sembradas de estos cultivos se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Estadísticas descriptivas de las principales variables por municipio. n= número de productores entrevistados; entre paréntesis se presentan los valores mínimos y máximos observados y junto al promedio la desviación estándar.

Municipio	n (%)	Edad en años (rango)	Escolaridad en años (rango)	Tamaño parcela (ha) (rango)	Leer y escribir		Habitan (parcela)		Tenencia de tierra	
					Si saben	No saben	Fuera	Dentro	Ejidal	Pequeña
Ixtapa	40(30%)	39.4±13.3 (20-76)	5.5±3 (0-12)	6±4.2 (1-22)	35(87.5%)	5(12.5%)	39(97.5%)	1(2.5%)	38(95%)	2(5%)
Chiapa de Corzo	13(9.7%)	54.3±13.2 (35-75)	3.9±3.9 (0-12)	25.1±29.7 (5-100)	11(84.6%)	2(15.3%)	12(92.3%)	1(7.6%)	10(76.9%)	3(23.1%)
Chicoasen	13(9.7%)	50.5±12.5 (35-76)	3.4±2.9 (0-9)	3.2 ±2.9 (1-12)	12(92.3%)	1(7.7%)	13(100%)	-	13(100%)	-
Jiquipilas	14(10.5%)	54.2±13.2 (34-73)	3.1±2.1 (0-6)	7.6 ±4.3 (2.5-16)	12(87.5%)	2(14.3%)	14(100%)	-	14(100%)	-
Ocozocuaula	19(14.2%)	53.3±11.1 (36-84)	2.1±2.1 (0-6)	8.5 ±7.7 (1.2-32)	15(78.9%)	4(21.1%)	19(100%)	-	19(100%)	-
Cintalapa	13(9.7%)	50.7±12.9 (27-70)	4.2±2.9 (0-9)	12±12.5 (2.5-47)	11(84.6%)	2(15.4%)	13(100%)	1(7.7%)	12(92.3%)	1(7.6%)
Acala	13(9.7%)	45.6±11.4 (29-73)	4±4.1 (0-15)	6.5±3.6 (2-15)	9(69.2%)	4(30.8%)	12(92.3%)	-	13(100%)	-
San Fernando	8(6%)	52.8±10.3 (37-67)	4.2±2.9 (0-9)	11.3±16.1 (1-50)	6(75%)	2(25%)	8(100%)	-	8(100%)	-

En el Cuadro 6 se presentan las principales características de los terrenos donde se cultiva piñón variaron en los ocho municipios encuestados. En este sentido, la frecuencia y proporción de la textura del suelo fue la siguiente: el suelo arcilloso estuvo presente en 63 parcelas (47.33 %), pedregoso en 33 parcelas (24.81 %), tierra negra en 15 parcelas (11.28 %), tierra negra-pedregosa en 12 parcelas (9.0 %) y calizo en 10 parcelas (7.5 %). Esta clasificación del suelo estuvo basada en características distintivas y en criterios de uso (Espinosa 2006; 2009). Además se presenta la frecuencia y proporción que tienen respecto a: textura del suelo, pendiente de los terrenos (desde terrenos planos hasta accidentados), el tipo de piñón que tienen sembrado, así como la variedad de cultivos de importancia socioeconómica.

### **Conocimiento de los productores respecto al cultivo del piñón**

En el Cuadro 7 se presentan las características de los agroecosistemas, específicamente se muestra el promedio de hectáreas que se encuentran cultivadas, las asociaciones de los cultivos con *J. curcas* y la vegetación presente. Los municipios de Chicoasén, Jiquipilas, Cintalapa, Acala y San Fernando siembran el piñón en monocultivo en contraste con el resto de los municipios (Ixtapa, Chiapa de Corzo y Ocozocuatla), donde se presenta una mayor diversificación de cultivos. Se encontró que los tamaños de parcela presentan extensiones distintas para realizar las diferentes actividades agrícolas. Todas las parcelas presentan áreas adicionales a la agrícola, como vegetación de tipo acahual-selva y pastizal, que son áreas que funcionan como relictos de selva y como potrero que funcionan para alimentar los animales domésticos.

Cuadro 5. Estructura de las familias por municipio. La variedad sembrada muestra el porcentaje de productores que siembra la variedad indicada y entre paréntesis el valor máximo en ha sembradas por productor. Los cultivos de importancia económica presentan el porcentaje de productores que siembran el cultivo indicado y entre paréntesis el valor máximo de ha sembradas por productor.

Municipio	Familia				Variedad sembrada		Cultivos de importancia socioeconómica					
	Total	Hijos	Hijas	Pariente	India	Local	Maíz	Frijol	Cacahuete	Tejocote	Café	Chayote
Ixtapa	5.3±2.9	1.8±1.7	1.4±1.5	1.9±0.4	100%(2.9ha)	-	85%(1ha)	12.5%(1ha)	-	2.5%(0.5ha)	-	2.5%(0.5ha)
Chiapa de Corzo	5.3±2.2	1.9±1.6	1.4±1.1	1.9±0.7	92.5%(2ha)	7.5%(2ha)	84.6(4ha)	7.7%(1ha)	-	7.7%(0.5ha)	-	-
Chicoasen	4.4±1.3	1.6±1	1.8±0.6	2±0.2	100%(2.6ha)	-	92.3%(3ha)	-	-	7.7%(0.5ha)	-	-
Jiquipilas	5.7±3.6	2±1.7	2.4±1.7	2±0	100%(4.1ha)	-	50%(1.6ha)	35.7%(2ha)	14.3%(1ha)	-	-	-
Ocozocuautila	7±2.9	2.8±1.5	1.8±1.3	2.3±0.8	84.2%(3.4ha)	15.8%(4ha)	26.3%(1ha)	26.3%(1ha)	-	-	42.1%	-
Cintalapa	5.7±2.1	2±1.3	1.7±1.1	1.9±0.2	93.3%(5ha)	7.7%(5ha)	61.5%(1ha)	7.7%(1ha)	23%(1ha)	7.7%(0.5ha)	-	-
Acala	5±1.8	1.6±1.1	1.3±1	1.9±0.2	93.3%(2.9ha)	7.7%(1ha)	38.4%(1.5ha)	38.4%(1ha)	-	23.2%(0.5ha)	-	-
San Fernando*	6±1.3	2±0.5	2±0.9	2±0	100%(2ha)	-	87.5%(2ha)	-	-	-	-	-

\*El restante 12.5% está destinado a la ganadería.

Cuadro 6. Características de los agroecosistemas integrados con piñón en la Región Centro del Estado de Chiapas.

Municipio	Textura del suelo				Pendiente del terreno				Procedencia de la planta	
	Pedregoso	Arcilloso	TNP*	Calizo	TN**	AC <sup>1</sup>	Muy AC	Plano	India	Local
Ixtapa	6(15%)	28(70%)	4(10%)	1(2.5%)	1(2.5%)	30(75%)	4(10%)	6(15%)	100%	-
Chiapa de Corzo	2(15.4%)	9(69.2%)	-	2(15.4%)	-	11(84.6%)	-	2(15.4%)	92.3%	7.7%
Chicoasen	3(23%)	4(30.7%)	1(7.7%)	2(15.3%)	3(23%)	11(84.6%)	-	2(15.4%)	100%	-
Jiquipilas	7(50%)	5(35.7%)	-	2(14.3%)	-	12(85.7%)	-	2(14.3%)	64.2%	35.7%
Ocozocuautila	2(10.5%)	11(57.89%)	1(5.3%)	-	5(26.3%)	17(89.4%)	1(5.3%)	1(5.3%)	84.2%	15.8%
Cintalapa	8(61.5%)	3(23%)	1(7.7%)	1(7.7%)	-	2(15.3%)	-	11(84.7%)	92.3%	7.7%
Acala	1(7.6%)	2(15.4%)	4(30.7%)	2(15.3%)	4(30.7%)	7(53.8%)	-	6(46.2%)	84.6%	15.4%
San Fernando	4(50%)	1(12.5%)	1(12.5%)	-	2(25%)	6(75%)	1(12.5%)	1(12.5%)	100%	-

\*Tierra negra pedregosa; \*\*Tierra negra; <sup>1</sup>Accidentado.

Cuadro 7. Hectáreas que tiene un productor sembradas por cultivo en el total de su parcela. Se presenta el tipo de cultivos asociados y área adicional (pastizal y/o acahual-selva) presente en los agroecosistemas integrados con piñón de ocho municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas.

Municipio	Diversificación de cultivos (ha), en los agroecosistemas											
	Maíz-frijol	Frijol-piñón	Maíz-piñón	Maíz-frijol-piñón	Maíz-calabaza-piñón	Maíz-cacahuete-piñón	Pastizal	Acahual-selva	Frijol	Piñón	Maíz	Cacahuete
Ixtapa	-	0.05	26	0.3	0.05	-	1.7	7	-	-	-	-
Chiapa de Corzo	-	-	24	0.6	0.03	-	7.4	2.2	-	-	-	-
Chicoasen	-	-	20.7	-	-	-	0.6	0.07	0.9	2.5	-	-
Jiquipilas	-	-	14.5	0.8	0.3	0.17	12.7	-	-	3.2	-	-
Ocozucuaatla	0.2	0.1	0.5	0.1	-	0.1	2.1	1	-	-	-	-
Cintalapa	-	0.2	1.4	-	-	0.1	2.6	0.6	-	2.5	0.8	0.4
Acala	-	-	2.0	-	0.7	0.5	0.8	1.2	0.9	0.3	0.3	-
San Fernando	-	-	1.7	-	-	-	5.3	-	-	1	0.6	-

Con respecto a la sanidad del cultivo, los productores indicaron la presencia de plagas que consumen la semilla del *J. curcas* cuando el fruto está maduro. Entre estas destacan: reptiles como lagartijas (*Sceloporus spp.*); insectos, como: hormigas arrieras (*Atta spp.*) y gusano falso medidor (*Trichoplusia spp.*); aves, como: paloma de ala blanca o torcaza (*Zenaida asiatica*), de ala negra (*Columbus spp.*) perdiz (*Perdix perdix*) y pájaros: aguilucho cenizo (*Circus pygargus*), zanate (*Quiscalus mexicanus*), correcamino (*Geococcyx californianus*), urraca (*Pica pica*), cotorro (*Amazona finschi*) y chachalaca (*Ortalis vetula*). Además de mamíferos como la rata de campo (*Liomys salvini*) y ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*), zorro (*Urocyon cinereoargenteus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), zorrillo (*Spilogale angustifrom*), tejón (*Nasua narica*) y ardilla roja (*Sciurus aureogaster*). El 42 % de los productores mencionaron que las vacas no consumen las semillas del piñón por razones de palatabilidad, el 48 % desconoce si

las vacas consumen las semillas de piñón y el 10 % mencionó que las vacas no tienen el hábito de consumir las semillas, porque la variedad de piñón es tóxica.

Los usos del piñón son diversos. En orden de importancia están los siguientes: cerco vivo (57 %), materia prima para biodiesel (30.8 %), medicinal (9.7 %) y leña (1.5 %). Las principales características del piñón señaladas fueron que se desarrolla en suelos pobres (83.4 %), crece en terrenos con pendiente (11.2 %), es susceptible a la humedad del suelo (0.2 %), no se utiliza para leña por que se consume rápidamente, no produce brazas y genera exceso de humo (5.2 %). El uso medicinal que se le da a las hojas es para curar el herpes labial, como anticoagulante en heridas, para aliviar hinchazón en los pies, tiene acción fúngica y puede eliminar verrugas (Cuadro 8).

Respecto a la siembra y manejo del cerco vivo, el 66.1 % realizan el corte de las varetas en la época de sequía (enero a mayo); el 32.1% durante el transcurso del año y el 1.8 % no le da manejo al cerco vivo. Del total de productores, el 81 % siembran el piñón por medio de varetas o estacas en cepas (10 %) y el 9 % desconoce el tipo de siembra. Del 81 % de los que siembran varetas, el 34.3 % usan varetas de un tamaño promedio de 1.5 m, un 15.8 % lo hace con varetas de 0.8 m y el 49.9% otros tamaños diversos que van desde 0.5 m hasta 2 m. Respecto a los cercos vivos, el 49 % de productores no realiza podas al árbol del piñón y el 51 % hace de una a dos podas al año al nivel del cerco y le corta las ramas más rectas para reposición de fallas o siembra de cercos vivos en otras áreas de su propiedad.

El 40 % de los entrevistados mencionaron que las principales plagas del piñón de los cercos vivos son gusanos, arrieras y otros insectos de menor importancia y daño. El 59 % manifestaron que no realizan el control de éstas y el restante 41 % desconoce el tipo de productos específicos para su control, lo cual está relacionado con su desconocimiento del tipo de plagas y enfermedades. Respecto al piñón como cultivo, el 49 % han observado enfermedades que dañan la planta de *J. curcas*, como manchas en el fruto y defoliaciones. El 40 % desconoce si existe alguna plaga y enfermedad específica que dañe la planta y el 11 % expresó que no tiene plagas.

El 91.7 % de los productores recibió capacitación por el IBEA y el 1.5% capacitación externa. Básicamente la capacitación ha consistido en la siembra y manejo en general del cultivo (control de plagas y enfermedades, poda, comercialización, gestión de recursos, reproducción en vivero, densidad de siembra, entre otros). El 6.7 % de productores no ha recibido ningún tipo de capacitación.

### **Actitud de los productores**

El *ILP:ACT* demostró que los productores tienen una actitud alta (>3) respecto a la integración del piñón a los agroecosistemas locales (Cuadro 8). Es decir, los productores tienen conocimientos de la siembra del piñón; indicando que la variedad de piñón Local es la que propaga vegetativamente mejor en comparación con la de la India. Los productores consideran que existe buena asociación del piñón con cultivos básicos como maíz, frijol, tejocote, cacahuete, calabaza y café (Cuadro 8). Por otro lado, se observó que los productores pueden seguir teniendo una actitud positiva (límite de confianza superior) para el manejo del cultivo del piñón. Sólo en los municipios de Acala, Ocozocuatla, Chicoasen y Chiapa de Corzo los productores

posiblemente puedan manifestar una actitud desfavorable (límite de confianza inferior) respecto al cultivo de piñón (Figura 9), posiblemente por la incertidumbre en el mercado de la materia prima (venta de semillas).

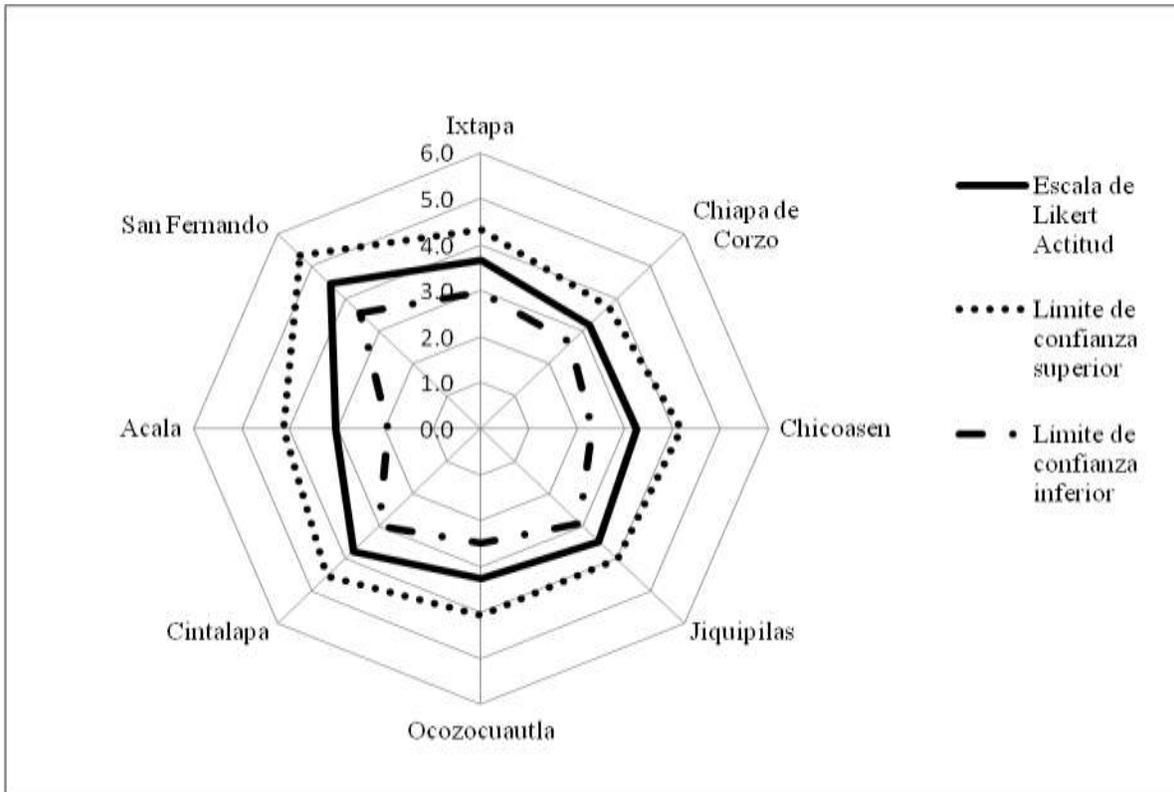


Figura 9. Tendencia de la actitud de productores en municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas, para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas.

Cuadro 8. Escala de Likert por reactivo y municipio estudiado para la actitud de los productores respecto al piñón en la Región Centro del Estado de Chiapas. Con una actitud positiva más baja en Acala (3.0) y más alta en San Fernando (4.5).

Reactivos	Municipios de la zona centro del estado de Chiapas								Índice Likert
	Ixtapa	Chiapa de Corzo	Chicoasen	Jiquipilas	Ocozocoautla	Cintalapa	Acala	San Fernando	
1. La variedad local germina mejor	3.8	3.1	3.4	3.5	3.1	2.6	2.6	5	<b>3.4</b>
2. Es sano el estado de su cultivo de piñón	4.2	3.1	2.6	2.7	3.1	4.2	2.3	4.3	<b>3.3</b>
3. Es buena la asociación piñón-cultivos de interés socioeconómico	3.5	3.3	2.3	3.5	2.8	3.4	2.6	3.7	<b>3.1</b>
4. Su piñón es tóxico	2.5	2.9	2.6	2.8	2.8	3.8	1.9	5	<b>3.0</b>
5. Es buena la opción del monocultivo del piñón	2.7	2.8	3	3.2	3	2.6	2.3	5	<b>3.1</b>
6. La fauna silvestre consume la semilla piñón	3.6	2.9	5	3.9	2.3	4.6	3.4	2.5	<b>3.5</b>
7. El piñón es un árbol multiusos	4.1	3	2.3	3.2	3.2	4.2	2.6	5	<b>3.5</b>
8. El piñón tiene características para producir biodiesel	4.1	3	3.8	4.2	4.4	4.2	4.6	5	<b>4.2</b>
9. Le da un uso medicinal a la partes de la planta de piñón	4.5	4.6	4.2	4.2	4.7	4.6	5	5	<b>4.6</b>
10. El piñón puede sembrarse en cualquier época del año	3.5	3.3	3.2	3.5	3.3	3.5	3	4	<b>3.4</b>
<b>Índice Likert para actitud del productor hacia el cultivo del piñón (ILP:ACT)</b>	<b>3.7</b>	<b>3.2</b>	<b>3.2</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.8</b>	<b>3.0</b>	<b>4.5</b>	<b>3.5</b>

### **Aptitud de los productores**

Respecto al *ILP:APT* los productores manifestaron aptitudes positivas ( $>3$ ) hacia el cultivo del piñón. El 93.2% de los productores que han recibido asistencia técnica y capacitación manifestaron su interés para seguir recibiendo capacitación, por recibir apoyos gubernamentales por la siembra del piñón y tienen preferencia de cultivar el piñón comparado con la siembra de cultivos básicos y de ser posible rentarían tierras e invertirían para la siembra del piñón. Además, si tuvieran la posibilidad económica, comprarían tierras para la siembra de este cultivo. La mayoría de estos productores se encuentran organizados para recibir apoyos gubernamentales, con la gestión y buen funcionamiento de la USB Chiapas (Cuadro 9). Los productores mostraron una aptitud positiva para seguir aprendiendo del manejo de piñón, ya que lo ven como un cultivo prometedor (límite de confianza superior; Figura 10).

Cuadro 9. Escala de Likert por reactivo y municipio de la aptitud (capacidad) de los productores para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas, de la Región Centro del Estado de Chiapas.

<b>Aptitud tecnológica de los productores hacia el cultivo del piñón</b>	<b>Ixtapa</b>	<b>Chiapa de Corzo</b>	<b>Chicoasen</b>	<b>Jiquipilas</b>	<b>Ocozocuatla</b>	<b>Cintalapa</b>	<b>Acala</b>	<b>San Fernando</b>	<b>Índice Likert</b>
1. Recibe capacitación sobre el cultivo del piñón	4,5	4,6	5	5	3,6	5	4,2	5	<b>4,6</b>
2. Le interesa recibir capacitación sobre el cultivo de piñón	4,6	5	4,6	5	4,7	5	5	5	<b>4,9</b>
3. Cómo considera los programas de apoyo gubernamentales al piñón	5	4,6	5	5	4,7	4,6	5	4,3	<b>4,8</b>
4. Prefiere cultivar piñón en comparación a los cultivos básicos	4,6	5	5	4,2	5	5	4,6	5	<b>4,8</b>
5. Está dispuesto a organizarse para obtener recursos para cultivar piñón	3,1	3	3,8	3,9	3,1	2,6	2,3	4,3	<b>3,3</b>
6. Rentaría tierras para el cultivo del piñón	3	3,4	3	3,9	3,1	3,4	3	4,3	<b>3,4</b>
7. Compraría tierras para el cultivo del piñón	3,5	2,6	3,4	4,6	3,6	2,6	3,4	4,3	<b>3,5</b>
8. Pertenece a alguna organización para el cultivo del piñón	5	5	3,4	4,6	5	5	4,2	5	<b>4,7</b>
9. Recibe financiamiento para el cultivo de piñón	4,8	5	5	4,6	5	5	4,2	5	<b>4,8</b>
10. Es bueno el funcionamiento de la organización en la que participa	3,8	3	3	2,5	2,8	4,2	2,6	4,3	<b>3,3</b>
<b>Índice Likert para aptitud tecnológica de los productores hacia el cultivo del piñón (ILP:APT)</b>	<b>4,2</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,1</b>	<b>4,2</b>	<b>3,9</b>	<b>4,7</b>	<b>4,2</b>

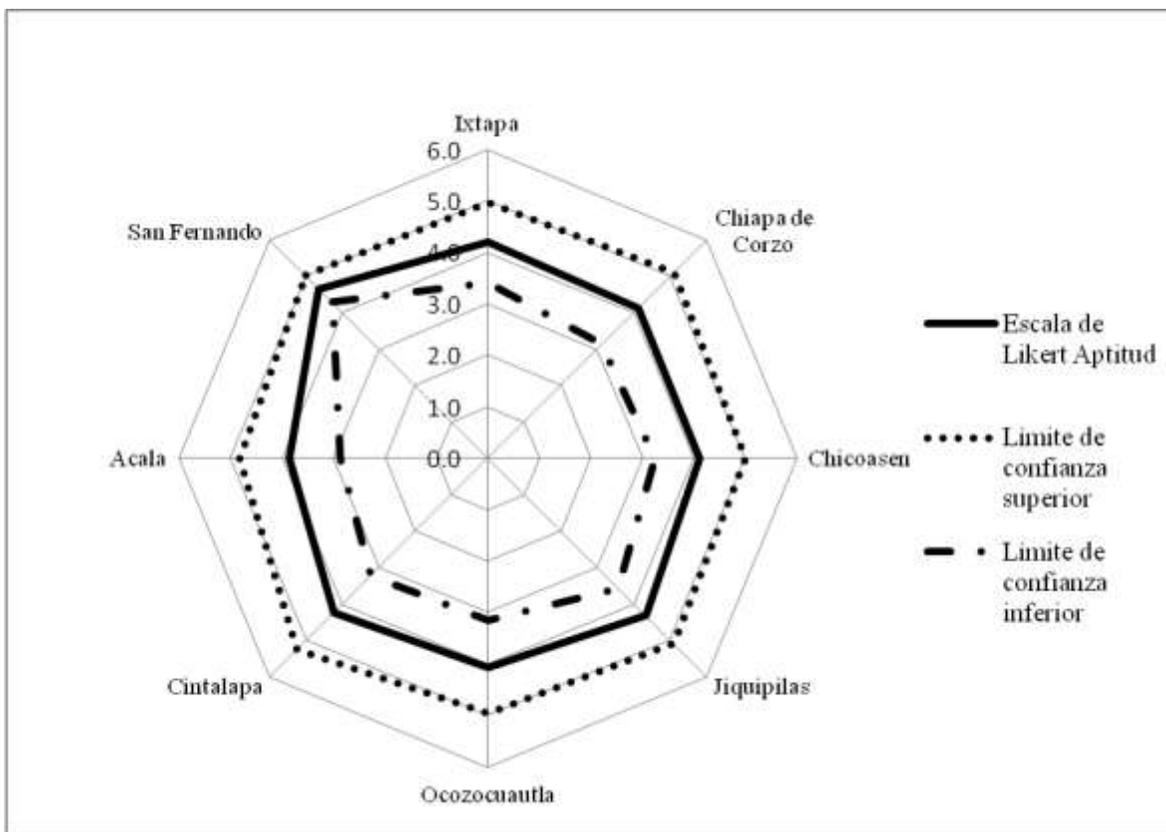


Figura 10. Tendencia de la aptitud de productores en municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas, para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas.

### Intenciones de seguir sembrando piñón

Por otra parte, el *ILP:IDS* indicó que los productores tienen la intención de seguir cultivando el piñón, y le dan varios usos al piñón. Consideran que la variedad Local, es una planta rústica que no requiere muchos cuidados. Sin embargo, el 91% tienen sembrado piñón introducido de la India. Los productores indican que la siembra de piñón no desplaza sus principales cultivos y creen que el piñón no se da bien asociado.

Han recibido capacitación y asesoría técnica, aunque esta ha sido enfocada más a la gestión de los recursos económicos. Asimismo, los productores creen que el piñón se desarrolla bien en su parcela y manifestaron que el piñón es la mejor alternativa para obtener ingresos

económicos que repercutirán en la mejora de su calidad de vida. Consideran que de ser rentable el cultivo, este impulsaría la compra de tierras. Cabe resaltar, que los productores del municipio de Acala no mostraron disposición de seguir cultivando piñón (Cuadro 10). Pero en general, los productores pudieran no tener la disposición de seguir integrando piñón a sus agroecosistemas, ya que el límite de confianza inferior (Figura 11) indica que la escala de Likert es menor a 3, lo cual representa una actitud desfavorable que pudiera darse por situaciones adversas, por ejemplo, el desplazamiento de cultivos o por integrar otras especies de plantas que les reditúen mayores beneficios económicos o bien, porque el gobierno no cumple con sus expectativas.

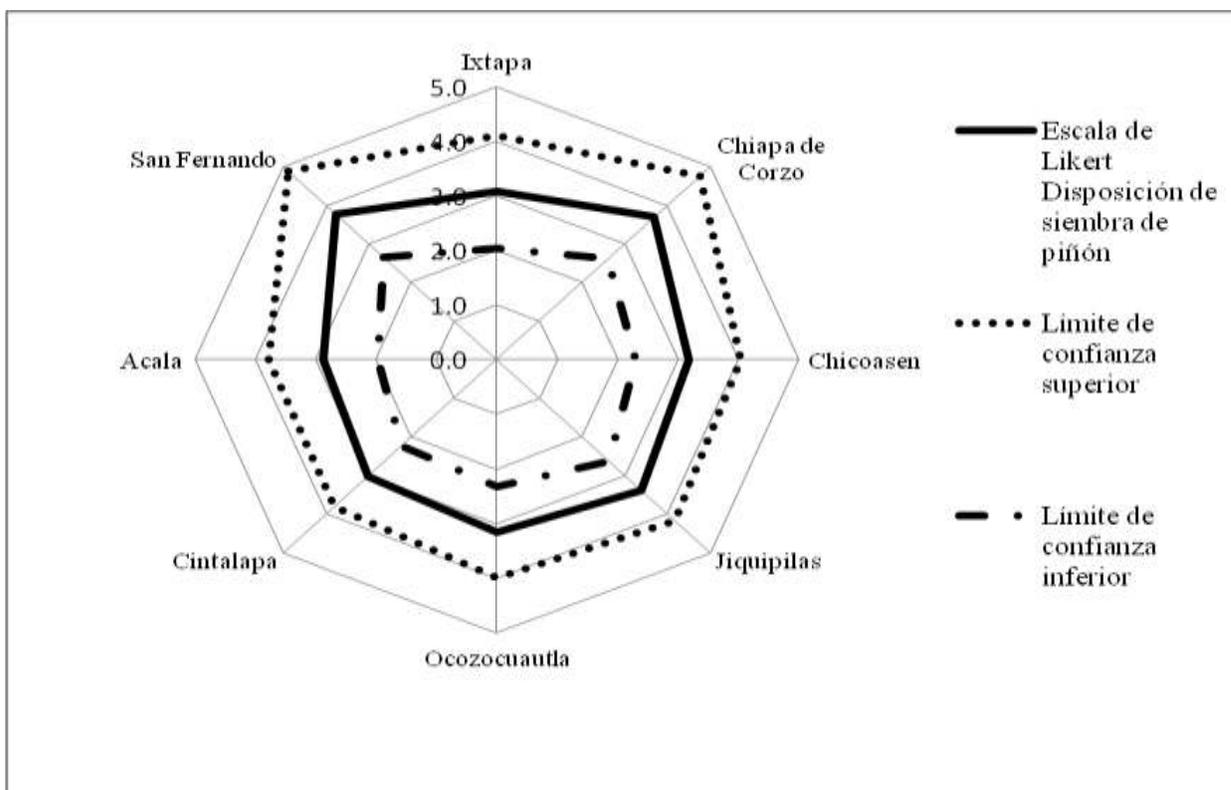


Figura 11. Tendencia positiva y/o negativa de la intención del productor, de seguir sembrando piñón en la Región Centro del Estado de Chiapas.

Cuadro 10. Escala de Likert por reactivo y municipio de la Región Centro de Chiapas, respecto a la intención de sembrar el piñón.

Reactivos/municipios	Ixtapa	Chiapa de Corzo	Chicoasen	Jiquipilas	Ocozocoautla	Cintalapa	Acala	San Fernando	Índice Likert
1. La partes de la planta de piñón puede tener diferentes usos	2,1	5	3	4,2	4,2	2,3	3,8	5	<b>3,7</b>
2. La planta de piñón variedad local no requiere de manejo	4,1	4,2	3,8	3,9	3,1	3,4	2,3	3,7	<b>3,6</b>
3. El piñón puede desplazar su cultivo más importante	2	1,9	1,1	2,5	2,1	1,5	3,4	1,2	<b>2,0</b>
4. El piñón se desarrolla mejor asociado a sus cultivos	1,6	3,4	3	2,1	1,5	3,8	1,5	5	<b>2,7</b>
5. Su cultivo de piñón tiene plagas y enfermedades	3	2,6	2,6	3,9	2,8	3,4	1,9	4,3	<b>3,1</b>
6. Tiene conocimiento suficiente para poder cultivar piñón	2,3	2,6	3,8	3,2	3,1	2,6	3	4,3	<b>3,1</b>
7. Existe suficiente mercado para el comercio del piñón	3,2	3,4	3	4,2	3,6	2,6	2,3	3,1	<b>3,2</b>
8. El piñón se desarrolla bien en su parcela	4,1	4,2	4,2	3,9	3,9	4,2	4,2	3,1	<b>4,0</b>
9. El cultivo de piñón es una alternativa para obtener ingresos	4,3	4,6	3,4	3,5	3,4	3,4	2,6	3,7	<b>3,6</b>
10. La apertura al cultivo de piñón genera la compra de tierras	4,1	5	3,8	2,5	3,9	3	3,8	4,3	<b>3,8</b>
<b>Índice Likert de intensiones de siembra del piñón (ILP:IDS)</b>	<b>3,1</b>	<b>3,7</b>	<b>3,2</b>	<b>3,4</b>	<b>3,2</b>	<b>3,0</b>	<b>2,9</b>	<b>3,8</b>	<b>3,3</b>

El *ILG* resultó ser de 3.6, lo cual determina que las características de percepción de los productores hacia cultivo del piñón fueron positivas ( $> 3.0$ ) en los tres caracteres evaluados (actitud, aptitud y disposición de siembra). El ANOVA reveló diferencias estadísticas respecto al *ILP:ACT* entre municipios ( $F_{7,64} = 3,3165$ ;  $P = 0.004$ ), siendo el municipio de San Fernando el que mostró una mayor actitud (Tukey,  $P < 0.05$ ), mismo que se esquematiza en la Figura 12. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticas respecto al *ILP:APT* ( $F_{7,72} = 0,7343$ ;  $P = 0.64$ ), ni para el *ILP:IDS* ( $F_{7,72} = 1,1604$ ;  $P = 0.3362$ ), lo cual se observa en las Figuras 13 y 14.

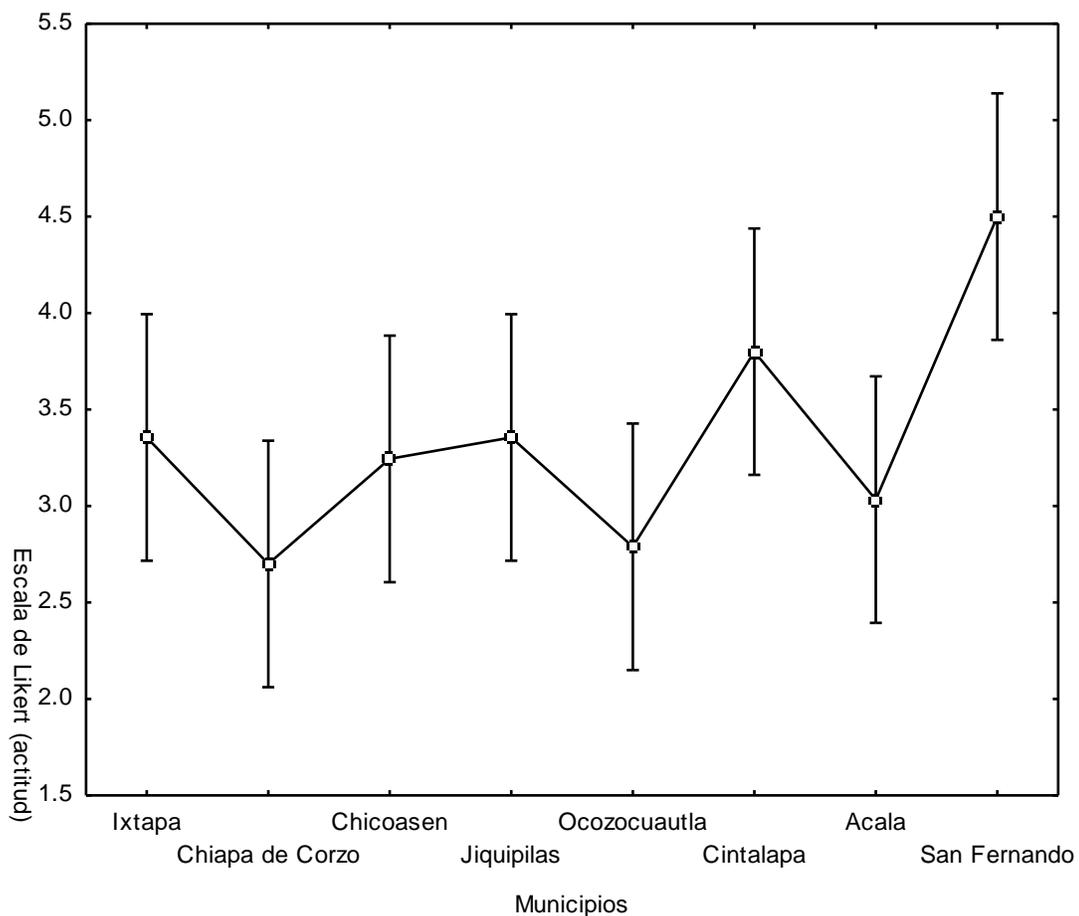


Figura 12. Actitud de los productores en municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas, para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas

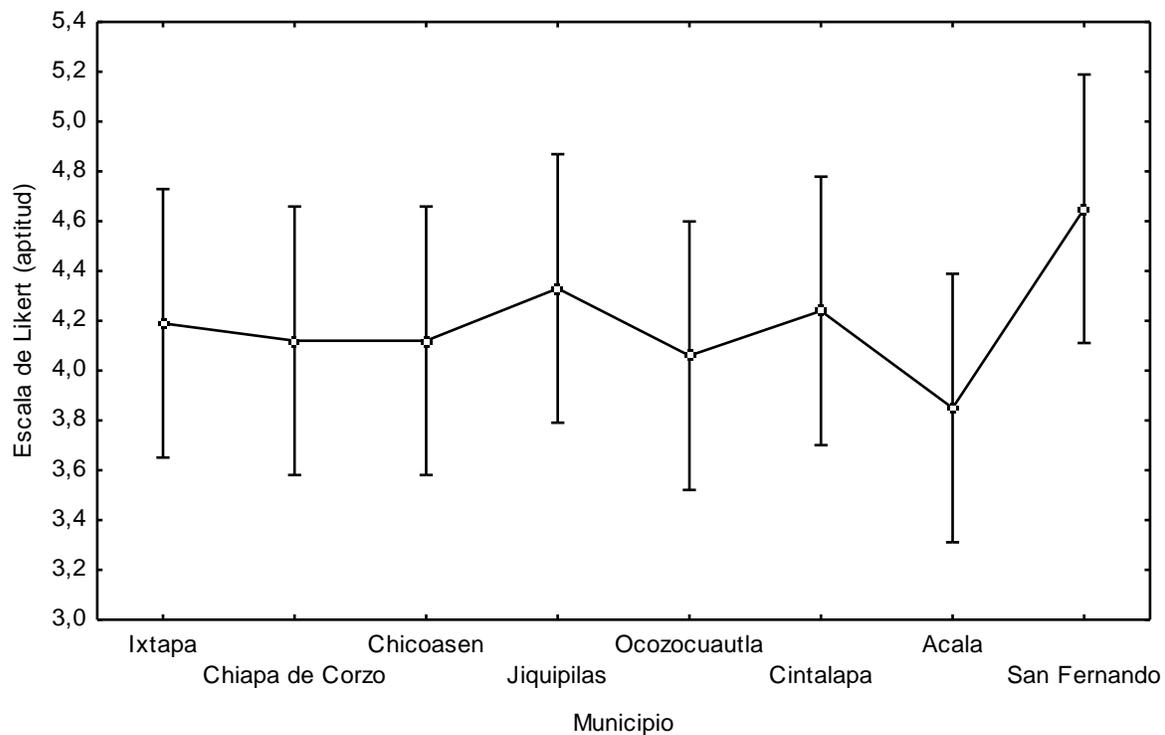


Figura 13. Aptitud de productores en municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas, para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas.

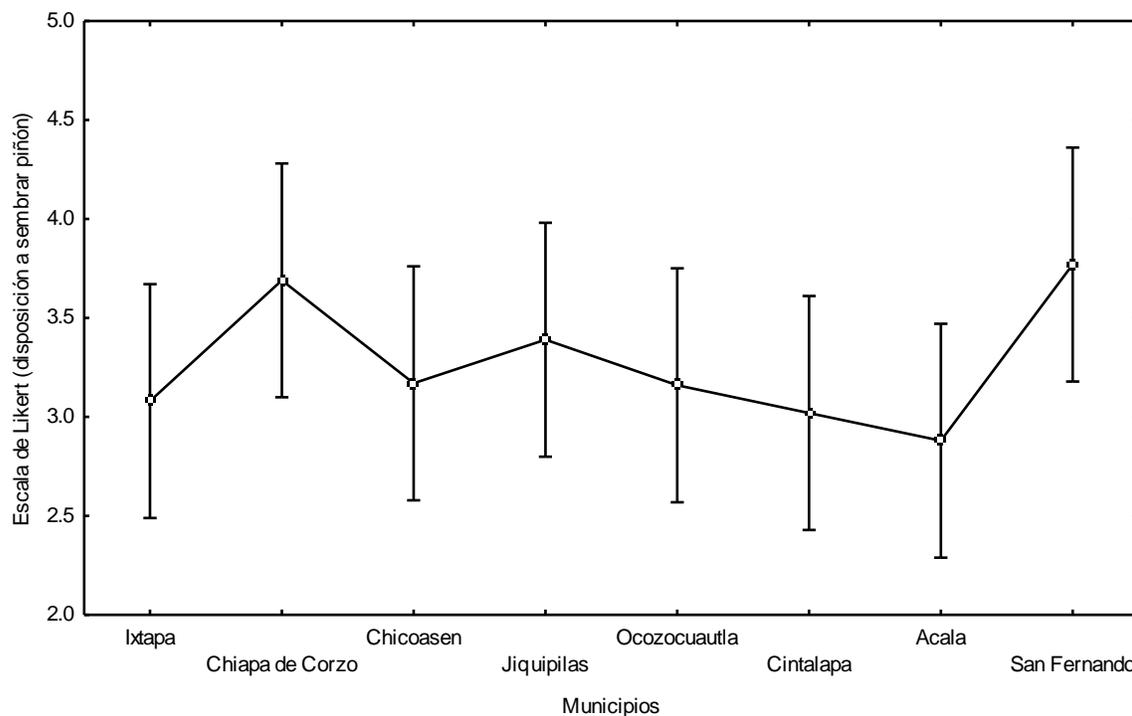


Figura 14. Intensión de productores en municipios de la Región Centro del Estado de Chiapas, para seguir integrando *J. curcas* en sus agroecosistemas.

## 2.4 Discusión

La edad de los productores entrevistados fue en promedio superior a los 40 años, y realizan alguna actividad distinta al trabajo de campo. El nivel medio de escolaridad es de 3.8 años, muy por debajo del promedio estatal (6.1 años de escolaridad) y nacional (8.1 años de escolaridad) (INEGI, 2005); esto evidencia el rezago educativo en las áreas rurales. 22 productores (16.5 %) son analfabetas, dato similar a lo reportado por INEGI (2005), que indica que 21 de cada 100 personas a nivel nacional no sabe leer y escribir. Además, el nivel de escolaridad disminuye conforme aumenta la participación de la población en actividades del sector primario. Esto, en parte podría ser una de las razones del porqué los productores obtienen mínimos ingresos que resultan de la actividad productiva primaria, lo cual mantiene a la población en una condición de rezago y pobreza y conlleva a limitar su inserción en mercados laborales de mayor remuneración (Méndez, 2004).

El tamaño promedio de la parcela cultivada con piñón presentó dimensiones similares en todos los municipios estudiados; lo cual puede ser resultado de diversos procesos políticos e históricos del reparto equitativo de tierras a los indígenas de Chiapas (Reyes, 1992). El tipo de tenencia de la tierra es mayormente ejidal y solo una pequeña porción es pequeña propiedad. Esto concuerda con la categorización de propiedad social de Núcleos Agrarios en Chiapas (INEGI, s/f). Por otro lado, el tamaño promedio del núcleo familiar fue de entre 4 a 6 personas. Esto puede deberse a que los productores de los municipios estudiados son familias colonizadoras, en las cuales se expresa un alto potencial reproductivo, pudiendo llegar a ser de hasta siete personas por familia (Ortiz y Toledo, 1998). El 100 % de los productores están organizados dentro de la USB Chiapas, constituida desde el 30 de abril de 2008 y que agrupa

a Sociedades Bioenergéticas Municipales en todo el Estado de Chiapas, organización que les ayuda a obtener los recursos económicos en el rubro de bioenergéticos (Wiersum, 1989).

La pendiente de los terrenos es menor al 5 % y tipos de suelo Fluvisol, profundos y fértiles. También existen pendientes entre 5 y 15 %, formadas de gneiss y rocas volcánicas a partir de periodos sucesivos de erosión, generando terrenos con diferentes latitudes. La mayor predominancia del suelo Fluvisol con una pendiente menor a 5 % son por lo general fértiles, en cambio aquellos suelos con pendientes mayores son por lo general suelos degradados de baja fertilidad, por ejemplo los Luvisol y Acrisol (FAO, 1973; Villar-Sánchez *et al.*, 2003). El tipo de suelo fue variable, siendo efecto de los cambios de uso de suelo que se han presentado en Chiapas. Por ejemplo, en la región de Los Altos, en donde existe un gran número de áreas cuya fertilidad se ha reducido provocando decrecimiento en la producción de los principales cultivos (Díaz *et al.*, 1999; Álvarez-Solís y Anzueto-Martínez, 2004). Esto indica que, posiblemente, en algunos municipios se cultiven mayores extensiones de cultivos básicos en comparación con otros municipios, donde la producción es más rentable.

El piñón sembrado a partir de material vegetativo de la India fue el que predominó; esto es debido al otorgamiento gratuito de plantas y semillas por parte del IBEA, aunado a la escasez de semilla local y al impulso al proyecto de bioenergéticos por el Gobierno del Estado de Chiapas en el año 2007. Sin embargo, resulta necesario una caracterización taxonómica y genética que determine si existen diferencias ecotípicas entre los materiales locales con los de la India y además que se determinen los factores agroecológicos que coadyuvan al desarrollo de las variedades.

El maíz es el cultivo que predominó al estar asociado con el piñón; esto debido a que forma parte de la dieta de las comunidades de todo el estado de Chiapas y aporta los mayores ingresos económicos a las familias. También se encontró que los cultivos de frijol, cacahuete, calabaza y tejocote son importantes, lo cual coincide con lo reportado por Villafuerte y García (2006), y el café para el municipio de Ocozocuatla.

Las diferencias estadísticas respecto a la actitud de los productores entre municipios, puede explicarse porque en algunos municipios los productores han sembrado por años el piñón local pero sólo como cerco vivo y en forma de estaca, lo que ha proporcionado un cúmulo de experiencia, y actualmente aplican ese conocimiento en las siembras comerciales donde han integrado el piñón. En contraste, en ciertos municipios, los productores no conocían la planta hasta la introducción como cultivo al estado de Chiapas en el año 2007, por el IBEA. Esto explica que los productores están en el proceso de conocer la planta ahora como cultivo. Han encontrado que la semilla Local germina mejor que la de procedencia de la India. Según los productores, sus plantaciones de piñón India presentan una “mala sanidad” por la presencia de ciertas plagas. Será importante determinar la susceptibilidad de plagas entre ambos materiales y la factibilidad de introducción de enfermedades debido a la introducción de material vegetativo de la India a las plantaciones del piñón. Además, cuantificar las pérdidas en producción y rentabilidad debido a frutos vanos (Makkar y Becker, 2009). De acuerdo a los resultados obtenidos en la fecha de encuesta los pequeños productores del municipio de Acala no tuvieron disposición de seguir sembrando el piñón en monocultivo. Posiblemente por la ausencia de ingresos en los primeros años de establecida la plantación, por la edad de las plantas y como cultivo asociado a cultivos de importancia socioeconómica, siguen obteniendo

ingresos a lo largo del año (Singh *et al.*, 1996). Según la experiencia de los productores han visto animales que se comen el piñón (principalmente las semillas), le dan algunos usos a la planta del piñón además de cultivarla como: cerco vivo y medicinal. Asimismo, manifiestan que las principales características del piñón es que crece en terrenos pobres en nutrientes, en terrenos con pendiente, es susceptible a la humedad, crece en suelos pedregosos y con alta pendiente y que no sirve para leña, porque es “bofo” y se le dan usos medicinales diversos, algunos de estos reportados por Jones y Miller (1992).

En el contexto del índice de Likert respecto a la intención de siembra del piñón (*IL:IDS*), los productores manifestaron las acciones para iniciar a cultivar piñón. Esto podría ser porque en sus inicios el gobierno estatal a través de sus comisiones e institutos formados, impulsaron el cultivo de piñón bajo un esquema alentador para los productores incluyendo la rentabilidad por buenos precios de la materia prima, precisamente por las necesidades del mercado de biodiesel. Además, el Programa Pro-árbol de la CONAFOR, incluyó al piñón como una planta forestal no maderable, por lo que los productores pueden tener acceso a recursos económicos siempre y cuando también sea aprobado por la CONAFOR ya que ésta certifica los predios mediante una aprobación y posterior evaluación en campo en apego a la normatividad (Martínez *et al.*, 2010). Además los productores comentan que ya no les es rentable sembrar cultivos básicos como el maíz y frijol, aunque perciben un apoyo adicional, por PROCAMPO para el cultivo de maíz y apoyo para el cultivo de café. Sin embargo, en la actualidad la parte de la transformación y comercialización, aún no está operando como tal y tampoco hay un esquema claro de la participación del productor. Sobre todo porque los productores aún no comercializan la cosecha de piñón por los escasos volúmenes de cosecha resultado del ensayo

de las plantas en este primer año, por lo que la intención de seguir sembrando podría cambiar si el cultivo de piñón no llega a ser rentable para el productor y muy posiblemente muchos optarán por dejar de considerar al piñón como un cultivo alternativo promisorio, tal y como se señala en la Figura 9.

El no encontrar diferencias estadísticas indica que todos los productores tienen prácticamente la misma percepción respecto a la integración del cultivo del piñón. La nula existencia de diferencias significativas respecto a la aptitud de los productores hacia el cultivo del piñón podría estar determinada por la uniformidad de la información que la USB Chiapas, como organización de los productores de piñón les transmite a sus agremiados: capacitación, asesoría técnica, financiamiento y la misma organización. El 100 % recibe la misma capacitación y asesoría técnica como parte de la gestión de recursos económicos, el 100 % aceptó apoyos económicos iniciales para la siembra del piñón, en calidad de préstamo a pagar cuando el apoyo CONAFOR fuera aprobado y el 100 % de los productores pertenece a esta organización. Esto sugiere que están recibiendo las mismas condiciones para asumir el cambio a la aceptación de un cultivo que además lo visualiza como un cultivo alternativo rentable. Estas aptitudes son importantes de considerar, pues en caso de alta rentabilidad del cultivo se podrían emplear tierras de buena y muy buena calidad para el cultivo del piñón. Esto podría ser una opción favorable sobre todo para pequeños productores (<5 ha), que pudieran cultivar rentablemente el piñón asociado con cultivos alimenticios, como cultivos compuestos con maíz y frijol, hasta determinada edad de las plantas de piñón por el cierre de copa, mediante un sistema de podas y muy posiblemente en monocultivo después de cierta edad, por lo que estudios futuros deben realizarse para demostrar la viabilidad de lo anterior. Por ello es

importante que las instituciones involucradas en el fomento de los biocombustibles apliquen la normatividad que regule y vigile el desarrollo del proyecto de los biocombustibles (Openshaw, 2000). También debe de considerarse que si el cultivo de piñón no fuera rentable, los productores podrían desistir de seguir con el cultivo, aunque tengan las mismas condiciones de capacitación, asesoría y organización.

Se observaron escenarios donde la actitud, aptitud y disposición de los productores pudieran cambiar respecto a integrar el piñón a sus agroecosistemas (Figuras 9, 10 y 11). Esto pudiera suceder en virtud de los cambios en los precios de los combustibles fósiles y de los propios biocombustibles, en mayores inversiones para el manejo del piñón, rentabilidad del mismo o cambios en las políticas públicas que no favorezcan el desarrollo de este cultivo (Tabuti *et al.*, 2009).

## **2.5 Conclusiones**

Existen diversas características agronómicas (suelo y manejo del cultivo) en los agroecosistemas integrados con piñón de la Región Centro de Chiapas. De acuerdo a la hipótesis planteada sobre la actitud de los productores, los resultados sugieren que los productores están dispuestos a seguir integrando *J. curcas* en los agroecosistemas locales de la Región Centro del Estado de Chiapas, ya que tienen actitud positiva para seguir sembrando piñón, con una diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) entre municipios, muy posiblemente determinada por el conocimiento y desconocimiento en otros sobre el cultivo de piñón, además de una tendencia desfavorable en algunos de los municipios, por la incertidumbre en el mercado del producto y bajo el supuesto de que los productores tienen aptitud técnica

agroforestal, la hipótesis tampoco se rechaza ya que los productores tienen la misma aptitud al responder de igual forma a los cambios en materia de capacitación, asesoría técnica, financiamiento y organización, aún en escenarios críticos y lo consideran como una alternativa para obtener ingresos económicos y mejorar su calidad de vida, considerando incluso la renta o compra de terrenos. Lo anterior aunado a las condiciones de áreas potenciales que se presentan en la Región Centro del Estado de Chiapas y, dado que los productores tienen aptitud y actitud positiva, se puede generar un programa participativo con los productores para recuperar ciertas áreas ociosas o integrar el piñón a los cultivos básicos como cultivo asociado, particularmente con pequeños productores, previo una zonificación agroecológica y un esquema de agricultura por contrato.

## **2.6 Literatura citada**

- Álvarez-Solís, J.D. y M. de J. Anzueto-Martínez. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 38: 13-22.
- Conway, G.R. 1985. Agroecosystem analysis. *In: Agricultural Administration*. CRC Press. Boston, USA. pp: 31-55.
- Díaz H.B.M., V.H. Plascencia, T.E. Ojeda y C.A. Ortiz-Solorio. 1999. Cambios en el uso del suelo en una comunidad de Los Altos de Chiapas, México. *Agrociencia* 33: 463-471.
- DOF. Diario Oficial de la Federación. 2008. Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. México.
- Eijck, J.V. y H. Romijn. 2008. Prospects for *Jatropha* biofuels in Tanzania: An analysis with strategic niche management. *Energy Policy* 36: 311-325.
- Espinosa, L. 2006. Propuesta para la evaluación morfoedáfica en sistemas de laderas. Tesis para obtener el grado de Doctor en Geografía. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Espinosa, L. 2009. Metodología para la evaluación morfoedáfica en sistemas de laderas en zonas templadas. *Ciencia Ergo Sum* 16: 263-272.

- Espinosa-García, J. y T. Román-Galán. 1998. La medida de las actitudes usando las técnicas de Likert y de diferencial semántico. *Enseñanza de las Ciencias* 16:447-484.
- FAO. 1973. Soil map of the world. Vol. IV-South America. UNESCO. Paris, Francia.
- Font, F. 2003. Las especies del género *Jatropha* L (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. *Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina*. 2:4-20.
- Gliessman, S.R. 1990. *Agroecology: Researching the ecological basis for sustainable agriculture*. Springer-Verlag. New York. USA. 380 p.
- Heller. 1996. *Jatropha curcas*. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). INEGI. 2001. Anuario Estadístico del Estado de Chiapas. Aguascalientes, Aguascalientes. 2 p.
- INEGI. s/f. El Catálogo Interinstitucional de Núcleos Agrarios (CINA). INEGI, SRA, la Procuraduría Agraria y RAN (eds.). Está en proceso de transformación para formar parte del Sistema Interinstitucional de Catálogos Agrarios.
- INEGI. 2005, II Conteo de población y vivienda 2005. Instituto Nacional de Estadística y Geografía Informática. México.
- Jones, N. y J.H. Miller. 1992. *Jatropha curcas*: a multipurpose species for problematic sites. Washington DC: The World Bank.
- Kerlinger F. y B.H. Lee. 2002. *Investigación del comportamiento. Métodos de investigación en ciencias sociales*. Cuarta edición. McGraw Hill. México. 936 p.
- Lang-Ovalle, F., A. Pérez-Vázquez, J.P. Martínez-Dávila, D.E. Platas-Rosado, D.A. Ojeda-Enciso y L.A. Ortega-Zaleta. 2007. Actitud hacia el cambio de uso de suelo en la Región Golfo Centro de Veracruz. *Universidad y Ciencia* 23: 47-56.
- Makkar, H.P.S. y K. Becker. 2009. *Jatropha curcas*, a promising crop for the generation of biodiesel and value-added coproducts. *Europa Journal Lipid Science and Technology* 111: 773-787.
- Mandujano, I. 2007. La jubilación del petróleo en México. *Revista Proceso*. En: [www.proceso.com.mx/noticia.html?sec=0&nta=49561](http://www.proceso.com.mx/noticia.html?sec=0&nta=49561). Consultada el 28 enero de 2008.
- Martínez, H. J., Martínez, A. A. L., Makkar, H., Francis, G., and K. Becker. 2010. Agroclimatic conditions, chemical and nutritional characterization of different

- provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *European Journal of Scientific Research* 39:396-407.
- Méndez, J.A. 2004. Sistemas de producción agrícola y migración: el caso de la región del Soconusco, en Chiapas, México. In: *Planificación territorial en países de Latinoamérica y Europa: de la academia a la práctica*. Roser Majoral Moliné (Ed.). Barcelona, España; Publicaciones i Edicions de la Universitat de Barcelona. pp: 197-208.
- Mergeai, G. 2008. *Jatropha curcas*: what sustainability? *Tropiculture* 26: 1.
- Notimex. 2009. Bioenergéticos se han convertido en prioridad: Antolín Morales. *Cuarto Poder. Sección Municipios: B24* (col. 1). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Fecha de consulta 25 de mayo de 2009.
- Openshaw, K. 2000. A review of *J. curcas*: on oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19: 1-15.
- Ortiz-Espejel, B. y V.M. Toledo. 1998. Tendencias de la deforestación de la Selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de Las Cañadas. *Interciencia* 23: 318-327.
- Ovando M. I., Espinosa G.F, Núñez F.J. and F.M. Salvador. 2009. Does biodiesel from *Jatropha curcas* represent a sustainable alternative energy source? *Sustainability*: 1035-1041.
- Reyes-Ramos, M.E. 1992. El reparto de tierras y política agraria en Chiapas, 1914-1988. *Universidad Nacional Autónoma de México*. D.F. 161 p.
- Ruíz-Rosado, O. 2006. Enfoque de sistemas y agroecosistemas. En: *Agroecología y agricultura orgánica en el trópico*, López-Báez, O., S. I. Ramírez-González, M. Ramírez-González, G. Moreno-Basurto y A. E. Alvarado-Gaona (Eds.). *Universidad Autónoma de Chiapas y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*. México. pp. 27-35.
- Saxena M.C. 2006. *Jatropha curcas*, an excellent source of renewable energy in the dry areas. *International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA)*.
- Singh G, S.P. Seetharaman, S.N. Chockshi. 1996. A study into the production and marketing of *Jatropha curcas*. Ahmedabad: Centre for Management in Agriculture. Indian Institute of Management.
- Tabuti, J.R.S., T. Ticktin, M.Z. Arinaitwe and V.B. Muwanika. 2009. Community attitudes and preferences towards woody species: implications for conservation in Nawaikoke, Uganda. *Oryx* 43: 393-402.

- Villar-Sánchez, B., J. López-Martínez, J. Pérez-Nieto y R. Camas-Gómez. 2003. Aplicación del modelo de análisis de sensibilidad EPIC en la predicción del efecto de sistemas de labranza del suelo. *TERRA Latinoamericana* 21:381-388.
- Villafuerte, S.D. y A.M. del C. García. 2006. Crisis rural y migraciones en Chiapas. *Migración y Desarrollo* 2006: 102-130.
- Wiersum. 1989. Significado de la organización social y de las actitudes culturales en el desarrollo agroforestal. En: Avances en la investigación agroforestal. J. Beer, Fassbender, H.W. y Heuvelop, J. (Eds.). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. Bib. Orton IICA/CATIE. 451 p.
- Wourten M.J., E. Mathijs, L. Verchot, V.P. Singh, R. Aerts and B. Muys. 2007. *Jatropha* Biodiesel fueling sustainability? *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 1: 283-291.

### **CAPÍTULO III. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL CULTIVO DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) EN ASOCIACIÓN Y MONOCULTIVO, PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL, EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO.**

#### **Resumen**

Esta investigación evaluó la rentabilidad de tres parcelas con *Jatropha curcas* asociada a cultivos de importancia socioeconómica en la Región Centro de Chiapas. Las parcelas se diferencian por el cultivo asociado y las por actividades de manejo (Parcela 1: *J. curcas*-maíz de temporal; Parcela 2: *J. curcas*-sandía-cacahuate; Parcela 3: *J. curcas*-maíz de temporal y riego, dependiendo de la época de siembra del maíz). Se obtuvieron los ingresos y egresos de cada parcela; se calculó la relación beneficio/costo, y se le aplicó un análisis de sensibilidad para los subsecuentes cinco años; se calculó la tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN) para evaluar la rentabilidad económica de *J. curcas*, bajo el supuesto de producción máxima de semilla de piñón de 2500 kg ha<sup>-1</sup> a partir del tercer año y precio de venta de \$5.00/kg. Los resultados indican que para los dos primeros años de producción de *J. curcas* se tiene una RBC de \$0.1 a \$0.35 por cada \$1.00 invertido, influenciado por la mayor inversión en preparación de la tierra y mano de obra. El análisis de sensibilidad mostró que desde el tercer año de producción del piñón se tiene una RBC de hasta \$2.9 por cada \$1.00 invertido, con una TIR promedio de 46.7% (valor superior a la tasa de descuento) y VAN promedio de 56.2 (valor positivo), que indican la factibilidad económica, y por tanto es financieramente viable cultivar *J. curcas* asociado para diversificar la economía del productor.

Palabras clave: *Jatropha curcas* L., beneficio-costo, evaluación financiera, cultivos asociados, biodiesel, agroecosistemas.

## Abstract

The profitability of three local agroecosystems that incorporate *Jatropha curcas*, with crops of socioeconomic importance in the Central Region of Chiapas was evaluated. The differ in the associated crop and management activities (Plot 1: rainfeed *J. curcas*-maize; Plot 2: *J. curcas*-watermelon-peanuts; Plot 3: rainfeed and irrigation systems *J. curcas*-maize. Financial analysis, cost-benefit ratio and sensitivity analysis for the subsequent five years was done; the internal rate of return and net present value to assess the economic viability of *J. curcas*, assuming maximum production of 2500 kg of seed ha<sup>-1</sup> in from the third year with onwards a \$5.00 sales price/kg, was calculated. Results indicate that for the first two years the cost/benefit ratio has a deficit of \$ 0.1 to \$ 0.35 for every \$ 1.00 invested (mexican pesos), accordingly to each *J. curcas* association, influenced that are by initial investment costs, land costs, land preparation and labor expenditures. The sensitivity analysis showed that from the third year onwards a cost/ benefit rate of \$2.9 by \$1.00 invert, with TIR average 46.7 % and VAN average of 56.2 was obtained; higher values than the discount rate and positive values, respectively, indicate the crop feasibility. It can be said that incorporating *J. curcas* in agroecosystems at the Central Region of Chiapas, it is financially viable and the farmers' economy can be benefited by increasing their income's diveness.

Key words: *Jatropha curcas* L., cost/benefit analysis, financial assessment, intercropping, biodiesel, agroecosystems.

### 3.1 Introducción

La seguridad alimentaria, el cambio climático y la seguridad energética son temas actuales y relevantes en la agenda de la mayoría de los países del mundo. México es un país privilegiado debido a su gran variedad de suelos y climas que en su conjunto permite obtener una amplia variedad de productos agrícolas. Entre ellos se encuentran plantas oleaginosas con potencial energético para la producción de biodiesel como el piñón (*Jatropha curcas*). El cultivo de *J. curcas* se propone hoy día, como una oportunidad para proyectos de desarrollo rural, que promuevan las economías locales y el desarrollo sostenible (Islas y Manzini, 2006).

El gobierno de Chiapas en México, a través del Instituto de Reversión Productiva y Biocombustibles, ha impulsado el cultivo comercial de *J. curcas*, como una alternativa para generar ingresos económicos a los productores rurales del estado. En la actualidad existen alrededor de 3 000 productores de piñón, con una superficie establecida de 10 000 ha en 166 localidades de 16 municipios de las regiones socioeconómicas Centro, Frailesca, Sierra y el Istmo de la Costa de Chiapas, estas plantaciones han sido incluidas en el Programa PRO-ARBOL de la CONAFOR (Salim, 2010). En Chiapas, incluyendo la Región Centro de Chiapas, las primeras plantaciones se establecieron entre 2007 y 2008, con escaso porcentaje de germinación y baja producción al año de ensayo en el 2009 (agosto-diciembre 2009) y casi nula en 2010 por una poda tardía en las plantaciones de piñón en abril de 2010. Al cultivo del piñón en la Región Centro de Chiapas se le puede encontrar asociado a diversos cultivos como: maíz, calabaza, frijol, sandía y cacahuete. Sin embargo, se desconoce su eficiencia energética y financiera de las diversas asociaciones y del monocultivo.

Una técnica utilizada en la evaluación económica de sistemas de producción son los análisis financieros, que registran los ingresos o egresos económicos del sistema a través de una técnica denominada contabilidad, y determina si la inversión que se efectúa en una actividad económica genera rendimientos económicos. La evaluación económica provee indicadores de rentabilidad que expresan el rendimiento económico de la inversión y pueden ser determinados mediante el análisis de la condición financiera y el desempeño del sistema de producción a través de razones financieras, y del análisis del dinero a través del tiempo, siendo éste último el más utilizado para medir la eficiencia financiera de un sistema de producción, especialmente de aquellos que están siendo analizados (Baca-Urbina, 2006).

En este sentido, los análisis de rendimiento financiero se pueden realizar mediante seguimientos para identificar posibles restricciones de adopciones tecnológicas y cuantificar en esta fase el impacto real de la nueva tecnología con la medición de diferentes variables, como producción, ingreso, empleo, rentabilidad o impacto ambiental (Somarriba, 1995).

En la evaluación financiera comúnmente se utilizan el flujo de fondos o de caja, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rendimiento (TIR) y la relación Beneficio/Costo. Esta relación, se obtiene cuando el valor actual de la corriente de beneficio se divide por el valor actual de la corriente de costos, a una tasa de actualización determinada. El criterio de decisión es aceptar los sistemas con una relación B/C de uno o mayor cuando las corrientes de beneficios y los costos se actualizan al costo de oportunidad del capital (Baca-Urbina, 2006).

Las prácticas convencionales de una agricultura especializada en el uso de la tierra en monocultivos ha causado un impacto en la aparición de plagas y enfermedades y un efecto sobre la biodiversidad (Altieri, 1995), lo que ha dado lugar a utilizar mayor cantidad de insumos químicos (fertilizantes, insecticidas, herbicidas, etc.) para obtener cantidades iguales de producto (Rosset, 1997) y a un aumento en la demanda de energía de combustibles fósiles (Pimentel, 1997) para incrementar su productividad. Es por lo anterior que debe ser un compromiso de las instituciones de investigación y desarrollo y, el productor, mejorar la productividad sin uso excesivo de energías externas y maquinaria agrícola además de considerar los costos ambientales que esto implica.

*J. curcas* es una planta recién establecida como cultivo comercial, y por ende, existe insuficiente información de su integración como monocultivo y cultivo asociado a los agroecosistemas locales en la Región Centro de Chiapas. Específicamente se carece de información sobre el manejo agronómico adecuado para el cultivo de piñón que conlleve a una mayor eficiencia económica, incluyendo su inserción como un componente más de los agroecosistemas locales: maíz, frijol, cacahuete y sandía. Este estudio analiza los datos de egresos e ingresos de tres parcelas cultivadas con piñón: dos de ellas (que representan el 0.7 %, de la superficie total) ubicadas en el municipio de Chiapa de Corzo, que posee 859.2 ha cultivadas con piñón y 93 productores y una parcela (0.4 % de la superficie total) localizada en el municipio de Cintalapa de Figueroa que cuenta con 457.4 ha de piñón y 100 productores. Estas parcelas fueron elegidas por ser plantaciones establecidas desde el inicio del proyecto de biocombustibles y su disponibilidad para contar con información del primer y segundo año de

su establecimiento y, primer ensayo de su producción para realizar el análisis financiero, además de su accesibilidad y localización dentro de la región de estudio.

Esta investigación contribuirá a contar con información básica, técnica y financiera sobre la inserción de *J. curcas* a los agroecosistemas locales de la Región Centro de Chiapas, y puede ser usada por los tomadores de decisiones para conocer, rediseñar y en su caso transferir o expandir la tecnología del cultivo del piñón con base a los resultados encontrados. Por lo anterior, la presente investigación se diseñó en base al siguiente objetivo: evaluar el potencial económico de inserción del cultivo de *J. curcas* L., asociado a agroecosistemas de maíz y cacahuete en la Región Centro de Chiapas, México.

### **3. 2 Materiales y métodos**

#### **Ubicación de las parcelas en estudio**

Las parcelas 1 y 3 localizadas en Julián Grajales, municipio de Chiapa de Corzo, poseen un clima cálido sub-húmedo con lluvias en verano, en la cabecera municipal la temperatura media anual es de 26° C, con una precipitación pluvial de 990 mm anuales (Villavicencio *et al.*, 1999) y la parcela 2, ubicada en Vista Hermosa, municipio de Cintalapa de Figueroa, Chiapas, posee un clima predominantemente semi-cálido sub-húmedo; en la cabecera municipal la temperatura media anual es de 24.5°C con una precipitación pluvial de 800 mm anuales (Villavicencio *et al.*, 2005). Estas parcelas en estudio presentan las características y localización, como se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Parcelas en estudio de la Región Centro del Estado de Chiapas.

No. parcela	Productor	Ejido y municipio	Coordenadas	Altitud (msnm)	Características del terreno	Superficie (ha)
1 Piñón- Maíz (solo un ciclo), de temporal	Alfonso García Flores (78 años), sin educación escolar básica.	Ejido Julián Grajales, Municipio de Chiapa de Corzo	16°27'53".812 92°58'22".307	540	Pendiente (10%) y suelo arcilloso	7-17-50.54 (3 ha cultivada con piñón)
2 Sandía (riego por cintilla) y cacahuete asociados en diferentes ciclos a piñón	José Alfredo Farrera López (58 años), con educación primaria	Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa	16°32'28".920 93°55'05".214	600	Pendiente (5 %) y suelo arenoso	5-83-25.54 (2 ha cultivada con piñón)
3 Maíz asociado a piñón (temporal y riego)	Fidel Pérez Velázquez (55 años), con educación primaria	Ejido Julián Grajales, Municipio de Chiapa de Corzo	16°29'37".872 92°58'30".390	439	Terreno plano, suelo de vega, y riego rodado	5-70-27.544 (3 ha cultivadas con piñón)

### Diseño experimental

Se empleó un diseño pseudo-experimental, por lo que las parcelas de estudio fueron elegidas por ser representativas de las asociaciones entre cultivos de la región de estudio, ser uniformes en cuanto a conformación y edad de las plantas, así como estar situadas en lugares estratégicos para su constante visita y toma de datos, además de la diferencia entre sí, respecto al cultivo asociado, temporada de producción y, sistema de riego o temporal como se muestra en el Cuadro 12.

En virtud de que las actividades de manejo fueron decisiones del productor, se obtuvo la información de cada una de las tres parcelas en estudio, mediante entrevista a cada propietario, a partir de una encuesta que fue aplicada cada 15 días con ayuda de un cuestionario, con el propósito de obtener información sobre las características, manejo agronómico, así como sus egresos e ingresos de la plantación, durante dos años; dicha información se confirmó mediante la observación directa durante el proceso de producción de los cultivos de piñón tanto en monocultivo como cuando se encontraba asociado a otro cultivo. La cosecha de las tres parcelas se obtuvo mediante encuesta, en kilogramos y se convirtieron a toneladas cuando fue necesario.

Cuadro 12. Sistemas de producción de importancia socio-económica, asociados a piñón (*J. curcas*), riego o temporal, de junio 2008 a mayo 2010, en la Región Centro del Estado de Chiapas, México.

Parcela 1. Piñón-Maíz (solo un ciclo), de temporal en Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.			
CICLO DE CULTIVO	SISTEMA	CULTIVO	CULTIVO ASOCIADO
Junio 2008- Mayo 2010	Temporal	Piñón	—
Julio 2009-Noviembre 2009	Temporal	Piñón	Maíz
Parcela 2. Sandía (riego por cintilla) y cacahuete asociados en diferentes ciclos a piñón en Ej. Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.			
CICLO DE CULTIVO	SISTEMA	CULTIVO	CULTIVO ASOCIADO
Junio 2008-Mayo 2010	Temporal	Piñón	-----
Febrero 2008-Junio 2008	Riego por cintilla	Piñón	Sandía
Julio 2009-Diciembre 2009	Temporal	Piñón	Cacahuete
Parcela 3. Maíz asociado piñón (temporal y riego) en Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas			
CICLO DE CULTIVO	SISTEMA	CULTIVO	CULTIVO ASOCIADO
Junio 2008-Diciembre de 2008	Temporal	Piñón	Maíz
Enero 2009-Mayo 2009	Riego rodado	Piñón	Maíz
Junio 2009-Diciembre 2009	Temporal	Piñón	Maíz
Enero 2010-Mayo 2010	Riego rodado	Piñón	Maíz

## **Evaluación financiera**

La evaluación financiera fue estimada para los dos primeros años de haberse establecido las plantaciones de piñón (cuatro ciclos de producción: cada ciclo de producción consta de seis meses). Las tres parcelas de piñón asociadas a cultivos de importancia socio-económica se evaluaron de julio de 2008 a mayo de 2010. En estas se estimó la relación beneficio/costo, debido a que la producción del cultivo de piñón aún no estabiliza, lo cual ocurre hasta los cinco años de edad. El piñón tiene un periodo productivo de 40 años y desde el primer año se obtiene semilla (Martínez 2007).

El análisis financiero incluyó los insumos que se requieren para el manejo del cultivo y de la tierra, el costo de la tierra y la mano de obra. Esto se realizó para el primer y el segundo año de haberse establecido las plantaciones del piñón, porque las plantaciones de mayor edad en la región de estudio y en el estado de Chiapas, son escasamente algunas en 2007, y la mayoría en 2008, entre las cuales se encuentran estas tres parcelas. La relación beneficio/costo se obtuvo mediante la función siguiente:  $RCB = \text{Costos y Gastos} / \text{Ingresos}$

Este indicador pone de manifiesto que únicamente se debe de invertir solo si los beneficios exceden los costos. Es decir, si la relación costo-beneficio (C-B) es mayor a 1.0. En este sentido, es el indicador de la ganancia obtenida por cada peso aplicado en el proyecto, superando una tasa de oportunidad propuesta (Baca-Urbina, 2006).

Además se realizó un análisis de sensibilidad de los costos de producción correspondiente a los cinco años posteriores y considerando un rendimiento de 2 500 kg de semilla ha<sup>-1</sup> desde el

tercer año de producción. El rendimiento utilizado en este estudio está sustentado según información propuesta por Francis *et al.* (2005) quien menciona que el piñón puede producir un promedio anual de 5 t de semilla ha<sup>-1</sup> al quinto año en la India. Para este análisis de sensibilidad, se integró como factor de cambio el interés porcentual del 16 %, que se refiere al impuesto al valor agregado (IVA) que se aplica año con año a los productos básicos, esto fundamentado en la aplicación del valor de la tasa fija de impuestos al pequeño contribuyente, el cual fue sumado al concepto total de los costos y gastos del manejo del cultivo del piñón. Para los cinco años que incluyó el análisis de sensibilidad también se obtuvo la relación beneficio/costo, siguiendo la función arriba citada. Finalmente se obtuvo la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN) en función de una tasa de descuento promedio del 18 % tomando como referencia al CETES.

Los apoyos obtenidos por el productor mediante los programas de PRO-ÁRBOL de la CONAFOR, PROCAMPO y MAÍZ SOLIDARIO, no fueron contabilizados como ingreso de las parcelas en estudio.

### **3.3 Resultados y discusión**

#### **Parcela 1. Piñón-Maíz (solo un ciclo), de temporal en Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.**

De acuerdo a los resultados, en la Parcela 1, las plantas de piñón se plantaron a una distancia de 2.5 m x 2 m, entre surcos y plantas, respectivamente (Figura 15). De junio a diciembre del año 2009, cuando la planta tenía un año de edad, el productor asoció maíz de temporal, sembrando dos surcos de maíz híbrido Pioneer (0.80 m x 0.40 m, entre surcos y entre plantas,

respectivamente), entre dos hileras de piñón (Figura 16), argumentando que las plantas de piñón se ven afectadas con un cultivo asociado debido al tamaño del arbusto, porque el maíz crece más alto que el piñón, y compite por luz, nutrientes y humedad. Así, el productor decidió dejar el piñón como monocultivo. Este productor recibe asesoría del Instituto de Reconversión Productiva y Biocombustibles (IRPBIO) y la Unión de Sociedades Bioenergéticas de Chiapas S.C. de R.L. de C.V. (USB).

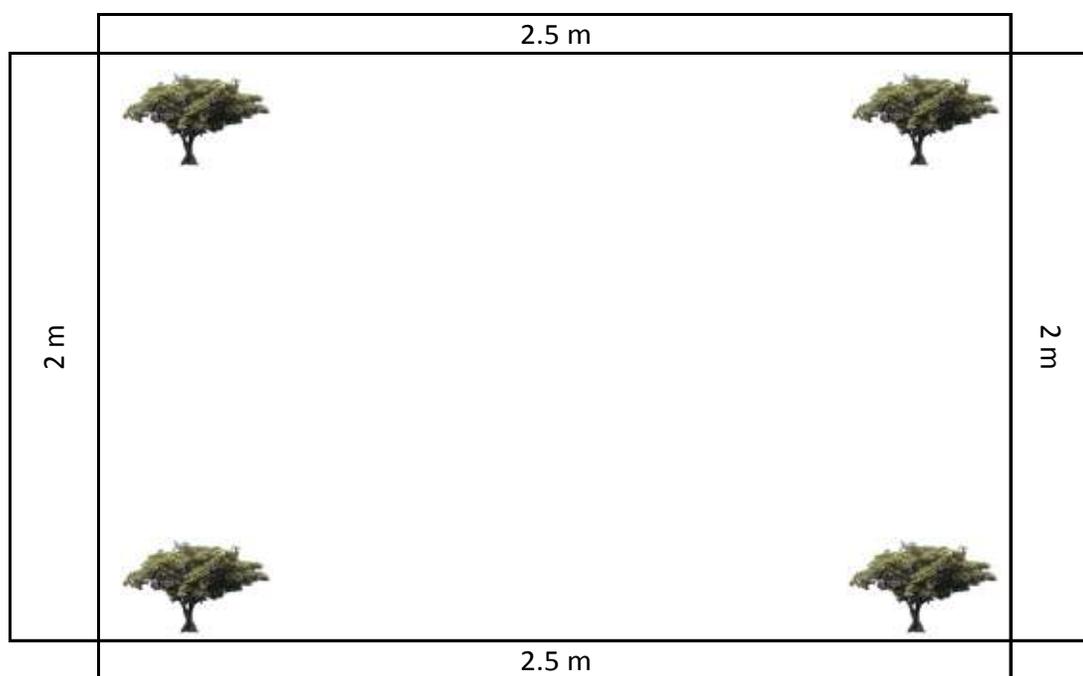


Figura 15. Plano topológico de la Parcela 1. Monocultivo de piñón en sistema de temporal, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

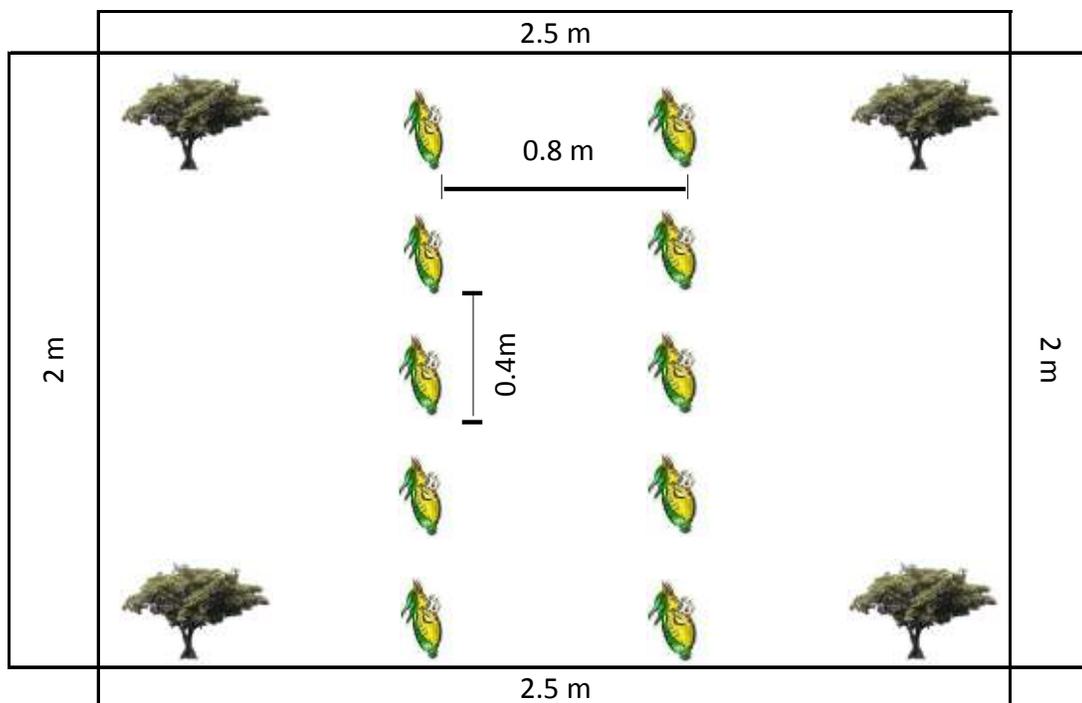


Figura 16. Plano topológico de la Parcela 1. Piñón-Maíz en sistema de temporal, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas. Junio a diciembre de 2009.

La Parcela 1 posee un suelo arcilloso y este se agrietó durante el secano. Aun a pesar de esto, el piñón resistió el inicio de la sequía, pero durante enero, se agudizó la disponibilidad de humedad, lo que trajo como consecuencia la caída total de hojas, de tal manera que se formó una cubierta de hojarasca. Posteriormente sembró siete surcos de frijol entre dos hileras de piñón, sin embargo éste no prosperó por el virus del mosaico amarillo. El maíz que sembró presentó un enrollamiento de las hojas, propiciado por la baja cantidad de humedad, lo cual mermó la producción, teniendo un total de  $3 \text{ ton ha}^{-1}$  promedio de maíz (producción obtenida por medio de entrevista en la cosecha; ver cuestionario en Anexo B). El maíz coincidió no solo en espacio sino también en tiempo con la producción de su primer ensayo del piñón (septiembre-diciembre de 2009), con una producción de  $75 \text{ kg ha}^{-1}$ . Algunas posibles plagas del piñón observadas en asociación la planta, se encontraron: la chinche gregaria de manchas

de colores (Scutelleridae, *Pachycoris klugii* Burmeister), que produce daño de forma directa al fruto, y la arvense con mayor presencia fue el “pujuy” (*Hipomoea purpurea* L.) que puede competir por espacio y nutrientes. Al arbusto del piñón se le realizó una poda a 40 cm del suelo, en el mes de abril de 2010 (1.10 años de edad), tendiendo a recuperarse en follaje, más no en la producción de botones florales, y otra poda a 70 cm en febrero de 2011 (Figura 17). El rápido crecimiento de la planta de piñón a la poda y cierre de copas, podría evitar sembrar cultivos asociados y dejar al sistema piñón como monocultivo.

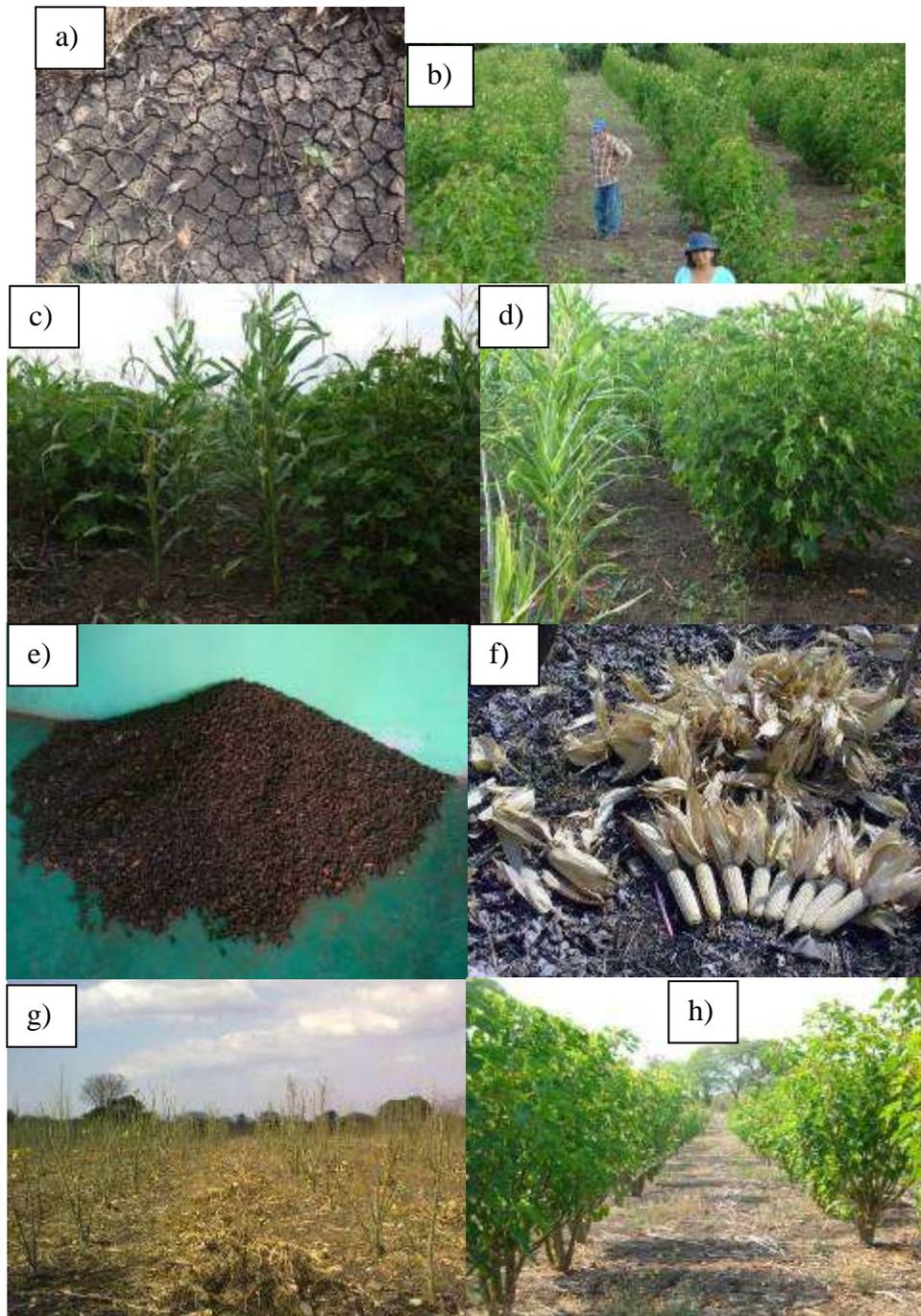


Figura 17. Parcela 1. a). Tipo de suelo arcilloso (28 de agosto de 2009) b). Piñón-Monocultivo, en época de lluvias (26 de agosto de 2009) c). Maíz (dos hileras) de temporal asociado a Piñón (26 de agosto de 2009) d). Maíz de temporal asociado a piñón resintiéndose a la sequía (26 de agosto de 2009) e). Primera cosecha piñón obtenida al 2º año de establecida (10 de enero de 2010) f). Cosecha del maíz de temporal asociado a piñón (10 de enero de 2010) g). Piñón en época de secano y residuos de cosecha (25 de enero de 2010) h). Respuesta a la poda. Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

En el Cuadro 13 se presentan las inversiones realizadas en la Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal durante los cuatro ciclos de cultivo, que va de junio del 2008 a mayo del 2010, así como los gastos por concepto de mano de obra, herbicidas, fertilizantes y el costo de la tierra para los dos primeros años de inversión. Esto sumó un total de \$26,561 ha e ingresos por \$6,975 ha. Se encontró que las inversiones son superiores a las ganancias para ambos cultivos asociados, con una relación beneficio/costo menor a 1 (0.35) en los dos primeros años de inversiones, esto debido al precio del costo de la tierra. Durante esta etapa de inversiones, el productor recibió ingresos extra-finca por concepto de apoyo por la siembra del cultivo de piñón como plantación forestal no maderable por parte del programa PRO-ÁRBOL de la CONAFOR. El monto recibido fue de \$2,000 ha/año en el 2008 y de \$3,150 ha/año en el 2009. Por ser productor de maíz recibió del programa Maíz Solidario, la cantidad de \$1,000 en especie, principalmente en insumos (\$800 en herbicidas y fertilizantes, y \$200 como parte del seguro de vida del productor), y del programa PROCAMPO recibió la cantidad de \$1,300 ha/año por ser tierras de temporal. Los apoyos extra-finca no se consideraron como ingresos por ventas de producción, por lo que se excluyeron para el análisis financiero. Cabe destacar que estos apoyos son útiles para mantener de cierta forma, la economía del productor mientras comienzan a producir las plantas de piñón.

Cuadro 13. Relación beneficio/costo de la Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

<b>INVERSIONES</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UTILIZADO PARA</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
PIÑÓN	Compra de plántula	Siembra	\$1.0	2000	\$2,000
	Faena 1L	Control químico malezas	\$120	1	\$120
Herbicidas	Faena 2L	Control químico malezas	\$140	2	\$280
	Herbipol 1L	Control químico malezas	\$80	2	\$160
Mano de obra	Jornales	Preparación del terreno	\$60	2	\$120
		Siembra	\$60	4	\$240
		Control manual malezas	\$60	14	\$840
		Control manual malezas	\$70	14	\$980
		Aplicación del control químico malezas	\$60	6	\$360
		Cosecha	\$70	2	\$140
		Poda	\$70	2	\$140
		<b>SUBTOTAL</b>			
MAÍZ	Semilla de maíz	Siembra	\$13	20	\$260
	Urea saco de 50kg	1a. Fertilización	\$256	2	\$512
Herbicidas y fertilizantes	Superfosfato de potasio	2a. Fertilización	\$312	1	\$312
	Faena 1L	Control químico malezas	\$120	1	\$120
	Finale 1L	Control químico malezas	\$120	1	\$120
	Urea saco de 50kg	2a. Fertilización	\$256	2	\$512
Mano de obra	Jornales	Control manual malezas	\$70	6	\$420
		Aplicación del control químico malezas	\$70	2	\$140
		Siembra	\$70	2	\$140
		Aplicación de fertilizante	\$70	4	\$280
		Cosecha y fletes	\$70	7	\$490
Costo de la tierra	Hectáreas sembradas	Producción en temporal	\$6,500	2.75	\$17,875
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$21,181</b>
<b>TOTAL DE INVERSIONES PARA AMBOS CULTIVOS</b>					<b>\$26,561</b>
<b>INGRESOS POR VENTA DE PRODUCTOS DEL CULTIVO</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
PIÑÓN	Cosecha: septiembre a diciembre de 2009	Kg	\$5	75	\$375
MAÍZ	Ciclo de producción de temporal: julio-noviembre 2009	Kg	\$2.2	3000	\$6,600
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>					<b>\$6,975</b>
<b>EGRESOS</b>					<b>\$19,586</b>
<b>Relación beneficio/costo</b>					<b>0.35</b>

Respecto al análisis de sensibilidad del Cuadro 14 (Parcela 1) se encontró que a partir del tercer año de haberse establecido se puede esperar una relación beneficio/costo de \$2.9. Esto indica que por cada \$1.00 invertido en este cultivo se obtiene una ganancia de \$2.9. La TIR y la VAN indican que es factible invertir en este cultivo, ya que sus valores fueron de 84.41 % y 55.99, respectivamente, que ponen de manifiesto la factibilidad financiera del cultivo. En esta parcela existen menores egresos en insumos de agroquímicos y existió menor diversidad de cultivos en tiempo y espacio, y también obtuvo menores ingresos.

Cuadro 14. Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

CULTIVO	CONCEPTO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PIÑÓN	Ciclo de producción de temporal: junio 2008-mayo 2010	Kg	\$5	2500	\$12,500	\$14,500	\$16,820	\$19,511	\$22,633
MAÍZ	Ciclo de producción de temporal: julio-noviembre 2009	Kg	\$2.2	3000	\$7,656	\$8,881	\$10,302	\$11,950	\$13,862
<b>Ingresos</b>					<b>\$20,156</b>	<b>\$23,381</b>	<b>\$27,122</b>	<b>\$31,461</b>	<b>\$36,495</b>
<b>Egresos</b>					<b>\$6,975</b>	<b>\$8,091</b>	<b>\$9,386</b>	<b>\$10,887</b>	<b>\$12,629</b>
<b>Relación beneficio/costo</b>					<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>	<b>2.9</b>
<b>Tasa de descuento</b>					<b>18%</b>				
<b>TIR</b>					<b>84.41%</b>	<b>Valor superior a la tasa de descuento, inversión factible</b>			
<b>VAN</b>					<b>55.99</b>	<b>Valor positivo, inversión (en principio) factible</b>			

**Parcela 2. Sandía (riego por cintilla) y cacahuete asociados en diferentes ciclos a piñón en Ej. Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.**

De junio 2008 hasta enero de 2009, el cultivo de piñón en sistema temporal estuvo en monocultivo, con una distancia de siembra de 3 x 1.5 m (Figura 18). Intercaló entre hileras de piñón un surco de sandía variedad “San Sugar” bajo sistema de riego por cintilla de febrero a junio de 2009 (Figura 19), obteniendo una producción de 30 ton ha<sup>-1</sup>. En el ciclo de julio a diciembre de 2009, intercaló dos surcos de cacahuete criollo “Arbolito” en sistema temporal (Figura 20). Posterior a estas asociaciones el manejo fue en sistema temporal, pues el productor argumentó que no le convenía incrementar sus costos de producción dada la incertidumbre del precio que podría tener la semilla de piñón para biodiesel. Se obtuvieron los costos de producción de una hectárea, desde la plantación hasta la venta de producción. Este productor recibe asesoría del Instituto de Reconversión Productiva y Biocombustibles y la Unión de Sociedades Bioenergéticas de Chiapas S.C. de R.L. de C.V.

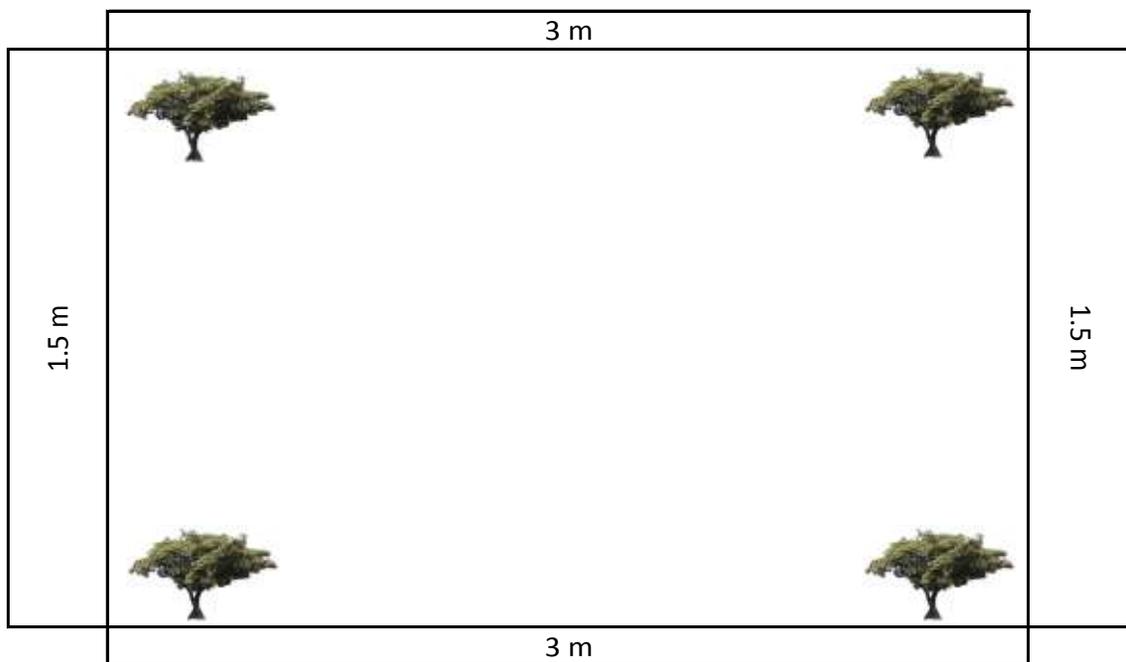


Figura 18. Plano topológico de la Parcela 2. Monocultivo de piñón en sistema de temporal, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.

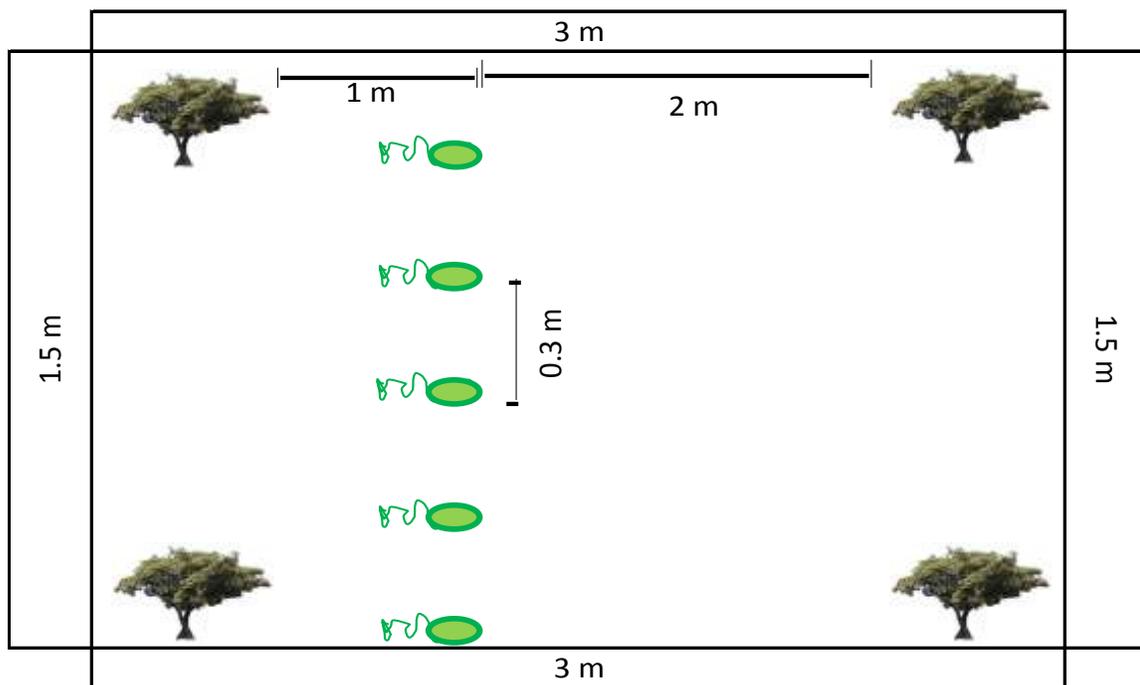


Figura 19. Plano topológico de la Parcela 2. Piñón-Sandía en sistema de riego por cintilla, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas. Febrero a junio de 2009.

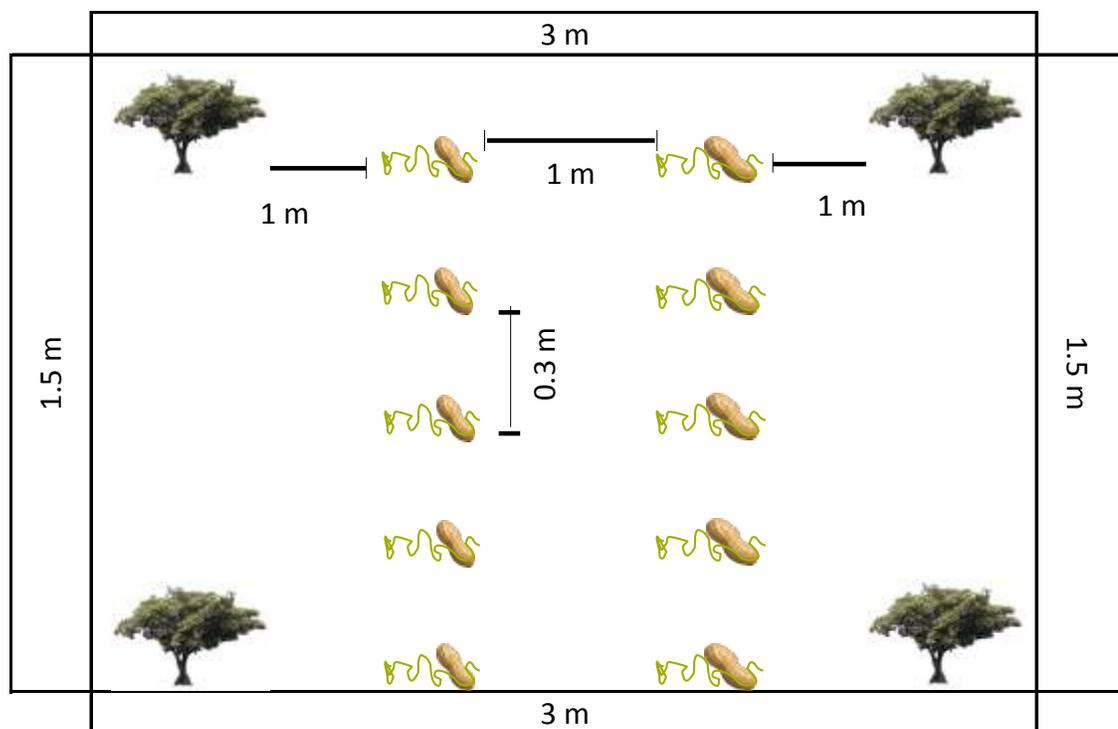


Figura 20. Plano topológico de la Parcela 2. Piñón-Cacahuete en sistema temporal, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas. Julio a diciembre de 2009.

En el primer ensayo de la producción de frutos de piñón en la Parcela 2 (agosto de 2009 a enero de 2010), fue de  $250 \text{ kg ha}^{-1}$ , cuya producción coincidió con la producción del cacahuete con  $1,200 \text{ kg ha}^{-1}$ . Durante este periodo, se observaron diferentes estados de maduración del fruto, presencia de insectos asociados al mismo, daño por la hormiga arriera (*Atta spp.*) en renuevos después de la poda y con mayor frecuencia la chinche de manchas de colores (*P. klugii*). En época de lluvias hubo presencia de malezas principalmente de *Hipomoea purpurea* L. y del bejuco de flores rojas (*Hipomoea sp.*). Al arbusto del piñón se le realizó una poda de formación a 40 cm del suelo (abril de 2010), cuando la planta tenía dos años y consistió en eliminar ramas para estimular el crecimiento. Respondió a la producción de follaje, pero no a la producción. Después de la cosecha de cacahuete en enero de 2010, el piñón estuvo en

monocultivo, por decisión del productor. Una segunda poda ocurrió a 80 cm del suelo (febrero de 2011) y respondió a la producción de follaje y poco a frutos (Figura 21).

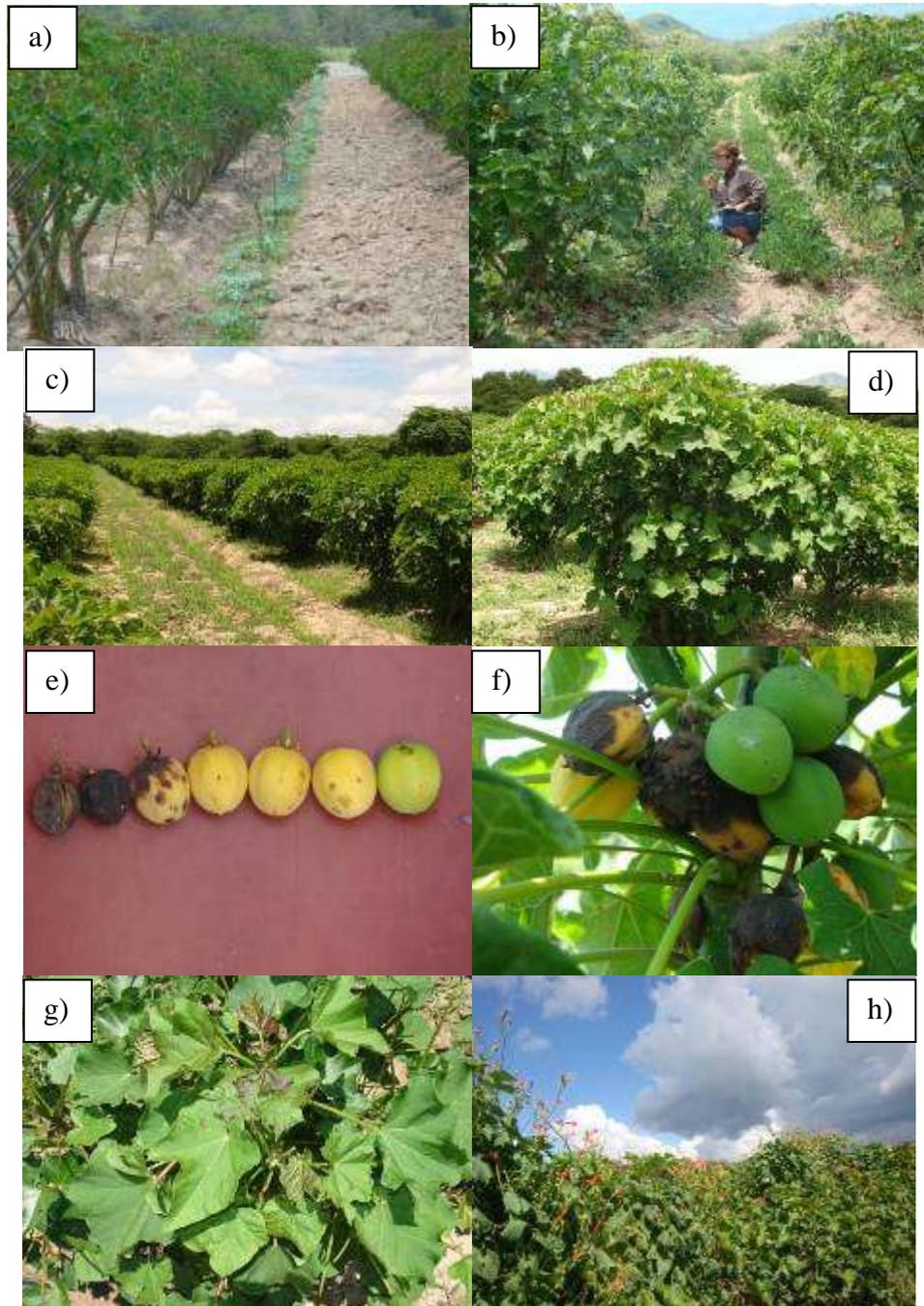


Figura 21. Parcela 2. a). Sandía asociada a piñón con sistema de riego por cintilla b). Cacahuate asociado a piñón, sistema temporal (28 de septiembre de 2009) c). Piñón-Monocultivo, sistema temporal, época de lluvias (25 de junio de 2010). d). Respuesta a la poda e). Maduración de los frutos f). Insectos asociados al fruto g). Daño por *Atta* spp.) h). *Hipomoea* sp. en plantas de piñón. Ej. Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.

Para la Parcela 2 (Piñón-Sandía (riego por cintilla)-Cacahuate), se tuvieron inversiones totales de \$232,692 ha en los dos primeros años de establecido el piñón sumando los costos de producción de los cultivos asociados. Esto incluyó el costo de los insumos, la mano de obra, preparación del terreno, manejo de la tierra (mano de obra), del cultivo y el costo de la tierra. Se obtuvo un ingreso de \$57,350/ha. Sin embargo, la relación beneficio/costo fue menor a uno (0.15) para la asociación piñón-sandía-cacahuate (Cuadro 15). Esto significa que estos cultivos no son rentables inicialmente, principalmente por la aplicación de riego, que implica la compra de cintilla y mangueras, lo que incrementa la inversión en mano de obra, además de la compra de agroquímicos y los costos de la tierra, rubro importante a considerar en cualquier proyecto de inversión a largo plazo para tomar decisiones.

Cuadro 15. Relación beneficio/costo de la Parcela 2. Piñón-Sandía (riego por cintilla)-Cacahuete, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.

<b>INVERSIONES</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UTILIZADO PARA</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
Insumos para el manejo de la tierra y del cultivo del Piñón	Preparación terreno	Preparación terreno	\$1,000	1	\$1,000
	Compra de planta	Siembra	\$1.0	2000	\$2,000
	Compra de planta	Resiembra	\$1.0	480	\$480
Herbicidas	Glifosato	Control químico malezas	\$150	1	\$150
	Paraquat	Control químico malezas	\$150	1	\$150
Mano de obra	Jornales	Siembra	\$60	4	\$240
		Resiembra	\$60	2	\$120
		Control químico malezas	\$60	2	\$120
		Control químico malezas	\$70	2	\$140
		Control manual malezas	\$60	10	\$600
		Control manual malezas	\$70	12	\$840
		Cosecha	\$70	2	\$140
		Poda	\$70	2	\$140
		<b>SUBTOTAL</b>			
Insumos para el manejo de la tierra y del cultivo de Sandía	Compra de cintilla	Riego	\$2,400	1	\$2,400
	Compra de manguera	Riego	\$15	100	\$1,500
	Preparación terreno	Subsuelo	\$1,000	1	\$1,000
	Preparación terreno	Rastreo	\$600	2	\$1,200
	Gasolina	Aplicación de riego	\$8	25	\$200
	Semilla Sun Sugar	Siembra	\$1,000	4	\$4,000
Fertilizantes, desinfectantes y plaguicidas	Furadán	Desinfección semilla	\$250	1	\$250
	Fosfato Diamónico (18-46-00)	Fertilización	\$1,000	5	\$1,560
	Urea	Fertilización	\$250	2	\$512
	Bayfolán	Fertilización foliar	\$312	2	\$240
	AGRI-MYCIN 500	Control enfermedades y bacterias	\$256	2	\$400
	Endosulfán	Control plagas	\$120	1	\$120
	Daconil	Control enfermedades	\$200	1	\$80
	Vydate	Control plagas	\$120	1	\$260
	Lorsban	Control plagas	\$80	1	\$120
	Winner	Fertilización	\$260	1	\$80
	AGROMIL PLUS	Biorregulador	\$120	2	\$1,032
	Curzate	Control enfermedades	\$80	1	\$400
	Agripec	Control plagas	\$516	1	\$400
	Fertika foliar	Fertilizante foliar	\$400	4	\$480
Manzate	Control enfermedades	\$400	1.5	\$233	

Cuadro 15, continuación

	K-Fol	Maduración frutos	\$120	3	\$465
	Frutika	Biorregulador	\$155	2	\$80
		Tendido de cintilla para riego	\$155	4	\$240
		Fumigación	\$40	1	\$60
		Siembra	\$60	3	\$180
		Fertilización	\$60	2	\$120
		Fumigación	\$60	1	\$60
		Control manual malezas	\$60	4	\$240
		Control de enfermedades	\$60	1	\$60
	Jornales	Fertilización	\$60	1	\$60
		Aplicación de Fertilizante	\$60	1	\$60
		Aplicación Fitorregulador	\$60	1	\$60
Mano de obra		Control manual de malezas	\$60	1	\$60
		Fumigación	\$60	1	\$60
		Aplicación insecticida	\$60	1	\$60
		Aplicación	\$60	2	\$240
		Aplicación	\$60	2	\$120
		Aplicación	\$120	2	\$120
		Cosecha	\$60	8	\$480
		Aplicación	\$60	2	\$120
		Cosecha	\$60	12	\$720
		Aplicación	\$60	2	\$120
		Cosecha	\$60	8	\$480
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$20,732</b>
	Preparación terreno	Paso con cultivadora con tracción animal	400	1	\$400
		Paso con cultivadora con tracción animal	300	1	\$300
		Rastra	250	2	\$500
Insumos para el manejo de la tierra y del cultivo de Cacahuate	Paso con cultivadora con tracción animal	Aflojar tierra	400	1	\$400
	Paso con cultivadora con tracción animal	Terreada	300	2	\$600
	Semilla criolla "Arbolito"	Siembra	20	50	\$1,000
	Arranque cacahuate tractor	Cosecha	400	1	\$400
		Siembra	70	6	\$420
Mano de obra		Control de malezas manual	70	4	\$280
	Jornales	Sacudida de cacahuate	70	8	\$560

Cuadro 15, continuación

		Despique cacahuate	70	10	\$700
		Flete	70	4	\$280
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$5,840</b>
Costo de la tierra	Hectáreas sembradas	Producción con riego	\$200,000	1	\$200,000
				<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$200,000</b>
<b>TOTAL DE INVERSIONES PARA AMBOS CULTIVOS</b>					<b>\$232,692</b>
<b>INGRESOS POR VENTA DE PRODUCTOS DE LOS CULTIVOS</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
SANDÍA	Ciclo de producción de riego: febrero 2008-junio 2009	Kg	\$1.67	30000	\$50,100
CACAHUATE	Ciclo de producción de temporal: julio 2009-diciembre 2009	Kg	\$5	1200	\$6,000
PIÑÓN	Cosecha: agosto 2009 a enero de 2010	Kg	\$5	250	\$1,250
			<b>TOTAL DE INGRESOS</b>		<b>\$57,350</b>
			<b>EGRESOS</b>		<b>\$375,342</b>
			<b>Relación beneficio/costo</b>		<b>0.15</b>

El productor de la Parcela 2 no fue sujeto de ningún apoyo gubernamental. El análisis de sensibilidad indicó que en el Año 1, se obtiene una relación beneficio/costo mayor a 1, siendo constante desde el Año 1 hasta el 3 con \$1.35 e incrementándose a \$1.57 en el Año 4 y Año 5. La TIR presentó un valor superior a la tasa de descuento y la VAN mostró un valor de 85.0 (positivo), que en conjunto indican que es factible invertir en el cultivo del piñón (Cuadro 16). En base al análisis de sensibilidad (Cuadro 16), permite deducir que al mantenerse una producción estable de piñón (2 500 kg ha<sup>-1</sup>) se esperaría la recuperación del capital inicial y se obtendrían ingresos económicos para el manejo del cultivo de piñón y también contribuiría a diversificar la economía del productor.

Cuadro 16. Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 2. Piñón-Sandía (riego por cintilla)-Cacahuete, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.

Cultivo	Precio unitario	Cantidad	AÑOS DE PRODUCCIÓN POR CULTIVO				
			Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sandía	\$1.67	30000	\$58,116.00	\$67,414.56	\$78,200.89	\$90,713.03	\$105,227.12
Cacahuete	\$5	1200	\$6,960.00	\$8,073.60	\$9,365.38	\$10,863.84	\$12,602.05
Piñón	\$5	2500	\$12,500	\$14,500	\$16,820	\$19,511	\$22,633
<b>Ingresos</b>			<b>\$77,576</b>	<b>\$89,988</b>	<b>\$104,386</b>	<b>\$121,088</b>	<b>\$140,462</b>
<b>Egresos</b>			<b>\$57,350</b>	<b>\$66,526</b>	<b>\$77,170</b>	<b>\$77,170</b>	<b>\$89,517</b>
<b>Relación beneficio/costo</b>			<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.35</b>	<b>1.57</b>	<b>1.57</b>
<b>Tasa de descuento</b>			<b>18%</b>				
<b>TIR</b>			<b>31.60%</b>	<b>Valor superior a la tasa de descuento, inversión (en principio) factible</b>			
<b>VAN</b>			<b>85.081</b>	<b>Valor positivo, inversión (en principio) factible</b>			

**Parcela 3. Maíz asociado a piñón (temporal y riego) en Ej. Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.**

La distancia de siembra del cultivo de piñón es de 3 x 2 m, entre surcos y entre plantas de piñón, respectivamente (Figura 22). Se obtuvieron los costos de producción de una hectárea de piñón, de dos ciclos de cultivo de piñón asociado a maíz desde su establecimiento (1° de julio de 2008 hasta el 31 de mayo de 2010). En los dos años (cuatro ciclos de cultivo), asoció maíz variedad “Nutria”, de junio a noviembre 2008 y de junio a noviembre de 2009 “VS 536”, ambos en sistemas temporal y en los dos ciclos de diciembre de 2008 a mayo 2009 y diciembre de 2009 a mayo de 2010, sembró variedad “VS 536” pero en sistema de riego. La siembra de maíz, consistió en depositar dos semillas de maíz por postura, con macana, a una profundidad de 3 a 4 cm y a una distancia de siembra de 80 cm x 40 cm entre surcos y plantas, respectivamente (Figura 23). La organización denominada Productores Asociados de Semillas S.C de R.L. de C.V. (PROASE), le proporciona los insumos como semilla, fertilizantes,

herbicidas y plaguicidas, y a cambio tiene el compromiso de venderle el maíz en mazorca, de buen tamaño y calidad y, el resto lo desgrana y vende a granel al mejor postor. Recibe asesoría del Instituto de Reconversión Productiva y Biocombustibles y la Unión de Sociedades Bioenergéticas de Chiapas S.C. de R.L. de C.V.

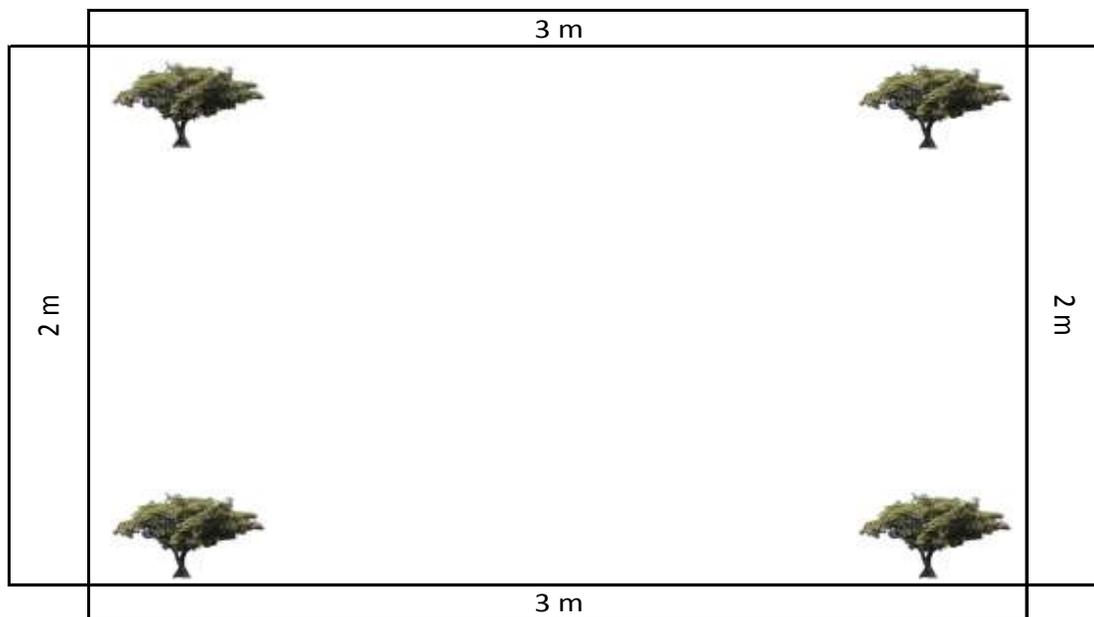


Figura 22. Plano topológico de la Parcela 3. Monocultivo de piñón en sistema de temporal y riego, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

La Parcela 3 tiene un uso intensivo debido a que el cultivo de maíz se produce durante los dos ciclos al año (de junio a diciembre y de diciembre a mayo) y en época de secano usa el sistema de riego rodado, y solo queda en monocultivo (Figura 22) cuando se realiza la preparación del terreno. La distancia de siembra entre surcos del piñón permite el paso de tractor y se le da dos pasos de rastra y un surcado para incorporar al suelo, el rastrojo de maíz.

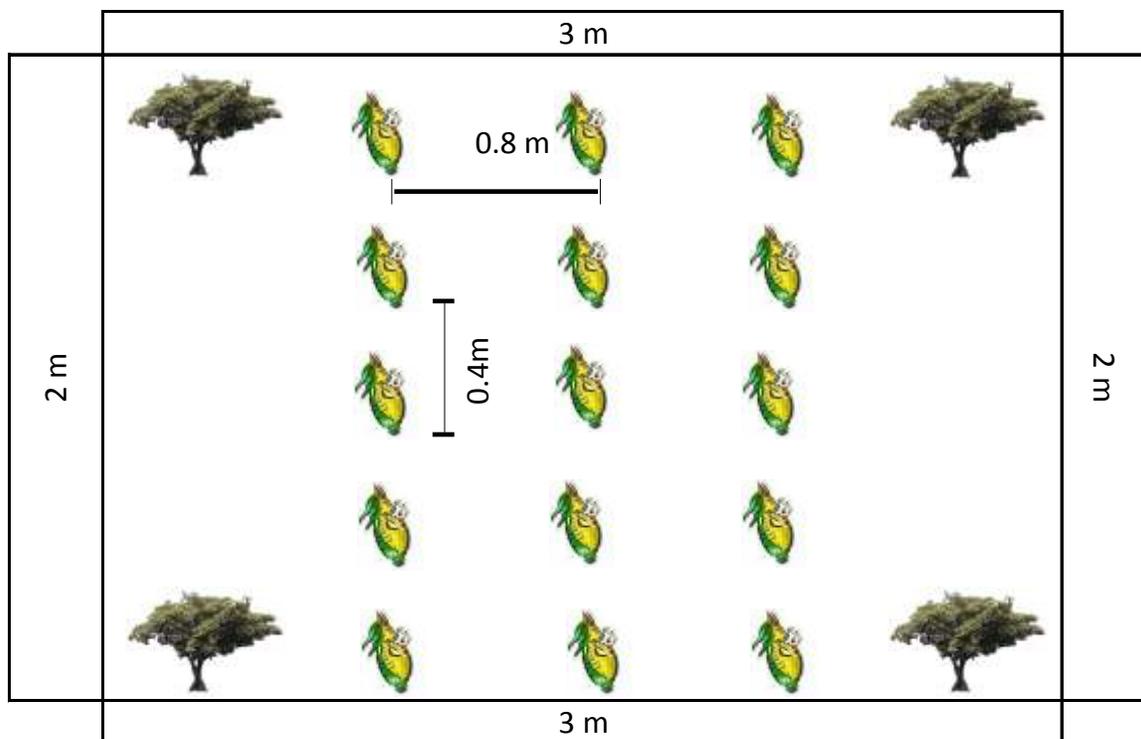


Figura 23. Plano topológico de la Parcela 3. Piñón-Maíz en sistema de temporal y riego, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

La producción de frutos de piñón fue de  $166.5 \text{ kg ha}^{-1}$ , en su primer ensayo y año (de agosto de 2009 a enero de 2010), coincidiendo la etapa de cosecha del piñón con la del maíz en sistema de temporal. La producción de maíz fue de  $3 \text{ ton ha}^{-1}$  y  $4 \text{ ton ha}^{-1}$  (estimada a través de entrevista con el productor) en sistema de temporal y riego, respectivamente, en ambos años. Se pudo observar la presencia de insectos asociados al fruto como la chinche gregaria de manchas de colores (*P. klugii*), reportada como insecto que causa daño a frutos, huevecillos de insectos benéficos como depredadores, la presencia de huevos y aves recién nacidas en nidos contruidos en plantas de piñón, ya que las plantas de maíz y de piñón llegaron a cerrarse y favorecen condiciones del microhábitats. No se observó presencia de malezas por el constante control. Al piñón se realizó una poda a 40 cm del suelo, en el mes de abril de 2010, cuando tenía 1.10 años de edad, observándose buena recuperación de la planta en follaje, pero no en

cuanto a botones florales y otra poda a 80 cm del suelo en el mes de enero de 2011 (Figura 24). En caso de querer optimizar este sistema (arreglo topológico, densidad de población de las especies en el cultivo compuesto), este sería un ejemplo de que el piñón puede sembrarse como cultivo compuesto con cultivos básicos, incluso en tierras de alto potencial productivo. Sin embargo, para completar esta aseveración es necesario generar la información que permita comparar ambos monocultivos, piñón y maíz.

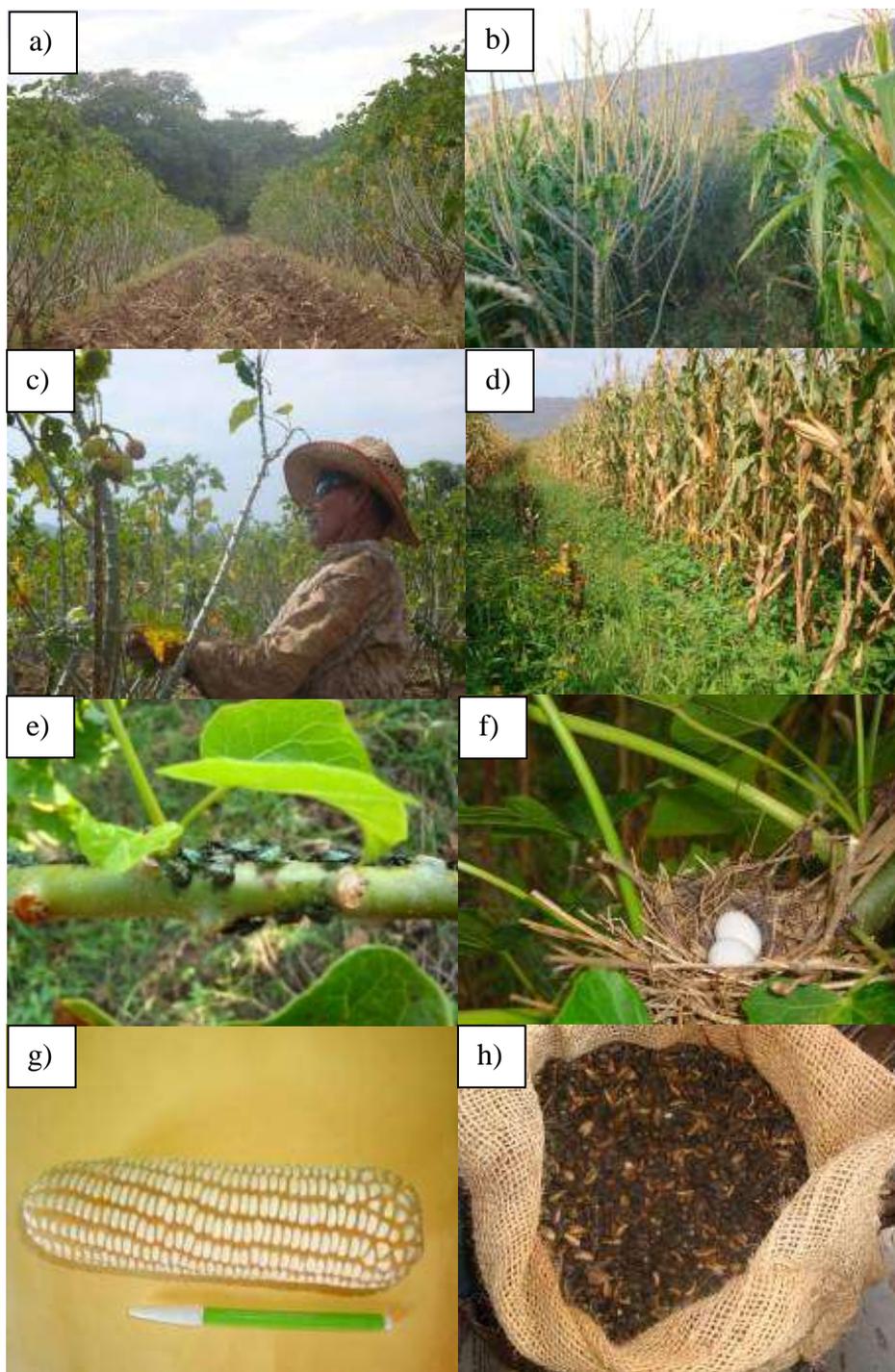


Figura 24. Parcela 3. a) Paso de rastra después de cosecha de maíz b) Piñón-Maíz Sistema de riego rodado y sin poda, c) Cosecha de piñón, d) Piñón-Maíz con poda de piñón e) Ninfas de chinche gregaria de manchas de colores (Scutelleridae; *Pachycoris klugii* Burmeister) f) Fauna asociada al piñón g). Cosecha de maíz h) Cosecha de piñón en Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

Respecto a la evaluación financiera, se encontró que esta Parcela 3 tiene un mayor costo de producción (\$234,552), debido a la aplicación de riego rodado, lo que incrementa la inversión en mano de obra, insumos químicos y costos de renta de la tierra. Respecto a los ingresos por ventas estos fueron de \$38,633 por tanto, se tuvieron pérdidas, aunque menor a las otras parcelas, con \$0.13 por cada peso invertido, lo cual es consistente con la relación beneficio/costo, menor a 1 (Cuadro 17), en los dos primeros años de inversiones. En la etapa de inversión para la siembra de piñón, el productor recibió apoyos del programa PRO-ÁRBOL de la CONAFOR, por \$2,000 en el año 2008 y \$3,150 en el 2009, estando pendiente el apoyo correspondiente a los años 2010 y 2011. Además tuvo el apoyo del programa PROCAMPO por la cantidad de \$800 ha en 2008 por la siembra de maíz de riego y \$960 en 2009 y, del programa Maíz Solidario por \$1,000 (\$800 en insumos y \$200 de seguro de vida del productor), en 2008 y también en 2009.

Cuadro 17. Relación beneficio/costo de la Parcela 3. Piñón-Maíz, bajo condiciones de temporal y riego, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

<b>INVERSIONES</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UTILIZADO EN</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
Insumos para el manejo de la tierra y del cultivo del Piñón	Preparación terreno	Preparación terreno	\$1,000	1	\$1,000
	compra de planta	Siembra	\$1.0	2000	\$2,000
	compra de planta	Resiembra	\$1.0	480	\$480
	Jornales	Siembra	\$60	2	\$120
	Jornales	Resiembra	\$60	5	\$300
	Jornales	Cosecha	\$70	2	\$140
	Jornales	Poda	\$70	2	\$140
<b>SUBTOTAL</b>					<b>\$4,180</b>
Insumos para el manejo de la tierra y del cultivo del Maíz	Preparación terreno	Preparación terreno	\$1,000	3	\$3,000
	Semilla de maíz 1 saco (20kg)	Siembra	\$1,000	4	\$4,000
	Fertilizantes, Herbicidas, Semevin	Desinfección semilla	\$350	2	\$700

Cuadro 17, continuación

Insecticidas y desinfectante	Grogreen	Fertilización foliar	\$40	8	\$240
	Urea saco de 50kg	Fertilización suelo	\$256	15	\$3,840
	Superfosfato de potasio	Fertilización suelo	\$312	2	\$624
	1 bolsa (25kg) de Cloruro de Potasio (00-00-60)	Fertilización suelo	\$350	1	\$350
	Lorsban 480 EM bolsas (10kg)	Control gusano cogollero	\$120	12	\$1,440
	Arrasador		\$80	4	\$320
	Herbipol 1lt		\$70	3	\$210
	Gramoxone 1lt	Control de malezas	\$150	2	\$300
	Gramoxone 1lt		\$160	2	\$320
	Sanzón		\$250	2	\$500
	Finale 1Lt		\$120	6	\$720
	Faena		\$120	2	\$240
	Karate 1Lt	Control de plagas	\$154	2	\$308
	Arrivo		\$130	5	\$650
	Jornales	Control de malezas	\$60	18	\$1,080
Jornales	Control de malezas	\$70	18	\$1,260	
Jornales	Control de plagas	\$60	4	\$240	
Jornales	Control de plagas	\$70	4	\$280	
Jornales	Fertilización	\$60	9	\$540	
Jornales	Fertilización	\$70	9	\$630	
Mano de obra	Jornales	Control de gusano cogollero	\$60	2	\$120
	Jornales	Control de gusano cogollero	\$70	2	\$140
	Jornales	Riego	\$350	12	\$4,200
	Jornales	Siembra	\$60	8	\$480
	Jornales	Siembra	\$70	8	\$560
	Jornales	Cosecha y fletes	\$660	2	\$1,320
	Jornales	Cosecha y fletes	\$880	2	\$1,760
	<b>SUBTOTAL DEL CULTIVO DE MAÍZ</b>				
Costo de la tierra	Hectáreas sembradas	Producción con riego	\$200,000	1	\$200,000
		<b>SUBTOTAL DE ADQUISICIÓN DE LA TIERRA</b>			
<b>TOTAL DE INVERSIONES</b>					<b>\$234,552</b>
<b>INGRESOS POR VENTA DE PRODUCTOS DEL CULTIVO</b>					
<b>CULTIVO</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL</b>
PIÑON	Cosecha: ago 2009-ene 10	Kg	\$5	166.5	\$833

Cuadro 17, continuación

MAÍZ	Ciclo de producción de temporal: junio 2008-noviembre 2008	Kg	\$2.7	3000	\$8,100
	Ciclo de producción de riego: diciembre 2008-mayo 2009	Kg	\$2.7	4000	\$10,800
	Ciclo de producción de temporal: junio 2009-noviembre 2009	Kg	\$2.7	3000	\$8,100
	Producción de riego: diciembre 2009-mayo 2010	Kg	\$2.7	4000	\$10,800
<b>TOTAL DE INGRESOS</b>					<b>\$38,633</b>
<b>EGRESOS</b>					<b>\$295,920</b>
<b>Relación beneficio/costo</b>					<b>0.13</b>

Bajo el supuesto de una producción de 2,500 kg de semilla ha<sup>-1</sup> de piñón para el tercer año de cultivo (Año 1), con el mismo costo de producción, más el 16 % de incremento en los precios, los resultados del beneficio/costo se incrementó, de tal manera que por cada \$1.00 invertido, se puede obtener una ganancia de \$1.46 (Año 1), aumentando gradualmente en los años siguientes a \$1.71 (Año 2 al Año 4). Cabe mencionar que este análisis está basado en supuestos, apegado a datos reales y actuales, porque aún no se cuentan con datos de una producción estabilizada ya que ocurre a los 5 años de edad de la planta de *J. curcas* y a las parcelas en estudio se les dio seguimiento durante los dos primeros años de establecida, ya que eran parcelas de mayor edad cuando se efectuó el estudio. En este caso la TIR estimó una tasa de 22.5% superior a la tasa de descuento y la VAN mostró valores positivos de 27.75, que en conjunto indican que la inversión para el cultivo del piñón en principio es factible (Cuadro 18).

Cuadro 18. Proyección financiera en un periodo de cinco años, de la Parcela 3. Piñón-Maíz bajo condiciones de temporal y riego, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

Cultivo	Precio unitario	Cantidad	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Piñón	\$5	166.5	\$12,500	\$25,750	\$29,870	\$34,649	\$40,193
Maíz (temporal)	\$3	3000	\$9,396.00	\$10,899.36	\$12,643.26	\$14,666.18	\$17,012.77
Maíz (riego)	\$3	4000	\$12,528.00	\$14,532.48	\$16,857.68	\$19,554.91	\$22,683.69
Maíz (temporal)	\$3	3000	\$9,396	\$10,899	\$12,643	\$14,666	\$17,013
Maíz (riego)	\$2.7	4000	\$12,528	\$14,532	\$16,858	\$19,555	\$22,684
<b>Total de ingresos</b>			<b>\$56,348</b>	<b>\$76,614</b>	<b>\$88,872</b>	<b>\$103,091</b>	<b>\$119,586</b>
<b>Egresos</b>			<b>\$38,633</b>	<b>\$44,814</b>	<b>\$51,984</b>	<b>\$60,301</b>	<b>\$69,950</b>
<b>Relación beneficio/costo</b>			<b>1.46</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>
<b>Tasa de descuento</b>			<b>18%</b>				
<b>TIR</b>			<b>22.5%</b>	<b>Valor superior a la tasa de descuento, en principio factible</b>			
<b>VAN</b>			<b>27.75</b>	<b>Valor positivo, inversión (en principio ) factible</b>			

Incrementar el margen de utilidad, sin poner en riesgo la sustentabilidad son prácticas recomendadas en el manejo del agroecosistema. Una forma de medir la productividad de los agroecosistemas es evaluar la eficiencia financiera y energética. En este sentido, el análisis financiero es un instrumento para la toma de decisión que permite evaluar la posición financiera y los resultados de operación presentes y pasados de una empresa con el objeto de hacer las mejores estimaciones y predicciones acerca de un proyecto y desempeño de este en el futuro (Villegas, 2002).

En Chiapas el cultivo de maíz de temporal es de particular importancia con una superficie cosechada de maíz de 683,203 ha y un volumen de producción de 1,588.939 ton, con un valor de \$4,412.063.

En el municipio de Chiapa de Corzo se cultivan alrededor de 13,643 ha de temporal (INEGI, 2009). A pesar de ello, el productor de la Parcela 1. Piñón-Maíz temporal, sembró por primera vez maíz de temporal en los dos años de estudio. Se observó que esta parcela tuvo más pérdidas por \$1.00 invertido (\$0.35); tuvo una menor inversión (\$26,561), menor costo de tierra de temporal (\$6,500 ha), egresos (\$19,586) e ingresos (\$6,975 ha). Por la venta del maíz obtuvo el (94.62 %), con un rendimiento de 3 ton ha<sup>1</sup>, superior al reportado por INEGI (2009) de 2,30 ton ha<sup>1</sup> en promedio bajo temporal, y sólo el 5.38 % de ingresos por el piñón. Recibió además, apoyos gubernamentales alrededor de \$7,450 por la siembra de piñón y un ciclo de maíz.

Este productor invirtió menor cantidad de dinero, con escasas prácticas de manejo cultural, basadas esencialmente en limpias en forma manual y, disminuyó el uso de mano de obra y de agroquímicos, además aprovechó el tiempo y los espacios con el otro cultivo mientras que el cultivo de piñón se desarrollaba, por lo que se considera que la asociación de *J. curcas* con maíz fue bastante rentable por la práctica de una agricultura que requiere de menor cantidad de insumos y de menor explotación de los recursos naturales. Durante los primeros dos años de establecer el piñón asoció una ocasión el maíz de temporal mediante la práctica de una agricultura convencional, lo que no permitió tener más datos para hacer una evaluación más. El productor indicó que no va a sembrar más el cultivo de maíz por la competencia intra-especies que observó mientras el piñón se desarrollaba, basándose en que el maíz presentó un enrollamiento de las hojas aunado a una falta de humedad en época de secano, que sugiere es captada por el piñón.

El cultivo de cacahuate en Chiapas es un cultivo alimenticio de gran importancia económica, ya que a esta actividad se dedican alrededor de 1,400 productores, con una superficie total de 6,707 ha, y de 2,030 ha en el municipio de Cintalapa (INEGI, 2009). La sandía también se cultiva, pero es de menor importancia con una superficie en el estado de 2,363 ha y apenas 86 ha en el municipio de Cintalapa (INEGI, 2009). El productor de la Parcela 2, tomó la decisión en sus inicios de asociar al piñón, sandía y posteriormente el cultivo de cacahuate, ambos por única vez. Sin embargo, la inversión en la parcela en los dos años evaluados se incrementó a \$232,692 ha, sobre todo por el costo de la tierra de riego (\$200,000 ha), con los egresos más altos de las tres parcelas evaluadas a \$375,342, principalmente por los costos del cultivo de sandía, ya que requirió la preparación del terreno con paso de rastra tirada por tracción equina, y además empleó de forma importante: productos químicos (Ver Ingredientes activos en Anexo C) y mano de obra por el uso de riego con cintilla, pero sus ingresos también fueron los más altos de las tres parcelas evaluadas con \$57,350 haciendo la mayor aportación. El cultivo de sandía con un ingreso del 87.36% (\$50,000) de los ingresos totales e influyó para tener un déficit de solo \$0.15 por cada peso invertido. En el cultivo de cacahuate no se aplicaron insumos, por decisión del productor, lo que se reflejó en una deficiente producción de apenas 1,200 kg ha<sup>1</sup>, con una producción promedio de 2 ton ha<sup>1</sup>, y un ingreso no de \$6,000 y apenas el 10.46 % del ingreso total. La siembra única de un ciclo de cacahuate, no permitió contar con mayores datos en los dos años de valoración. Sin embargo, bajo estas condiciones de manejo el cultivo de cacahuate, no fue la mejor asociación respecto a la producción e ingresos por ventas. Además, por la siembra del cultivo de sandía y cacahuate, el productor no recibió ningún ingreso adicional como apoyo gubernamental.

El cultivo de maíz de riego en el estado de Chiapas, representa apenas el 1.47 % (10,294 ha) de las 699,921 ha totales que se siembran en el estado de Chiapas, predominando en las tierras de temporal con el 98.53 % de la superficie. En Chiapa de Corzo, municipio donde se localiza esta parcela, apenas se siembran 583 ha de riego y 13,643 ha de temporal (INEGI, 2009).

Respecto a la Parcela 3. Piñón-Maíz Temporal y Riego, destaca por la mayor inversión en el costo de producción (\$234,552.00), sumado al costo de la tierra de riego (\$200,000.00), pero menor egreso con \$295,920.00 que la Parcela 2, esto por concepto de: preparación del terreno con barbecho y paso de rastra, en los cuatro ciclos productivos; uso de diversos productos químicos, con sus respectivos jornales por la aplicación de riego rodado cada quince días, en época de secano, que a diferencia de la Parcela 2, emplea menos jornales, pero más caro, porque se realiza en horas extras por las noches debido al uso restringido y compartido del agua. Los ingresos por cosecha de maíz son consistentes a lo largo del año, ya que el productor siembra sin interrupción durante dos ciclos de cultivo, tanto en temporal y riego. Para los dos años evaluados, se obtuvieron ingresos por \$38,633.00, que representó el 97.84 % solo por ventas del maíz. Esta parcela destaca porque tiene las menores pérdidas con \$0.13 por cada peso invertido y además resulta interesante la asociación, porque adicional al cultivo del piñón asocia el maíz, lo que contribuye asegurar la seguridad alimentaria local, sin causar un desfasamiento del cultivo y de las tierras, y además obtiene 3 ton ha<sup>1</sup>, en el ciclo de maíz temporal, más de la producción promedio (2.32 ton ha<sup>1</sup>) en la Región Centro de Chiapas y 4 ton ha<sup>-1</sup>, en sistema de riego, también superior a las 3.54 ton ha<sup>-1</sup>, reportadas como promedio estatal (INEGI, 2009). Sin embargo, estas tierras son suelos planos y de vega de río, de buena calidad, y apropiados para la siembra de maíz, pero el productor ha tomado la decisión de

sembrar piñón según su versión, porque el maíz cada vez resulta menos conveniente y el piñón podría tener mayor rentabilidad. Para ambos cultivos, tanto para el piñón como para el maíz, este productor también recibió apoyo adicional de \$8,910.00 como apoyos de programas gubernamentales.

Las tres parcelas evaluadas mostraron resultados positivos, respecto a la TIR y VAN, siendo superiores a la tasa de descuento y con valores positivos, respectivamente. La TIR y la VAN fue mayor en la Parcela 1 con respecto a las otras dos parcelas. Sin embargo, las tres parcelas muestran una VAN mayor a cero, lo que indica que se recuperarán todos los desembolsos más la tasa de actualización, que es la ganancia mínima exigida por el productor y una TIR que muestra el interés máximo que el productor podría pagar por los recursos monetarios generados, una vez recuperados los costos de inversión y operación, por lo que existe una rentabilidad del dinero invertido (Baca-Urbina, 2006). De acuerdo con estos resultados, es necesario hacer mención que ante la realidad de los supuestos utilizados en este estudio y para poder verificar los valores de los indicadores a través del tiempo, se deben realizar estudios posteriores o dar seguimiento a estas parcelas, con la finalidad de presentar información acorde a la edad de las plantaciones y sus datos de producción obtenidas a través del tiempo y en su caso, re-diseñar o transferir estos modelos a otros agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas.

Una de las características que inciden de forma importante en todo sistema de producción en el volumen de producción, es el marco topológico de las plantaciones (Cuadro 19). Por las distancias y densidades de plantas, destaca la parcela 3 con una densidad de 30,000 plantas de

maíz en cada ciclo productivo, existiendo hasta cuatro ciclos en los dos años de evaluación, adicionales a las 1,650 de piñón. Al respecto, según Heller (1996), un mayor espaciamiento (3 m x 3 m) puede dar mayores rendimientos de fruta, por lo menos en los primeros años y Kaushik y Kumar (2006) proponen el uso más amplio espaciamiento de los patrones (4 m x 2 m, y 4 m x 3 m). Sin embargo, la CONAFOR condiciona que para recibir el apoyo del Programa PRO-ÁRBOL la densidad de plantas que solicita a manera de requisito es de 1,600 plantas ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 19. Distancia entre surcos, entre plantas, densidad de plantas, número de jornales y producción de piñón y sus cultivos asociados. Junio 2008-Mayo 2010.

PIÑÓN				CULTIVO ASOCIADO				
Sistema	Distancia siembra	Densidad plantas	Producción (kg)	Distancia siembra cultivo asociado	Densidad plantas/ciclo productivo	Producción (ton/2 años)	Jl	Costo Total /Jornal
Parcela 1. Piñón- Maíz Temporal	2.5 mx2 m	2 000	75	Maíz (0.80 mx0.40 m)	Maíz (20 000)	Maíz (3)	65	4 290
Parcela 2. Piñón- Sandía- Cacahuate	3 mx1.5 m	2 211	250	Sandía (3m x 0.30 m)	Sandía (10 989)	Sandía (30)	128	8 300
				Cacahuate (0.80 m x 0.30 m)	Cacahuate (21 978)	Cacahuate (1.2)		
Parcela 3. Piñón- Maíz Temporal y Riego	3 mx2 m	1 650	166.5	Maíz (0.80 m x.40 m)	Maíz (30 000)	Maíz (14)	109	13 310

La rápida respuesta del piñón a la poda y el desarrollo de las copas, sugiere que esta planta podría no permitir cultivos asociados y convertirse en monocultivo alrededor de los tres años de edad, excepto con un adecuado programa de podas y considerando el crecimiento por

competencia por nutrientes y agua, debido al traslape de raíces, lo cual debería ser evaluado mediante diseños experimentales en estudios posteriores.

Dado que la planta a los dos años de establecida no expresa su mayor potencial de producción y, de acuerdo a los resultados de rentabilidad a partir del tercer año, con la producción simulada de 2,500 kg ha<sup>-1</sup>, es necesario darle seguimiento a estas parcelas para continuar evaluando su rentabilidad hasta que se estabilice. Además, encontrar las asociaciones más productivas y rentables cultivadas en diversas condiciones edafo-climáticas. Las plantaciones están establecidas en suelos arenosos y arcillosos, que ante la falta de humedad en el suelo durante la temporada de otoño, ocasiona la caída de las hojas (Kumar y Sharma, 2008). Además la rápida respuesta del piñón a la poda y el desarrollo de las copas, sugiere que esta planta podría no permitir cultivos asociados y convertirse en monocultivo alrededor de los tres años de edad, excepto con un adecuado programa de podas y considerando el crecimiento por competencia por nutrientes y agua, debido al traslape de raíces, por lo que es importante considerar estudios futuros sobre la poda y cultivos asociados.

Las ventajas de los cultivos intercalados han sido exploradas por la agricultura orgánica y otros tipos de agricultura sostenible durante muchos años (Gliessman, 2002), actividad que los productores de piñón desarrollan actualmente al asociarlo a sus cultivos de importancia socio-económica, entre ellos los cultivos básicos, que además les provee de cierta diversidad de especies que los productores aprovechan para tener ingresos escalonados pero que indirectamente podrían tener menos presencia de plagas y enfermedades, ya que según Malézieux *et al.* (2009), la evolución de los ecosistemas naturales se controla por un alto nivel

de biodiversidad, en contraste con los sistemas agrícolas intensivos que tienen impactos claramente negativos sobre la calidad del suelo y el agua y la conservación de la biodiversidad. Por otra parte, los sistemas tradicionales con varias especies podrían ser utilizados como modelos para el diseño de sistemas de cultivo sostenibles (Gliessman, 2001; Altieri, 2002) ya que los agroecosistemas tradicionales son reservas de diversidad genética *in situ* (Altieri y Merrick, 1987), y han dado evidencias de que los sistemas son más sostenibles y conservan mejor los recursos (Vandermeer, 1995).

De acuerdo a los resultados de rentabilidad obtenidos para un tercer año de producción del piñón, bajo las condiciones edafo-climáticas y económicas evaluadas en este estudio, este cultivo puede ser una oportunidad para generar empleos e ingresos a productores rurales, sobre todo en asocio en los primeros años de su establecimiento.

Es necesario fomentar un cultivo sustentable que no requiera de subsidios ni apoyos gubernamentales para que la actividad sea rentable e incluyente para el productor en el todo el sistema productivo de *J. curcas*, considerando beneficiar directamente a los pobladores de comunidades lejanas con el uso doméstico del biodiesel, con necesidades de asesoría y capacitación que garanticen su máximo potencial de las plantas, dar una certidumbre en los precios de la materia prima y consolidar el mercado mediante la estabilidad del campo y la industria. Además, considerar las ventajas como planta multipropósito que el piñón representa para considerar otros usos de la planta y sus derivados, incluso la del pago por servicios ambientales en la captura carbono y el aporte al suelo de materia orgánica y, su intervención en el reciclaje de nutrientes y del ciclo hidrológico.

### 3.4 Conclusiones

A manera de conclusión, los tres sistemas de producción de *J. curcas* bajo las condiciones evaluadas, presentan pérdidas de \$0.1 a \$0.35 por cada peso invertido, influenciado por una mayor inversión en el costo de la tierra, preparación del terreno y mano de obra, durante los dos primeros años de establecida la plantación.

Bajo el supuesto de una producción máxima y estable de semilla de *J. curcas* de 2,500 kg ha<sup>-1</sup> a partir del quinto año de establecida y con un precio de venta de \$5.00 kg, el análisis de sensibilidad mostró ganancias, con ingresos de \$1.35 hasta \$2.9 por cada peso invertido y los indicadores financieros TIR y VAN, mostraron en todos los casos, la factibilidad de establecer el cultivo. Lo que sugiere la viabilidad de ejecutar los proyectos de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas, bajo las condiciones evaluadas.

La Parcela 1, Piñón, asociado a maíz de temporal en un solo ciclo, tuvo la mayor pérdida (\$0.35) por peso invertido en los dos primeros años de plantada, respecto a las otras parcelas evaluadas, pero expuso menos inversiones y egresos e introdujo menor cantidad de energía externa al sistema y, menor explotación de los recursos naturales como el suelo y agua.

El cultivo de la sandía reflejó ser rentable con la aportación del 87.36 % de los ingresos totales e influyó para tener un déficit de solo \$0.15 por cada peso invertido, contrario al cultivo de cacahuete que solo aportó el 10.46 % del ingreso total en la asociación de la Parcela 2. Piñón-Cacahuete-Sandía, por lo que se asume que bajo las condiciones de manejo evaluadas, el piñón-cacahuete, no fue la mejor asociación.

La mejor asociación económica es la del Maíz-Piñón, en sistemas: temporal y riego (Parcela 3), que contribuye en la seguridad alimentaria local y presenta el menor déficit en los dos primeros años (\$0.13 por cada peso invertido) y la mayor aportación del ingreso por ventas del maíz (97.84 % del ingreso total), durante los dos primeros años evaluados.

Se deben buscar estrategias de manejo para disminuir costos de producción y aumentar la productividad, como un reto inmediato en los agroecosistemas locales con *J. curcas*.

### 3.5 Literatura citada

- Altieri, M.A. y L.C. Merrick. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 4: 86-96.
- Altieri, M.A. 1995. *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder, CO. 433 p.
- Altieri M.A. 2002. Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agric. Ecosyst. and Environ.* 93: 1-24.
- Baca-Urbina, G. 2006. *Evaluación de Proyectos*. McGraw-Hill. 5ta Edición. México 120 p.
- Francis G., R. Edinger and K. Becker. 2005. A concept for simultaneous wasteland reclamation, fuel production, and socio-economic development in degraded areas in India: Need, potential and perspectives of *Jatropha* plantations. *Natural Resources Forum* 29: 12-24.
- Gliessman, S.R. 2001. *Agroecosystems sustainability: developing practical strategies*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Gliessman, S.R. 2002. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp: 229-245.
- Heller J. 1996. Physic nut. *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. PhD dissertation, Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy, [www.ipgri.cgiar.org/Publications/pdf/161.pdf](http://www.ipgri.cgiar.org/Publications/pdf/161.pdf).

- INEGI. 2009. Anuario estadístico de Chiapas. Tomo II. Gobierno del estado de Chiapas. Aguascalientes, Aguascalientes. 733 p.
- Islas, J.F. y P. Manzini. 2006. Un Catalizador para el Desarrollo Sustentable. Escenarios de Bioenergía en México. México.
- Kaushik, N. and S. Kumar S. 2006. *Jatropha curcas* L. Silviculture and uses. 2<sup>nd</sup> revised. Agrobios, Jodhpur.
- Kumar A. and S. Sharma. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. Industrial Crops and Products, 28: 1-10.
- Malézieux, Y. Crozat, C. Dupraz, M. Laurans, D. Makowski, H. Ozier-Lafontaine, B. Rapidel. S. de Tourdonnet. M. Valantin-Morrison. 2008. Mixing plant species in cropping systems: concepts, foals and models. A review. Agron. Sustain. Dev. 29: 43-62.
- Martínez, H.J. 2007. El Piñón Mexicano: una alternativa bioenergética para México. Revista Digital Universitaria [en línea]. 10 de diciembre 2007, Vol. 8, No. 12. [Consultada: 15 de agosto de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.revista.unam.mx/vol.8/num12/art88/int88.htm> ISSN: 1607-6079.
- Pimentel, D. 1997. Livestock production: energy inputs and the environment. Proceedings 47<sup>th</sup> Annual Meeting of The Canadian Society of Animal Science 47: 16-26.
- Rosset, 1997. La crisis mundial de la agricultura convencional y la respuesta agroecológica. En: Conferencias III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Las Villas. pp: 87-95.
- Salim, R.S. 2010. Infraestructura Agrícola para Biocombustibles de 2<sup>a</sup> Generación. Tercer Taller: Infraestructura y Refinación. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 14-15 octubre de 2010.
- Somarriba E. 1995. Esquema de trabajo para la cuantificación y evaluación de asociaciones pasto/ganado/guayaba (*Psidium guajaba*). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 7p.
- Vandermeer, J. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. Ann. Rev. Ecol. Syst. 26: 201-224.
- Villavicencio V., A., M. Urbieta E., C. Ruiz H., A. Pérez J., G. González G., L. Rodríguez M., L., F. Torres G., G. Jiménez V., P. Pimentel C., C. Cortez T. 1999. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México. H. Ayuntamiento de Chiapa de Corzo. [HTTP://INAFED.GOB.MX/WORK/TEMPLATES/ENCICLO/EMM07CHIAPAS/MUNICIPIOS/07027A.HTML](http://INAFED.GOB.MX/WORK/TEMPLATES/ENCICLO/EMM07CHIAPAS/MUNICIPIOS/07027A.HTML). Fecha de consulta: 16 de mayo de 2011.
- Villavicencio V. A., M. Urbieta E., C. Ruiz H., A. Pérez J., G. Gonzáles G., L. Rodríguez M., F. Torres G., G. Jiménez V., P. Pimentel C., y C. Cortez T. 2005. Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Chiapas. Cintalapa. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal-Gobierno del Estado de Chiapas.

Villegas V.E. 2002. Análisis Financiero en los Agronegocios. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna. Torreón México. Revista Mexicana de Agronegocios 10: 336-348.

## DISCUSIÓN GENERAL

**1. Zonificación agroecológica para el cultivo de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas.** La distribución geográfica de los cultivos a nivel mundial está delimitada por los factores climáticos y requerimientos básicos que son vitales para el desarrollo del cultivo. En este sentido para establecer el cultivo de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas se tienen tres valores con potencia alto, medio y bajo que en suma arroja un total aproximado de 1,300 mil ha. De acuerdo con lo reportado por Font (2003) para la distribución geográfica natural de la especie en Argentina, específicamente para la región de la Patagonia, que abarca un área de 1,043,076 km<sup>2</sup>, no menciona el valor del área de distribución de la especie, pero existen diferencias respecto a la superficie evaluada en este estudio (1, 297, 627.36 ha, de la Región Centro del Estado de Chiapas), con un estimado de solo el 15.7 % con potencial alto y medio, sin incluir áreas planas (cerca de 205 mil ha), y se considera que la zonificación propuesta por Font (2003), analiza una superficie mucho mayor que en este estudio y, utiliza variables meteorológicas que determinan la distribución de la especie a una escala más fina (Falasca y Ulberich, 2008a).

En otro estudio, Falasca y Ulberich (2008b) determinaron las áreas potenciales para cultivar *J. curcas* en zonas con riego y sin riego, y estimaron que existe un mayor potencial en los sitios sin riego que contemplan los climas cálidos sub-húmedo, húmedos a húmedo y sub-húmedo a secos que prevalecen en la Patagonia, en Argentina. Esto evidencia que *J. curcas* puede soportar largos períodos de sequía y como respuesta a esto puede desprender sus hojas para reducir la evapotranspiración; sobrevive y crece en las tierras marginales y erosionada (Maes *et al.*, 2009). Por tanto, la zonificación agroecológica de *J. curcas* y las potencialidades para

establecer el cultivo estarán en función de las condiciones edafoclimáticas que se presenten en una región en particular (Falasca y Bernabé, 2009). Por ejemplo, Falasca y Bernabé (2009) consideraron que el rendimiento de *J. curcas* en zonas templadas es inferior que el que se obtiene creciendo bajo clima tropical, pero en ambos casos contribuye al desarrollo de nuevas economías regionales por la generación de empleos para su cultivo y otros puestos de trabajo temporales como la recolección de los frutos.

En este contexto, el caso de China, cuyos estudios se han enfocado a integrar *J. curcas* como materia prima para la producción de biodiesel y la evaluación de la factibilidad de integrar el cultivo, se ha encontrado que la Provincia Suroeste de este país, cuenta con tres regiones que en conjunto suman un territorio de  $7 \times 10^4$   $\text{hm}^2$  de tierras aptas y  $1.431 \times 10^6$   $\text{hm}^2$  de tierras moderadamente aptas para *J. curcas* (Wu *et al.*, 2010), valores superiores a los reportados en esta investigación. Sin embargo, es importante enfatizar que tanto en China como en México y otros países como la India, aún es necesario centrar esfuerzos para mejorar el rendimiento del cultivo (por ejemplo, capacitación y asesoría sistematizada sobre el proceso productivo incluyendo el uso de variedades adecuadas a las condiciones edafo-climáticas, manejo de podas, control integrado de plagas y enfermedades, asociación de cultivos, y comercialización, estabilidad campo-industria), y además, considerar al productor como parte de la cadena de beneficios, integrándolo hasta el producto final (biodiesel), con el propósito de que el productor no tenga intermediarios en su proceso productivo y, participe como socio en la transformación o pueda hacer uso del biodiesel para consumo de sus labores agropecuarias o de uso doméstico.

En el 2008, el gobierno mexicano aprobó una ley para promover y desarrollar los biocombustibles sin competir con la producción alimentaria (GEXSI, 2008). En México, las metas de biodiesel son de cultivar más de 100 mil hectáreas de cultivos en Yucatán, Chiapas, Michoacán, Veracruz y potencialmente en Sinaloa. Según mapas preliminares de la Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO), en México, existen 3.2 millones de hectáreas con potencial para la producción de *J. curcas* distribuidas principalmente a lo largo de la costa del Pacífico Mexicano (Sinaloa y Michoacán), el sur del país (Chiapas) y Yucatán (Aguillón 2008). Por otra parte, Zamarripa y Díaz (2008), en un reporte, estimaron 6 millones de hectáreas con potencial alto y medio para el establecimiento de plantaciones de piñón en México y 230 273 ha con alto potencial para el estado de Chiapas. En este contexto, de las 230 273 ha estimadas para este cultivo con alto potencial para el estado de Chiapas, nuestro estudio incluye un aproximado del 89 % (205 000 ha) de hectáreas destinadas para establecer el cultivo tan solo para la Región Centro de Chiapas. De estas superficies, actualmente se encuentran plantadas en Chiapas 10 000 ha con el cultivo de *J. curcas* (IRPAT, 2010).

A nivel nacional (México) existen alrededor de 2.6 millones de hectáreas solo con alto potencial para el cultivo de *J. curcas*, con un altitud de 0 a 1000 msnm, una temperatura entre 18 y 28 °C y una precipitación pluvial entre 600 y 1200 mm anuales. Entre los estados que destacan con mayor superficie con potencial medio para el cultivo de *J. curcas* son Tamaulipas con 442, 935 ha, Veracruz con 336, 314 ha, Sonora con 348, 446 ha, Guerrero con 283, 191 ha y Jalisco con 261, 989 ha (Zamarripa y Díaz, 2008). Una de las fortalezas y oportunidades para el cultivo de *J. curcas* en Chiapas y se encuentran presentes son los factores edafo-climáticos ideales para su desarrollo, esto tomando como referencia las

características edáficas (INEGI, 2005) y climáticas reportadas para Chiapas (Serrano *et al.*, 2006). Sin embargo, para Chiapas no existe información científica reportada, que estime las hectáreas potenciales para el cultivo de *J. curcas*. Por tanto, este trabajo se puede considerar como las primeras aportaciones científicas que aporta las condicionantes generales para el manejo de *J. curcas* a nivel regional. Estudios futuros deben de enfocarse a zonificar de manera particular a cada municipio de Chiapas, con el propósito de dividir la superficie de la tierra en unidades más pequeñas para identificar características de aptitud de la tierra y la producción potencial para practicar una agricultura con un nivel de riesgo menor y más productivo.

En Chiapas recientemente se está diseñando la tecnología y el mercado para el cultivo de piñón. Por tanto es necesario que la industria de la transformación junto con los productores locales de piñón, bajo la supervisión de instancias gubernamentales, desarrollen de manera participativa esta falta de tecnología y la transformación del producto para que sea adecuada a las condiciones locales y a las necesidades de producción del piñón y del mismo productor y no sea solo proveedor de materia prima.

**2. Actitud y aptitud de los productores de la Región Centro de Chiapas al integrar *J. curcas* a sus agroecosistemas.** Una de las características principales en las que centró el Capítulo II fue a partir del contexto de la siguiente pregunta: ¿Cuál es la percepción de los productores, desde el punto de vista de su actitud y aptitud, en la toma de decisión de cultivar *J. curcas*? En este análisis se ha demostrado que las características socioeconómicas del productor y las características edafoclimáticas y de producción agrícola del

agroecosistema en cuestión, son determinantes importantes para decidir y cambiar la aptitud y actitud del productor de la Región Centro de Chiapas.

En particular los resultados más sobresalientes indicaron que la disponibilidad de mano de obra (los miembros adultos), la edad del productor y el tamaño de la parcela son relevantes para influir en la decisión inicial para integrar *J. curcas* en sus agroecosistemas, aunque no es determinante en decidir la extensión de siembra del cultivo, estableciendo en sus inicios algunos productores las plantas de *J. curcas* como cercos vivos (Menna y Sharma, 2006).

Aquellos productores que tuvieron menor nivel escolar tuvieron mayores posibilidades de adoptar y asignar tierras para establecer el cultivo, pero lo más importante es que los resultados de la aptitud y actitud de los productores ponen de manifiesto que los productores conocen la planta y, el cultivo lo están experimentando con la integración a sus agroecosistemas, y están dispuestos a seguir recibiendo asesoría y capacitación para la siembra de dicho cultivo, lo cual es crucial para fomentar la adopción de *J. curcas* a una escala comercial. Aunado a esto, la promoción y capacitación del cultivo tiene que ser regulado adecuadamente para evitar la conversión masiva de tierras dedicadas a la producción de cultivos o de bosques a la conversión de extensiones compactas de *J. curcas* (Montoya, 2010), ya que los productores consideran que si este llegara a ser rentable, incluso rentar o comprar tierras. Esto exige el desarrollo de un marco regulatorio para aprovechar las oportunidades del potencial económico que tiene *J. curcas* como cultivo, mientras que la protección del medio ambiente puede darse a través de la agricultura diversificada, de los

cuales ya se tiene un amplio conocimiento del impacto positivo de este esquema (Mponela *et al.*, *in press*) y que podría manejarse como un cultivo sustentable (Atchen 2010).

La actitud y aptitud que mostraron los productores en la mayoría de los casos fue positiva para adoptar *J. curcas*, que puede interpretarse como el proceso mediante el cual se adopta una tecnología a partir de las propias capacidades del productor, lo que conlleva a convertirse en actores sociales, manejar sus recursos, tomar decisiones y controlar las actividades que afectan a sus vidas (Cifuentes-Jara y Fallot, 2009). Esta tendencia estaría generando muchas oportunidades a los pequeños productores, ya que estos podrían llegar a abastecer este nuevo mercado, y así posiblemente diversificarían y aumentarían sus ingresos (Salinas y Quesada, 2009). Sin embargo, algunos productores notaron el riesgo que está asociado con el precio por el que se pagaría la producción de *J. curcas*, conscientes que esto impide en muchos casos que los hogares rurales se beneficien de los avances tecnológicos realizados en la agricultura (Langyintuo y Mungoma 2008). También, debido a la rentabilidad tardía del cultivo y los distintos problemas que inicialmente afrontan los productores al sembrar el cultivo, muchos de ellos suelen perder la motivación hacia el cultivo de *J. curcas* (Velázquez y Rodrigo, 2007).

Un dato que destaca en este estudio es que los productores decidieron sembrar *J. curcas* para mejorar su condición económica, y para lograr lo anterior, se encuentran organizados y asociados para que de esta manera puedan ser más eficientes y afrontar demandas del mercado. Los productores entrevistados utilizaron tierras de uso agrícola en las que predomina el cultivo del maíz (entre otros cultivos de interés comercial) que fueron asociados con plantaciones de *J. curcas*, sin embargo, los productores están conscientes de la importancia de

este grano para su alimentación, reservando otros parte de su terreno exclusivamente para la siembra del maíz para autoconsumo, asegurando con ello la alimentación familiar (Padilla, 2010).

Una de las fortalezas y oportunidades que tienen los productores de *J. curcas* en Chiapas es que se encuentran establecidas tres plantas para procesar el biocombustible: dos plantas productoras están ubicadas en Puerto Chiapas y que pueden procesar una capacidad de 20 mil litros y 8 mil litros diarios; la otra que se encuentra establecida en Tuxtla Gutiérrez tiene la capacidad de procesar dos mil litros diarios. Otra oportunidad para el desarrollo de los productores de *J. curcas* es que a partir del 2015, la Administración y Servicios Auxiliares (ASA) está planteando utilizar la bioturbosina como biocombustible para la aviación comercial, que permite dar certeza a más de tres mil productores (Victorio, 2009). Para lograr esto, el gobierno del estado de Chiapas tiene la iniciativa y el recurso financiero para la instalación de infraestructura y apoyos en materia de capacitación a través de técnicos para el establecimiento de viveros de *J. curcas*.

**3. Viabilidad financiera del cultivo de *J. curcas* en la Región Centro de Chiapas, México.** El biodiesel producido a partir de *J. curcas* es técnicamente viable aunque no se tiene experiencia a nivel nacional y poca a nivel internacional en aspectos económicos (Martínez, 2007).

Según Rijssenbeek (2006), el rendimiento de *J. curcas* varía entre 100 y 5 000 kg ha<sup>1</sup>. En la literatura, los datos al respecto varían ampliamente. La planta comienza a producir desde el

primer año, su rendimiento se incrementa durante los primeros cinco años y a partir de ahí se estabiliza. El rendimiento por hectárea es de 5 t de semilla, de las cuales 2 t son de aceite y 1 t de pasta residual, rica en proteína (60%) (Martínez, 2005; Parsons, 2005); aunque según Jones y Miller (1992) y Hooda y Rawat (2005), los rangos de producción de semillas varían desde 0,4 t hasta 12 t ha<sup>1</sup> año, después de cinco años de cultivo. Estos últimos autores señalan que una plantación adecuadamente manejada rendiría 2,0 kg de semilla por planta, y en suelos relativamente más pobres de 0,75 a 1,0 kg por planta; una hectárea de plantación en un suelo de mediana calidad produce como promedio 1,6 t de aceite. Tomando en consideración lo anterior, puede ser que la materia prima de piñón no solo sea para producir biodiesel, sino también puede darse un valor económico a la pasta y el glicerol como uso farmacéutico. Asimismo, como alimento para ganado una vez detoxificado la pasta y, además pudiera considerarse el pago por servicios ambientales.

De acuerdo a lo informado por Parsons (2005), *J. curcas* puede tener un mayor reembolso energético que cualquier otro biocombustible. El rendimiento por hectárea por año puede alcanzar hasta 8 t de semilla, las que contienen un 30% de aceite; a \$320 USD por tonelada, representaría \$728 por hectárea por año. Potencialmente, de igual o mayor valor es el rendimiento de las semillas de *J. curcas* en glicerina, que a \$2 000 por tonelada sumaría unos \$1 120 por hectárea por año, y el ingreso total sería de \$1 888 por hectárea por año. En este sentido, las estimaciones nos reflejan el potencial y de la diversificación económica para los productores de la Región Centro de Chiapas, a través del diseño de los mejores agroecosistemas.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad social, es imprescindible que el desarrollo de este cultivo contemple los criterios de generación de empleo, condiciones de trabajo y efectos en los niveles de vida de las familias rurales. Por ello resulta necesario contar con un marco regulatorio y contractual que asegure una distribución equitativa de la renta que genere los cultivos bioenergéticos, las condiciones laborales del trabajador rural y el mantenimiento de la agricultura familiar. Es importante asegurar la participación de los pequeños agricultores, la generación de empleo rural mediante la micro y pequeña empresa, buscando la asociación de ellas, que permita alcanzar escalas de producción rentables y la seguridad social de los productores (Soumit *et al.*, 2010).

Los primeros años de establecimiento del cultivo del piñón es cuando más se requiere de mano de obra, esto aunado a la falta de conocimiento del productor sobre *J. curcas* como cultivo comercial, particularmente sobre los métodos de siembra, prácticas culturales, como podas, nutrición, manejo integrado de plagas y enfermedades y en general el manejo de buenas prácticas de *J. curcas*, hacen que el cultivo pierda potencial económico. Es también de vital importancia, considerar que los productores no tienen conocimiento de las ganancias que podrían obtener del cultivo de piñón, lo que ha causado incertidumbre en continuar con el cultivo y podría inclinarse por cultivos ya conocidos como el maíz y el frijol, un aspecto singular que ha sucedido, según Siddharth y Sharma (2010) en la India.

En base al análisis del Capítulo III se puede concluir que el cultivo de piñón es económicamente viable a partir del tercer año cuando la producción siempre y cuando sea bajo los supuestos utilizados como referencia en el estudio. Durante los primeros dos años, se puede recomendar que el cultivo de *Jatropha curcas* pueda ser objeto de subsidio económico

puesto que representa una actividad potencial para aprovechar el mercado de bonos de CO<sub>2</sub>, los cuales se pueden constituir en una fuente parcial de financiamiento, dentro de una estrategia de fijación y sustitución de emisiones de carbón y por su participación en la acumulación de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes y, en el ciclo hidrológico.

#### 4. Literatura citada

- Atchen, W. 2010. Sustainability evaluation of biodiesel from *Jatropha curcas* L. A life cycle oriented study. Thesis of degree Doctor in Bio-science Engineering. Katholieke Universiteit Leuven, Groep Wetenschap & Technologie, Arenberg Doctoraatsschool. Heverlee, België.
- Aguillón, J. 2008. Panorama de la bioenergía y criterios de sustentabilidad para biocombustibles (en línea). Consultado 4 mar. 2009. Disponible en [www.icq.uia.mx/webicq/pdf/javier.pdf](http://www.icq.uia.mx/webicq/pdf/javier.pdf)
- GEEXSI (The Global Exchange for Social Investment). 2008. Global market study on *Jatropha*. Final Report. London, Reino Unido. 187 p.
- Cifuentes-Jara, M. y A. Fallo. 2009. *Jatropha curcas* como biocombustible: estado actual del cultivo en Mesoamérica. Recursos Naturales y Ambiente 56-57: 166-171.
- Falasca, S. y A. Ulberich. 2008a. Las especies del género *Jatropha* para producir biodiesel en Argentina. Revista Virtual REDESMA 2008: 1-19.
- Falasca, S. y A. Ulberich. 2008b. Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones de *Jatropha* sp. (*J. curcas*, *hieronymi* y *macrocarpa*). Revista Virtual REDESMA 2008: 101-115.
- Falasca, S. y M. Bernabé. 2009. Aptitud agroclimática de Argentina para el cultivo de *Jatropha curcas* L. In Memoria del XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorología -22 a 25 de Setembro de 2009- Minas Centro, Belo Horizonte, Brasil.
- Font, F. 2003. Las especies del género *Jatropha* L (Euphorbiaceae, Crotonoideae) en Argentina. Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina 2: 4-20.
- Hooda, N. and V.R.S. Rawat. 2005. Role of bioenergy plantations for carbon dioxide mitigation with special reference to India. Disponible en: <http://www.acstrategy.org/simiti/Hooda-Rawat.pdf/>

- INEGI. 2005. Datos vectoriales del uso de suelo del Estado de Chiapas. Escala 1:250000. Aguascalientes, Aguascalientes.
- IRPAT (Instituto de Reconversión productiva y la Agricultura Tropical). 2010. Chiapas Bioenergético. Gobierno del Estado de Chiapas. [http://www.cocytech.gob.mx/docs/difocyt/Chiapas\\_Bioenergetico\\_23abril2010.pdf](http://www.cocytech.gob.mx/docs/difocyt/Chiapas_Bioenergetico_23abril2010.pdf). Fecha de consulta: 20 de mayo de 2011.
- Jones, N. y J.H. Miller. 1992. *Jatropha curcas*: A multipurpose species for problematic sites. The World Bank, Washington D.C. USA. 12p. Annex 1-6.
- Langyintuo, A.S. y C. Mungoma. 2008. The effect of household wealth on the adoption of improved maize varieties in Zambia. *Food Policy* 2008: 1-10.
- Maes, W.H., A. Trabucco, W.M.J. Achten y B. Muys. 2009. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. *Biomass and Bioenergy* 33: 1481-1485.
- Martínez-Herrera J. 2007. El piñón mexicano: una alternativa bioenergética para México. *Revista Digital Universitaria* 8: 1-10.
- Martínez, J. 2005. El Piñón, una planta nativa de México con potencial alimentario y agroindustrial. Disponible en: <http://hypatia.morelos.gob.mx/No12/pinon.html>. Fecha de consulta 13 de mayo de 2011.
- Menna, H.R. and F.L. Sharma. 2006. Constraints in *Jatropha* cultivation perceived by farmers in Udaipur district, Rajasthan. *International Journal of Rural Stud (IJRS)*, 13: 1-4.
- Montoya. 2010. Potencial y riesgo ambiental de los bioenergéticos en México. *Ra Ximhai*, 6: 57-62.
- Mponela, P., C.B.L. Jumbe and W.F. Mwase. *In press*. Determinants and extent of land allocation for *Jatropha curcas* L. cultivation among smallholder farmers in Malawi. *Biomass and Bioenergy*.
- Padilla, V.J. 2010. *Jatropha curcas* para la producción de biodiesel en Chiapas. Agricultores participantes, tierras empleadas y sustitución de cultivos. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur.
- Parsons, K. 2005. *Jatropha* in Africa: fighting the desert and creating wealth. *EcoWorld*. Disponible en: <http://www.ecoworld.org/Home/Articles2.cfm?TID=367>.
- Rijssenbeek, W. 2006. *Jatropha* planting manual. In: *Jatropha Handbook*. First Draft. FACT Foundation. 14 p.
- Salinas, C.E. y G.V. Quezada. 2009. Los biocombustibles. *El Cotidiano* 24: 75-82.

- Serrano A., V., G. Díaz P., A. López L., M.A. Cano G., A.D. Báez G., y E. Garrido R. 2006. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Chiapas. (Periodo 1961-2003). INIFAP- SAGARPA: Libro técnico No. 1. Ocozocoautla, Chiapas, México. 186 p.
- Siddharth Jain and M.P. Sharma. 2010. Prospects of biodiesel from *Jatropha* in India: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 763-771.
- Soumit K.B., P.Srivastava, R. Tripathi, J.P. Singh and N. Singh. 2010. Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass - A case study. *Biomass and Bioenergy* 4: 30-41.
- Velázquez, M.B. y I. Rodrigo F. 2007. Análisis de la rentabilidad de cultivos oleaginosos para la producción de biocarburantes. *Agroenergética* 2007: 30-35.
- Victorio, R., R. 2009. Red Mesoamericana de Investigación y Desarrollo de Biocombustibles. Gobierno del Estado de Chiapas. <http://187.141.6.162/Moodle/moodle/blog/index.php?filtertype=site&filterselect=0&blogpage=3>. Fecha de consulta: 3 de junio de 2011.
- Wu W.G, J.K. Huang and X.Z. Deng. 2010. Potential land for plantation of *Jatropha curcas* as feedstocks for biodiesel in China. *Science China Earth Sciences* 53: 120-127.
- Zamarripa, C.A. y G. Díaz P. 2008. Áreas de potencial productivo de piñón *Jatropha curcas* L., como especie de interés bioenergético en México. Sistema Nacional Producto Oleaginosas. Gobierno del Estado de Chiapas. México. 3 p.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En función de los resultados obtenidos sobre el objetivo general: conocer el potencial de integración del piñón (*J. curcas* L.), como materia prima para la producción de biodiesel en agroecosistemas de la Región Centro de Chiapas, en función de: zonificación agroecológica, actitud de los productores y aptitud tecnológica agroforestal y, viabilidad económica para insertar al piñón, se utiliza la contrastación de hipótesis para posteriormente concluir:

### **Contrastación de hipótesis**

En función de que existen áreas potenciales para el cultivo de *J. curcas* en un 15.7 % (cerca de 205 mil ha) sin incluir áreas planas y 29.8 % (cerca de 387 mil ha) incluyéndolas y, para ambos escenarios se estimó una superficie menor del 50 % de la superficie agrícola de la región de centro de Chiapas, México, se rechaza la Hipótesis 1, que señala: la Región Centro de Chiapas posee zonas de potencial agroecológico para el cultivo de *J. curcas* L., como materia prima para biodiesel, en un 50% de la superficie agrícola.

Porque los productores presentan una actitud positiva (Likert = 3.5), aunque con diferentes conocimientos de *J. curcas* entre los productores de los distintos municipios, no se rechaza la Hipótesis 2 que planteó: los productores de la Región Centro de Chiapas, tienen una actitud favorable para el cultivo de *J. curcas* L., asociada a otros agroecosistemas, como materia prima para biodiesel.

Debido a que los productores de la Región Centro de Chiapas poseen aptitud positiva (Likert = 4.2) para afrontar los cambios sobre capacitación, asesoría técnica, financiamiento y

organización para el cultivo de *J. curcas*, no se rechaza la Hipótesis 3. Los productores de la Región Central de Chiapas, poseen aptitud tecnológica agroforestal para la producción de *J. curcas* L., como materia prima para biodiesel.

Porque la inserción de *J. curcas* L., tiene mayor potencial económico en la asociación piñón-maíz, en contraste con la asociación del cultivo de cacahuate, bajo las condiciones agroecológicas y supuestos utilizados para su evaluación y análisis. No se rechaza la Hipótesis 4. La inserción de *J. curcas* L., en agroecosistemas de maíz tiene un mayor potencial económico, en contraste con el de cacahuate y sandía, en la región de estudio.

### **Conclusiones generales**

Existen un 15.7% de la superficie de la Región Centro de Chiapas como área potencial para el cultivo de *J. curcas* bajo el escenario 1 y un 29.8 % bajo el escenario 2.

Los productores mostraron una actitud positiva (Likert = 3.5), al igual que una aptitud favorable (Likert = 4.2) para integrar *J. curcas* L., a su agroecosistema.

Los tres sistemas de producción con *J. curcas* evaluados, en los dos primeros años de establecido, con recursos del productor y excluyendo los apoyos oficiales, presentaron pérdidas de \$0.1 a \$0.35 por cada peso invertido, con un mayor potencial económico el de la asociación piñón-maíz, bajo las condiciones agroecológicas y supuestos utilizados para su evaluación y análisis.

## **Recomendaciones generales**

Se sugiere fomentar la siembra del cultivo de *J. curcas* en áreas con potencial medio y alto (escenario 1), que excluye áreas planas adecuadas para cultivos básicos, posiblemente áreas marginales para maíz y frijol y evitar perturbar la autosuficiencia alimentaria local de la Región Centro de Chiapas. De sembrarse en áreas planas (escenario 2) debe considerarse la susceptibilidad del piñón a la humedad y también la posibilidad de asocio con cultivos básicos, predominantemente maíz durante los primeros años de cultivo del piñón, con la finalidad de obtener materia prima para biocombustibles sin descuidar la seguridad alimentaria local.

Debe evaluarse sistemas de cultivos compuestos o asociados para pequeños productores de tipo multi-objetivo que maximicen el ingreso, protejan contra la erosión hídrica sobre todo en laderas, incrementen la infiltración *in situ*, conserven la materia orgánica e incrementen la demanda de mano de obra familiar.

Resulta relevante unificar y ampliar el conocimiento de los productores hacia el cultivo de *J. curcas*, mediante la capacitación, asesorías y transferencia de tecnología respecto al cultivo, lo cual puede contribuir a expresar actitudes favorables en los productores, y consecuentemente, maximizar la producción.

Se requiere que exista un estricto apego y aplicación de la normatividad vigente para el uso y establecimiento de cultivos para biocombustible, con la finalidad de proteger los cultivos de

importancia socioeconómica que aseguren la seguridad alimentaria local y evitar la degradación de la base de los recursos naturales.

Generar e implementar un programa participativo con los productores para recuperar ciertas áreas deterioradas en la Región Centro de Chiapas; inclusive, evaluar la posibilidad de integrar a *J. curcas* como un sistema agro-silvopastoril.

Se propone darle continuidad a las investigaciones de las parcelas de *J. curcas* en estudio, cuando menos hasta que se establezca la producción y evaluar otros sistemas, incluyendo los policultivos acompañado de un programa de manejo de podas, cuidar la rentabilidad pero también la sustentabilidad del sistema, con seguimiento de análisis de suelos y las condiciones climatológicas, como temperatura y precipitación, que prevalezcan durante el lapso de evaluación de las parcelas evaluadas en campo.

Buscar estrategias de manejo para disminuir costos de producción principalmente en la etapa de establecimiento del cultivo, como una actividad potencial para aprovechar el mercado de bonos de CO<sub>2</sub>, que bien podría ser una fuente parcial de financiamiento, y a su vez buscar tácticas de manejo que puedan incrementar la productividad del cultivo de *J. curcas*.

Es necesario consolidar el mercado de la materia prima para biodiesel con la industria de la transformación a biodiesel, sobre todo aquella de capital privado, con el propósito de asegurar

el uso doméstico o para labores del campo de los mismos productores, de tal forma que éstos también participen en la cadena del sistema producto biodiesel.



## ANEXO A

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES  
CAMPUS VERACRUZ

PROGRAMA DE POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS SUSTENTABLES

### CUESTIONARIO PARA DETERMINAR APTITUD Y ACTITUD DE LOS PRODUCTORES HACIA EL CULTIVO DE PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.), COMO COMPONENTE DE AGROECOSISTEMAS EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS.

El presente cuestionario tiene el propósito de recabar información básica sobre el nivel de conocimiento local que usted tiene sobre la planta o cultivo del piñón (*J. curcas* L.) y además, efectuar un análisis del interés y preferencia de los productores hacia el piñón, considerando las posibilidades de asociación con otros cultivos de importancia alimenticia o económica del estado de Chiapas.

Los datos obtenidos serán utilizados solamente con fines de investigación académica y se garantiza absoluta confidencialidad de los entrevistados.

#### I. ASPECTOS GENERALES

1. Nombre del productor: \_\_\_\_\_
2. Edad: \_\_\_\_\_ Escolaridad máxima: \_\_\_\_\_ (años concluidos)
3. Sabe leer y escribir? Sí (  ) No (  )
4. ¿Dónde tiene su casa? \_\_\_\_\_
5. Reside en: La parcela (  ) Fuera de la parcela (  )
6. Número de integrantes de la familia: Hijos (  ) Hijas (  ) Otros (  ) \_\_\_\_\_

#### II. CARACTERÍSTICAS DEL AGROECOSISTEMA

1. Localidad: \_\_\_\_\_
2. Tamaño (ha): \_\_\_\_\_
3. Tipo de tenencia: Ejidal (  ) Pequeña propiedad (  ) Comunal (  )
4. Altitud (msnm) \_\_\_\_\_
5. Coordenadas: Latitud \_\_\_\_\_ Longitud \_\_\_\_\_
6. Pendiente del terreno: Plano (  ) Accidentado (  ) Muy accidentado (  )
7. Principales cultivos en su terreno: C1 \_\_\_\_\_ ( ) ha C2 \_\_\_\_\_ ( ) ha C3 \_\_\_\_\_ ( ) ha
8. Piñón (India) \_\_\_\_\_ ha Piñón (Regional) \_\_\_\_\_ ha
9. Principales especies animales que tiene : \_\_\_\_\_
10. Tipo de terreno: Arcilloso (  ) Pedregoso (  ) Alcalino (  ) Otro: \_\_\_\_\_
11. Cultivo de mayor importancia socio-económica en su parcela o finca \_\_\_\_\_

### III. ACTITUD TECNOLÓGICA AGROFORESTAL (CONOCIMIENTO) DE LOS PRODUCTORES DE PIÑÓN

1. ¿El piñón sembrado en su parcela es tóxica? Sí ( ) No ( ) No sabe \_\_\_\_\_  
 Porqué? \_\_\_\_\_
2. ¿Según su experiencia, existen animales que se comen las semillas del piñón?  
 Sí ( ) No ( )
3. Si es sí, quién:  
 ( ) Pájaros, nombre común \_\_\_\_\_  
 ( ) Vacas Sí ( ) No ( ), porque no? \_\_\_\_\_
4. ¿De qué manera están sembradas las plantas de piñón en su parcela?  
 ( ) Cerco vivo ( ) Disperso en el potrero ( ) Otro (en ladera, u otro) \_\_\_\_\_  
 ( ) Monocultivo ( ) Asociado, con qué \_\_\_\_\_
5. ¿Cuáles son los usos que hace usted del piñón?  
 ( ) Cerco vivo ( ) Alimento  
 ( ) Medicinal ( ) Leña  
 ( ) Cultivo ( ) Otro \_\_\_\_\_
6. ¿Qué otras características conoce de la planta de piñón?  
 ( ) Se da en terrenos pobres en nutrientes ( ) Crece en suelos pedregosos  
 ( ) Crece en terrenos con pendiente ( ) No sirve para leña, porqué? \_\_\_\_\_  
 ( ) Es susceptible a la humedad ( ) Otro \_\_\_\_\_

#### 7. Describa la siembra y manejo del cerco vivo

Actividad	Descripción de la actividad
Época de corte	
Forma de siembra	
Tamaño de la vareta	
Manejo de la poda	
Plagas y enfermedades y control	
Desventajas del uso de la vareta	

#### 8. Describa el uso medicinal de la planta de piñón:

Parte de la planta	Descripción del uso (para qué, forma de uso, dosis y frecuencia)
Látex	
Hojas	
Semillas	
Raíces	
Otro	

9. ¿Consume o ha consumido las semillas de piñón? Sí ( ) No ( )

10. Si consume, describa como consume las semillas de piñón

11. ¿Hace cuanto tiempo (años) sembró sus plantas de piñón?

12. ¿De las semillas de piñón que sembró, quien germinó en mayor cantidad?

Semilla de la India ( ) Semilla local ( )

---

13. ¿Cómo se encuentra el cultivo de piñón que tiene en su parcela?

Muy bueno ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Muy malo ( )

14. ¿Cómo considera que se encuentra su cultivo, que está asociado?

Muy bueno ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Muy malo ( )

15. Si usted, ya cultiva piñón, describa el manejo de su cultivo, así como el (los) cultivo(s) asociado(s) en su caso.

Características	Tipo de cultivo			
	Piñón	C1	C2	C3
Fecha de siembra				
Vivero				
Siembra: ahoyado				
semilla o vareta				
distancia de siembra tipología				
Control de malezas				
Fertilización				
Presencia y control de plagas y enfermedades				
Poda				
Fecha de cosecha				

---

Proceso de la cosecha y volumen de producción

---

Comercialización (autoconsumo, comercial, precio, comprador)

---

**IV. APTITUD DE LOS PRODUCTORES (INTERÉS, PREFERENCIA, ORGANIZACIÓN, FINANCIAMIENTO, ASESORÍA TÉCNICA Y CAPACITACIÓN).**

16. ¿Está usted enterado que el Gobierno del Estado está dispuesto a impulsar la siembra del piñón? Sí ( ) No ( ) ¿Si es sí, para qué? \_\_\_\_\_
17. ¿Qué opina Usted de que el Gobierno del Estado fomente la superficie cultivada de piñón? \_\_\_\_\_
18. ¿Sabiendo que su(s) cultivo(s) básico (s) o de importancia económica hasta ahora sembrado son importantes para Usted, aún así preferiría sembrar piñón? Sí\_\_\_\_ No\_\_\_\_ Porqué? \_\_\_\_\_
19. ¿Si del piñón usted obtuviera mayores ganancias que con lo que cultiva ahora, cuanta superficie destinaría a su siembra?  
( ) Sembrar toda la superficie con piñón?  
( ) Sustituir la superficie que ocupa con su(s) cultivo(s) básico(s)?  
( ) Tendría su(s) cultivo(s) y el piñón? Si es así, cuánta superficie?  
Cultivo básico \_\_\_\_\_ Piñón \_\_\_\_\_
20. ¿Porque asocia su cultivo importante al piñón?  
( ) Por seguridad de sus ingresos ( ) Porque necesita su cultivo básico  
( ) Por el apoyo económico que recibe por sembrar piñón ( ) Otro \_\_\_\_\_
21. ¿Que considera usted que puede ocurrir si siembra piñón solo, en toda su parcela o finca?  
( ) Presencia de plagas y enfermedades ( ) Pérdida de la biodiversidad  
( ) Sustitución de los cultivos básicos ( ) Asociación de cultivos y el piñón  
( ) Sustitución de los cultivos de importancia económica  
( ) Otro: \_\_\_\_\_
22. ¿Si Usted tuviera posibilidades económicas, rentaría tierras para sembrar más piñón?  
Sí ( ) No ( ) Porqué?  
\_\_\_\_\_
23. ¿Si Usted tuviera posibilidades económicas, compraría tierras para sembrar más piñón?  
Sí ( ) No ( ) Porqué?  
\_\_\_\_\_
24. ¿Usted pertenece a alguna organización? Sí ( ) No ( ) Pasa a pregunta 30
25. ¿Si es sí, como se llama su organización? \_\_\_\_\_
26. ¿Usted considera que debe pertenecer a una organización de productores de piñón?  
Sí ( ) No ( )

27. ¿Está dispuesto a organizarse? Sí ( ) No ( )
28. ¿Cuáles considera son las ventajas de estar organizado?  
 ( ) Apoyos económicos ( ) Organización para la producción  
 ( ) Organización para la cosecha ( ) Otros, Cuáles \_\_\_\_\_
29. El funcionamiento de su organización es:  
 ( ) Muy bueno ( ) Bueno ( ) Regular ( ) Malo ( ) Muy malo
30. ¿Recibe financiamiento? Sí ( ) No ( )
31. De donde obtiene financiamiento para cultivar piñón? \_\_\_\_\_
32. ¿En qué actividades usa este financiamiento y como lo administra?  
 \_\_\_\_\_

33. ¿Qué otro tipo de apoyos recibe?  
 \_\_\_\_\_

34. Ha recibido asistencia técnica? Sí ( ) Pasa a pregunta 38 No ( )
35. ¿Si es no, como le hace para cultivar sus plantas?  
 \_\_\_\_\_

36. ¿Le interesaría recibir capacitación sobre el cultivo de piñón? Sí ( ) No ( )
37. ¿En qué aspectos del cultivo considera que requiere capacitación?  
 \_\_\_\_\_

38. ¿Cuántas capacitaciones o eventos relacionados con el cultivo del piñón, ha recibido?

Rangos	Año 2007	Año 2008
0-1		
2-3		
4-5		

39. ¿En qué consiste o ha consistido la asistencia técnica, si es que ha recibido?

Institución	Ha recibido asistencia técnica	Recibe asistencia técnica
IBEA		
CONAFOR		
Sociedad Bioenergética Municipal-USBCH		
IEARBECH		
IRPAT (antes IFAT)		
Otro:		

## V. INTENSIONES PARA LA SIEMBRA DE PIÑÓN

1. El piñón es una planta que puede tener diferentes usos

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

2. La planta de piñón de la región, es rústica porque no requiere de muchos cuidados para su cultivo

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

--	--	--	--	--

4. La siembra del piñón puede desplazar su cultivo más importante para Usted

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

5. El piñón se desarrolla mejor asociado a los cultivos que tiene en su parcela o finca

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

6. Su cultivo de piñón actualmente tiene problemas de plagas y enfermedades

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

7. Usted tiene conocimiento suficiente para cultivar piñón

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

8. Existe suficiente mercado para la venta de su producción de piñón

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

9. El piñón se desarrollará bien en su parcela

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

3. El cultivo de piñón es la mejor alternativa para que los productores tengan ingresos

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

10. La apertura a nuevas áreas con piñón puede ocasionar la compra de tierras en su comunidad

Muy de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Muy en desacuerdo

¡Muchas gracias por su colaboración!

Observaciones y comentarios \_\_\_\_\_

Fecha de la Encuesta \_\_\_\_\_

Como llegar a la residencia del encuestado \_\_\_\_\_

Nombre y firma del encuestador \_\_\_\_\_

RESPONSABLES DE LA INVESTIGACIÓN  
M.C. Blanca Flor Solís Guzmán - [blanca@colpos.mx](mailto:blanca@colpos.mx)  
Dr. Octavio Ruiz Rosado - [octavior@colpos.mx](mailto:octavior@colpos.mx)

COLABORADORES DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Arturo Pérez Vázquez, Dr. Eliseo García Pérez,  
Dr. Antonio Turrent Fernández, Dr. Bernardo Villar Sánchez



**ANEXO B**

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES  
CAMPUS VERACRUZ

PROGRAMA DE POSTGRADO EN AGROECOSISTEMAS SUSTENTABLES

**FORMATO PARA DETERMINAR EFICIENCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DEL PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.), COMO COMPONENTE DE AGROECOSISTEMAS EN LA REGIÓN CENTRO DE CHIAPAS.**

MES: \_\_\_\_\_

**I. ASPECTOS GENERALES**

1. Nombre del productor: \_\_\_\_\_
2. Localidad: \_\_\_\_\_
3. Tamaño (ha): \_\_\_\_\_ Superficie parcela en estudio (ha): \_\_\_\_\_
4. Fecha de establecimiento del cultivo: Piñón monocultivo ( ) Piñón - \_\_\_\_\_
5. Tipo de tenencia: Ejidal ( ) Pequeña propiedad ( )

**II. INSERCIÓN DEL PIÑÓN (*Jatropha curcas* L.) EN AGROECOSISTEMAS LOCALES**

**2.1. EFICIENCIA ECONÓMICA**

1. Inventario de la infraestructura, materiales, equipo, herramientas e insumos destinados a la producción.

Infraestructura (m <sup>2</sup> )	Materiales	Equipo	Herramientas	Insumos (kg ó L)	M.O permanente (Jl)	Salario (\$)



## ANEXO C

Productos químicos utilizados en el manejo del cultivo de *J. curcas*

Parcela 1. Piñón-Maíz de temporal, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

Producto	Nombre comercial	Ingrediente activo	Ingrediente Inerte
Herbicidas	Faena	Glifosato: Sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina con un contenido de ácido glifosato no menor de 74% (Equivalente a 356 g de i.a. (ácido glifosato) /L a 20oC)	Diluyente (agua), surfactante e impurezas: No más del 16%.
	Herbipol	2,4-DAMina No4/No6	-
	Finale	Glufosinato de amonio: Amonio-DL-homoalanina-4-il (metil fosfinato (menos de 13.5%)Equivalente a 150 g de I.A./L.	Diluyente, solvente, anticongelante, surfactante, emulsificante y compuestos relacionados: No más de 86.5%
Fertilizantes	Superfosfato de Potasio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-
	UREA	CO (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> . Nitrógeno al 46%	-

Parcela 2. Piñón-Sandía (riego por cintilla)-Cacahuete, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Vista Hermosa, Cintalapa de Figueroa, Chiapas.

Producto	Nombre comercial	Ingrediente activo	Ingrediente Inerte
Herbicidas	Glifosato	Glifosato: N-(fosfometil) glicina. Fórmula química: C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P	Tensioactivos y mayoritariamente agua.
	Paraquat	1,1'-Dimetil-4,4'-bipiridilo	-
	Fosfato diamónico	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-
	Manzate	Etileno-bis-ditiocarbamato de manganeso	-
	AGRYMICIN	Estreptomicina: sulfato de estreptomicina, con un contenido de estreptomicina no menor de 80%. No menos de 2.194% (Equivalente a 17.55 g de I.A./kg). Oxitetraciclina: clorhidrato de oxitetraciclina, con un contenido de oxitetraciclina no menor de 75% No menos de 0.235% (Equivalente a 1.76 g de I.A./kg). Sulfato tribásico de cobre monohidratado: con un contenido de cobre metálico no menor de 54%. No menos de 78.520% (Equivalente a 424 g de cobre metálico/kg)	Diluyente y humectante. No más de 19.051%
Fertilizantes	UREA	CO (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> . Nitrógeno al 46%	-
	Bayfolán	Multimineral quelatado. N 9.1%, P 6.6%, K 5.0%, S 1,250 ppm, B 332 ppm, Co 17 ppm, Zn 664 ppm, Cu 332 ppm, Mo 42 ppm, Ca 207 ppm, Mn 332 ppm, Fe 415 ppm, Mg 207 ppm, Clohidrato de Tiamina 33 ppm, Acido indolacético 25 ppm	-
	Agromil Plus	1 forclorfenuron N- (4-Cloro-4-piridinil)-N' fenil Urea	-
	K-fol	Fosforo disponible 20.00%, Potasio 55.00%, Magnesio 600ppm, Azufre 800ppm, Boro 100ppm, Fitohormonas 12 ppm	-
	Frutika	-	-
Insecticidas	Furadán	Carbofuran: 2,3-Dihidro-2,2-dimetil-7-benzofuranil-metil carbamato. No menos de 27.53% (Equivalente a 300 g de I.A./L)	Diluyente, humectante (agua), dispersante, adherente, antiespumante, colorante y compuestos relacionados No más de 72.47%
	Endosulfán	6,7,8,9,10,10,-hexaclaro-1,5,5a,6,9,9a	CPS 100

		hexahidro-6,9-metano- benzodioxathiepina 3-oxido	2,4,3-	
	Daconil	Clortalonil 50% p/v (500g/L) en suspensión concentrada		Mayoritariamente agua
	Vydate	Oxamilo 10% p/v		-
	Lorsban	clorpirifos: O,O -dietil-O-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato		Incluye arcilla y estabilizador
Fungicida	Winner	Flusilazole (1-bis(4-fluorofenil) metil(1H-1,2,4-triazol-il metil)silano)		Csp
	Curzate	Alquilarilsulfonato		Cymoxanil
	Agrimen	Propiconazol		-
	Fertika foliar			

Parcela 3. Piñón-Maíz, bajo condiciones de temporal y riego, de los dos años de plantada: junio 2008-mayo 2010, en el Ejido Julián Grajales, Chiapa de Corzo, Chiapas.

Producto	Nombre comercial	Ingrediente activo	Ingrediente Inerte
Herbicidas	Arrasador	2,4-D: Sal dimetilamina del ácido 2,4-Diclorofenoxiacético con un contenido de ácido 2,4-D no menor de 83%. No menos de: 49.40% (Equivalente a 480 g de I.A./L).	Diluyente (agua), humectante y agente quelante. No más de 50.60%
	Herbipol	N-(fosfometil)glicina-isopropilamina (1:1) o isopropilaminio N-(fosfometil)glicinato	-
	Gramoxone	Dicloruro de Paraquat * 27,6 % p/v( 276 g/L). 1,1'-dimetil-4,4'-bipiridilio (20 % p/v de ión paraquat)	Coformulantes, c.s.p. 100 % p/v (1 Litro)
	Sanson	Nicosulfurón: 2-(4,6-Dimetoxipirimidin-2-ilcarbomoilsulfamoil)-N,Ndimetilnicotinamida No menos de: 4.17% (Equivalente a 40 g de I.A./L)	Diluyente, espesante y dispersante. No más de: 95.83%
	Finale	Glufosinato de amonio: Amonio-DL-homoalanina-4-il (metil) fosfinato (menos de 13.5%)Equivalente a 150 g de I.A./L.	Diluyente, solvente, anticongelante, surfactante, emulsificante y compuestos relacionados: No más de 86.5%
	Faena	Glifosato: Sal isopropilamina de N-(fosfometil) glicina con un contenido de ácido glifosato no menor de 74% (Equivalente a 356 g de i.a. (ácido glifosato) /L a 20oC)	Diluyente (agua), surfactante e impurezas: No más del 16%.
Fertilizantes	Groogreen	N 20%, P 30%, K 10%	-
	UREA	CO (NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> . Nitrógeno al 46%	-
	Superfosfato de potasio	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	-
	Cloruro de potasio	1,1 15 g (15 mEq)	-
Insecticidas	Semevin	Tiodhicarb 31.5% (350 g i.a./L.)	Solución acuosa mayormente agua de 69.5%.
	Lorsban 480 EM	Clorpirifos etil: (0,0-dietil 0-(3,5,6-tricloro-2-piridinil) fosforotioato). No menos de 44.5% (Equivalente a 480g de I.A./L a 20°C).	Solvente, emulsificante y compuestos relacionados, no mas de 55.5%.
	Karate	Lambda-Cihalotrina 0.05 % p/v	-
	Arribo	Cipermetrina (±)-alfa-ciano-3-fenoxibencil (±)-cis,trans-3-(2,2-	Solventes, emulsificantes y compuestos relacionados

---

diclovinil) -2,2-dimetil ciclopropano carboxilato. No menos de 21.420% (Equivalente en ingrediente activo 200 g de I.A./L)	No más de 78.580%
---	-------------------

---