



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE SOCIOLOGÍA RURAL

**DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: EXPERIENCIAS DE
PRODUCCIÓN DE *JATROPHA CURCAS* EN DOS REGIONES
DE MÉXICO**

TESIS

Que como requisito parcial para obtener el grado de:
Doctora en Ciencias en Ciencias Agrarias

Presenta

Carolina del Rosario Sánchez Gastélum

Bajo la supervisión de

Dra. Ibis Hortensia Mirella Sepúlveda González



APROBADA



Chapingo, Estado de México, mayo de 2021.

**DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: EXPERIENCIAS DE PRODUCCIÓN DE
JATROPHA CURCAS EN DOS REGIONES DE MÉXICO**

Tesis realizada por **CAROLINA DEL ROSARIO SÁNCHEZ GASTÉLUM** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS EN CIENCIAS AGRARIAS

DIRECTORA

Dra. Ibis H. M. Sepúlveda González

ASESOR

Dr. Jorge Luis Morett Sánchez

ASESOR

Dr. Rigoberto García Ochoa

LECTOR EXTERNO

Dra. Idania Valdez Vázquez

Contenido

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.1.1. Justificación.....	5
1.1.2. Objetivos.....	7
1.1.3. Preguntas de investigación y objetivos específicos.....	7
1.2. Estructura de la tesis.....	8
II. LA CRISIS EN EL CAMPO MEXICANO: CAUSAS, EFECTOS Y LA NUEVA PROPUESTA	13
2.1. Introducción.....	13
2.2. El campesinado.....	14
2.3. La agricultura en México, un breve recuento de las causas	19
2.4. El sector primario y las sociedades rurales, los principales efectos	28
2.5. La propuesta de desarrollo rural de la SADER y de Bienestar.....	35
2.6. Conclusiones.....	40
III. BIOENERGÍA Y LA DISCUSIÓN DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS	42
3.1. Introducción.....	42
3.2. La bioenergía, los tipos y los procesos para su producción.....	43
3.3. Materias primas para la producción de biocombustibles líquidos	48
3.4. Producción y uso de los biocombustibles líquidos.....	53
3.5. Criterios para la materia prima de los biocombustibles líquidos.....	57
3.6. Conclusiones.....	71
IV. LA AGROECOLOGÍA COMO ALTERNATIVA.....	75
4.1. Introducción.....	75
4.2. La crisis ambiental de la agricultura industrial	76
4.3. Breve historia de la agroecología	83
4.4. Descripción de los Agroecosistemas.....	90
4.5. La Agroecología, sus diferentes definiciones.....	94
4.6. Las propuestas agroecológicas.....	98
4.7. Conclusiones.....	103
V. EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA JUSTICIA SOCIAL PARA ENFRENTAR LA SITUACIÓN ACTUAL.....	106

5.1. Introducción.....	106
5.2. Antecedentes del Desarrollo Sostenible	106
5.3. El Desarrollo Sostenible: origen y discusión del concepto	111
5.4. Justicia social	116
5.5. Desarrollo Sostenible y Justicia Social	121
5.6. Conclusiones.....	125
VI. METODOLOGÍA.....	127
6.2. Planeación de la investigación	129
6.3. Recolección de la información.....	131
6.4. Análisis de la información.....	146
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	148
7.1. Descripción general de las dos zonas de estudio	148
7.1.1. Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche	148
7.1.2. Región Sur del Estado de México	158
7.2. Producción agrícola sostenible basada en <i>Jatropha curcas</i> no tóxica	167
7.2.1. Descripción taxonómica, botánica y productos de la <i>Jatropha</i>	169
7.2.2. Establecimiento del cultivo de <i>Jatropha</i>	173
7.2.3. La <i>Jatropha</i> en combinación con otros cultivos y actividades	180
7.2.4. Postcosecha y procesamiento de los productos	182
7.2.5. Formas de organización para la producción de <i>Jatropha</i>	185
7.3. Funcionamiento de los dos proyectos de <i>Jatropha</i> estudiados.....	186
7.3.1. Bioaceites del Sureste en el Ejido Cinco de Febrero.....	186
7.2.2. Biocombustibles en el Sur del Estado de México	189
7.4. Análisis de la información.....	193
7.4.1. Elementos descriptivos	194
7.4.2. Indicadores y gráfica de telaraña	202
VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	211
IX. CONCLUSIONES.....	213
LITERATURA CITADA	217

Lista de cuadros

Cuadro 1. Acceso a servicios en las comunidades rurales. México, 2013.....	33
Cuadro 2. Descripción programa Precios de Garantía.	37
Cuadro 3. Clasificación de los Bioenergéticos con base en su tecnología.	48
Cuadro 4. Materias primas más comunes para la producción de los biocombustibles líquidos.	49
Cuadro 5. Producción mundial de bioetanol y biodiésel 2017 (millones de toneladas).	54
Cuadro 6. Indicadores de Sostenibilidad del GBEP.	65
Cuadro 7. Consumo de fertilizantes a nivel mundial en millones de toneladas.	78
Cuadro 8. Trabajos importantes en la historia de la Agroecología.	85
Cuadro 9. Premisas dominantes de la ciencia moderna y sus alternativas.	99
Cuadro 10. El paradigma del Desarrollo Sostenible en la Agenda 21.	112
Cuadro 11. Recolección de información.	132
Cuadro 12. Elementos incluidos en la encuesta en el primer acercamiento.	134
Cuadro 13. Elementos incluidos en las entrevistas en el primer acercamiento.	135
Cuadro 14. Elementos incluidos en el seguimiento.	137
Cuadro 15. Lista de indicadores.	138
Cuadro 16. Herbicidas utilizados en el Ejido Cinco de Febrero, Campeche.	155
Cuadro 17. Pesticidas más utilizados en la Región Sur del Estado de México.	165
Cuadro 18. Producción promedio de fruto y semilla por planta, condiciones de temporal.	170
Cuadro 19. Algunas plagas y enfermedades detectadas con Doña Fernanda.	178
Cuadro 20. Elementos analizados.	193
Cuadro 21. Número de jornales por hectárea al año en el Ejido Cinco de Febrero, Campeche.	195
Cuadro 22. Número de jornales por hectárea al año en el sur del Estado de México.	196
Cuadro 23. Rendimientos del fruto en el primer año.	204

Lista de figuras

Figura 1. Estructura general de la tesis.....	12
Figura 2. Participación del sector primario en el PIB en porcentaje, 1993-2019.....	29
Figura 3. Población total, urbana y rural en México (1930-2015).	31
Figura 4. Producción de bioenergía.	44
Figura 5. Procesos básicos de la transformación de la biomasa.	45
Figura 6. Efectos negativos de los modelos industriales.	59
Figura 7. Marco analítico BEFS. Áreas de análisis.	60

Figura 8. Uso de Pesticidas por área de tierras de cultivo (1990-2016).	80
Figura 9. Impacto de las prácticas agrícolas convencionales.....	82
Figura 10. El rol de la agroecología en la satisfacción de los objetivos de la agricultura sustentable.	87
Figura 11. Diagrama de un agroecosistema campesino de maíz y leche.....	91
Figura 12. Niveles de organización de un ecosistema aplicado a un agroecosistema.	92
Figura 13. Los componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas.	93
Figura 14. Vías de modernización y transición agroecológica campesina hacia una sociedad rural campesina sostenible.	102
Figura 15. Ejes del Desarrollo Sostenible.	114
Figura 16. El concepto de Justicia Social.....	120
Figura 17. Relación del Desarrollo Sostenible y la Justicia Social.....	122
Figura 18. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.....	124
Figura 19. Esquema metodológico para analizar los dos proyectos de producción de Jatropha.	128
Figura 20. Ubicación del Ejido Cinco de Febrero en Campeche.	149
Figura 21. Ruta Chiapas-Mayab.	150
Figura 22. Ubicación de los cuatro municipios estudiados del Estado de México.	158
Figura 23. Principales productos de la Jatropha no tóxica.	172
Figura 24. Ejemplo de diseño de la plantación de Jatropha.	176
Figura 25. Diagrama del proceso de postcosecha de Jatropha curcas Doña Fernanda.	182
Figura 26. Proceso general para la obtención de productos, co-productos y sub-productos más importantes de la Jatropha.	184
Figura 27. Nivel de participación de los productores en las etapas del proyecto.....	189
Figura 28. Gráfica de AMEBA del Ejido Cinco de Febrero, Campeche y de la región Sur del Estado de México.	202

Abreviaturas usadas

BEFS	El marco analítico de la bioenergía y la seguridad alimentaria
BIOMESUR	Bioenergéticos Mexicanos Sustentables
CO ₂	Dióxido de carbono
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GBEP	Asociación Global de Bioenergía
ha	Hectárea
kg	Kilogramo
Mton	Millones de toneladas
PROBOSQUE	La Protectora de Bosques del Estado de México
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SPR	Sociedad de Producción Rural
ton	Tonelada

Dedicatorias

Para Ana María Gastélum, porque sin su fortaleza, inteligencia y paciencia, esto nunca hubiera sido posible.

Para mamá Chayito y la tía Evelia, mis grandes maestras de la vida.

Para mi familia, los Gastélum y los Castro-Acosta, y mis amigos, aunque están distribuidos por todo el noroeste del país, siempre han estado presentes.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento que permitió que pudiera realizar mis estudios de doctorado.

A la UACH porque me dio la oportunidad de ser uno de sus estudiantes de posgrado, una noble institución en donde aprendí a valorar más al campo mexicano, la importancia de la labor de las campesinas y campesinos.

A la Dra. Ibis Sepúlveda González, porque fue la mejor directora de tesis y profesora. Esta investigación no hubiera sido posible sin su apoyo, guía, exigencias. Siempre estuvo presente con la mejor disposición. Trabajar con ella fue una de las mejores experiencias que me llevo de mi estancia en Chapingo.

Al Dr. Rigoberto García Ochoa del Colegio de la Frontera Norte sede Nogales, por su disposición, apoyo y tiempo. La distancia nunca fue obstáculo, agradezco la paciencia y sencillez que lo caracterizan Doctor. Al Dr. Jorge Morett Sánchez por su tiempo, confianza y aportación a la investigación.

A la Dra. Idania Valdez Vázquez del Instituto de Ingeniería de la UNAM, por aceptar formar parte del equipo, sus observaciones permitieron fortalecer la investigación en la etapa final. Agradezco el que hayamos vuelto a coincidir.

A mis profesores y colegas del Doctorado en Ciencias Agrarias, porque sus clases permitieron ampliar mi perspectiva sobre la problemática rural mexicana. A mis colegas y amigos, Fer, Rosa, Rodo, Joel y Marce, por haberme acompañado, fueron parte importante de mi formación dentro y fuera de las aulas.

A los campesinos y campesinas del Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche y de la Región Sur del Estado de México. A la familia Haaz, al Dr. Edgar Jaime, al Ing. Raúl Domínguez y a la Mtra. Rosario Reyes.

Datos Biográficos

Carolina del Rosario Sánchez Gastélum nació en Guasave, Sinaloa, en marzo de 1986. Del 2004 al 2008 estudió la licenciatura de Ingeniera Biotecnóloga en el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) en Ciudad Obregón, Sonora. Del 2008 al 2010 estudió la Maestría en Administración Integral del Ambiente (MAIA) en El Colegio de la Frontera Norte (COLEF) en Tijuana y el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE).

De 2010 al 2016 colaboró como asistente de investigación en el Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente en El COLEF en Tijuana. Participó en los siguientes proyectos:

- 1) Nuevo modelo de la Conferencia de Gobernadores Fronterizos (CGF) México-Estados Unidos. En colaboración con el Centro de Estudios Transfronterizos de Norteamérica de la Universidad Estatal de Arizona, el Centro Internacional para Académicos *Woodrow Wilson* y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- 2) Cuantificación Ambiental y Socioeconómica de las Políticas de mitigación del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Baja California (PEACC-BC), México. Responsable del diseño y cuantificación de las políticas de producción de bioenergéticos de los Sectores: Agricultura, Silvicultura y Otro Uso de Suelo y Gestión de Residuos. En colaboración con la Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California (SPA), La Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF), WWF México, The Latin America Regional Climate Initiative (LARCI) y el Centro de Estrategias Climáticas (CCS, por sus siglas en inglés).
- 3) Cuantificación Ambiental y Socioeconómica de las Políticas de mitigación del Programa Estatal de Cambio Climático de Chihuahua (PECC-Chih.). Responsable del diseño y cuantificación de las políticas del sector Agricultura, Silvicultura y Gestión de Residuos. En colaboración con la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de Chihuahua (Sedue), La COCEF y LARCI.

DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: EXPERIENCIAS DE PRODUCCIÓN DE *JATROPHA CURCAS* EN DOS REGIONES DE MÉXICO

SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT: *JATROPHA CURCAS* PRODUCTION EXPERIENCES IN TWO REGIONS OF MEXICO

Resumen

Se valoró en campo, bajo condiciones diferentes, en el estado de Campeche (2017-2020) y en el sur del Estado de México (2019-2020), el potencial productivo, económico, ambiental y sociocultural de una propuesta basada en el cultivo de *Jatropha curcas* (Jatropha) no tóxica, con la intención de valorar procesos de desarrollo rural sostenible bajo una visión agroecológica, en sistemas agrosilvopastoriles, encontrándose múltiples usos potenciales tanto bioenergéticos, agroindustriales y artesanales, como ambientales y de alimentación humana y animal. Se utilizó como base los indicadores de la Asociación Global de la Bioenergía (GBEP), el marco analítico BEFS (Bioenergía y la Seguridad Alimentaria) y los componentes centrales de la agricultura campesina. En total se detectaron 23 elementos de análisis de los dos proyectos estudiados, 11 fueron expresados cualitativamente y 12 cuantitativamente, usando una gráfica de telaraña o AMEBA. Para la recolección de información se utilizó la encuesta y la entrevista semiestructurada y en profundidad. Se concluye que, aunque se encontraron algunos puntos críticos que requieren especial atención, como el largo periodo de establecimiento del cultivo (cuatro años), el alto uso de herbicidas, el poco uso de abonos orgánicos y la baja participación femenina; aun así, resultó una opción rentable, inclusiva, resiliente, con la capacidad de adaptarse a las particularidades físicas y socioculturales de la región, sin comprometer los recursos naturales.

Palabras clave: bioenergéticos, sistemas agrosilvopastoriles, visión agroecológica, alimentación humana y animal.

Abstract

The productive, economic, environmental and sociocultural potential of non-toxic *Jatropha curcas* (Jatropha) was evaluated in the field, under different conditions, in the state of Campeche (2017-2020) and in the south of the State of Mexico (2019-2020) in the pursuit of Sustainable Rural development processes with agroecological vision, in agrosilvopastoral systems, which has multiple potential uses both bioenergetics, agroindustrial and artisanal, as well as environmental and human and animal nutrition. This study used the indicators from the Global Bioenergy Partnership (GBEP), the BEFS (Bioenergy and Food Security) Analytical Framework and the core components of peasant agriculture. This research identified twenty-three elements of analysis, eleven were expressed qualitatively and the other twelve quantitatively, on a spider graph or AMOEBA diagram. The information was collected through surveys and semistructured and in-depth interviews. The investigation concluded that, although some critical points were found that require special attention, such as the long period of crop establishment (four years), the high use of herbicides, the low use of organic fertilizers and the low female participation; Even so, it turned out to be a profitable, inclusive and resilient option, with the ability to adapt to the physical and socio-cultural particularities of the region, without compromising natural resources.

Key words: bioenergy, agrosilvopastoral systems, agroecological vision, human and animal nutrition.

I. INTRODUCCIÓN

El modelo civilizatorio que ha imperado en los últimos años, basado en el capitalismo globalizado, ha provocado en el campo latinoamericano el empobrecimiento y rezago de los campesinos y pequeños productores, porque las reglas del juego las han dictado tratados comerciales que los ponen en desventaja. Además, se han puesto a las mejores tierras del mundo a la orden de los mercados de los países ricos, bajo el sistema de la agricultura industrial que se centra en el monocultivo, poco eficiente uso del agua, alto uso de agroquímicos y en casi todas las producciones empleando semillas mejoradas, que en la mayoría de los casos pertenecen a un reducido grupo de megacorporaciones que controlan el mercado de semillas y agroquímicos. Hidalgo (2020) en su trabajo sobre el campo ecuatoriano asegura que con este modelo se aleja la producción de alimentos de las necesidades de las poblaciones humanas circundantes, al mismo tiempo que obliga a los campesinos a abandonar sus cultivos tradicionales.

Por su parte, la pandemia del COVID-19 que ha golpeado a casi todo el planeta durante 2020 y 2021, ha empeorado la situación de crisis que ya se vivía en el campo de los países pobres, ha ampliado las brechas económicas y sociales entre naciones. Los campesinos ahora tienen mayor dificultad para vender sus productos a los mercados locales y para comprar insumos porque con la contingencia la movilidad es limitada (IFAD, 2020).

Con el coronavirus se agravaron los problemas de hambruna en que viven 690 millones de personas en el mundo, según la cifra de 2019 (ONU, 2020). Las restricciones y prohibiciones en la exportación de alimentos han impactado seriamente los sistemas agroalimentarios. Es momento que cada país, en medida de lo posible, se enfoque más en conseguir la soberanía alimentaria de su nación, lo que se traduce en cubrir gran parte de las necesidades de alimento con la oferta nacional. Por su parte, el gobierno federal mexicano (2018-2024), con su programa “Precios de garantía para los pequeños y medianos

productores”, busca fortalecer la seguridad alimentaria nacional mediante la oferta de productos básicos como el maíz, frijol, arroz, trigo panificable y leche. Uno de los grandes logros que se espera obtener es la eliminación del “intermediarismo” o “coyotaje” como se le conoce, una práctica que en su mayoría no beneficia a los campesinos y pequeños productores. Pero habrá que esperar los resultados de dicha estrategia, porque los datos obtenidos hasta el momento son parciales.

Asimismo, esta crisis sanitaria representa una oportunidad para empezar a replantear el modelo civilizatorio, que, desde antes de la pandemia, su permanencia ya se había puesto en duda. Es momento de buscar otras opciones de desarrollo rural más fortalecidas, inclusivas y resilientes, que se adapten a las particularidades territoriales (físicas y socioculturales) y a la disponibilidad de los recursos naturales. Para Sevilla-Guzmán y Soler (2009), la agroecología precisamente impulsa un paradigma alternativo para el desarrollo rural, que tiene su concreción práctica en las técnicas de investigación-acción-participativa, anclado en las iniciativas productivas, con naturaleza asociativa y alto nivel de pluriactividad, promovidas por las diversas formas del campesinado histórico.

Bajo este contexto, en esta investigación se analiza la formulación de una opción para el desarrollo rural sostenible basado en la *Jatropha curcas* (Jatropha), variedad no tóxica y hermafrodita Doña Fernanda en el Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche y en la Región Sur del Estado de México (municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya). La información incluida corresponde a la etapa agrícola de la cadena productiva de la *J. curcas* porque las plantaciones se encuentran en fase de establecimiento.

En este caso, se trata de una iniciativa productiva con alto nivel de pluriactividad derivada de la plantación de esta variedad de Jatropha, pues el producto no se limita a la obtención de bioaceites para bioturbosina (combustible para aviones

que ha sido su mayor mercado) o biodiesel¹ como productos centrales , y aunque podría concebirse como un proyecto bioenergético por su alta producción de aceite industrial , los diversos atributos de su aceite y el gran potencial adicional que tiene este cultivo, hacen que este tipo de producciones sean más integrales, de mayor alcance.

Los dos proyectos tienen como base el modelo productivo de la cooperativa Biomazatl en Morelos, hasta el momento, la única productora de *Jatropha* no tóxica establecida a nivel comercial en el país, donde están aprovechando todos los productos, coproductos y subproductos. La producción en el Ejido Cinco de Febrero pertenece al proyecto Bioaceites del Sureste, un proyecto de investigación y transferencia de tecnología, coordinado y financiado por la Universidad Autónoma Chapingo desde 2016; que aunque tiene presencia en Campeche, Quintana Roo y Yucatán, en este trabajo sólo se incluyó la investigación directa realizada con 35 campesinos del ejido Cinco de Febrero, llevada a cabo entre 2017 y 2020. En el sur del Estado de México la producción es de Biocombustibles en el Sur del Estado de México, un proyecto productivo de la Sociedad de Producción Rural Bioenergéticos Mexicanos Sustentables (BIOMESUR), que en 2020 reportó un padrón de 112 socios. Se trabajó con los datos de 2019, de 76 socios de la SPR en 150 hectáreas. La mayoría de los participantes son campesinos que desde 2015 han estado trabajando con la *Jatropha*. Cuentan con el apoyo económico y técnico de la Protectora de Bosques del Estado de México (PROBOSQUE), organismo público estatal, descentralizado, sectorizado a la Secretaría de Campo.

Los dos proyectos estudiados están basados en la agricultura campesina del sureste y centro del país, respectivamente, donde los actores son mayoritariamente campesinos y pequeños productores. Se promueve la plantación a pequeña escala, se busca un enfoque agroecológico, con dependencia mínima a insumos externos. En el caso de Campeche se está

¹ El biodiesel sólo se ha considerado para usos locales, pero no para venta porque los otros usos de este aceite son mucho más rentables.

explorando el sistema agrosilvopastoril con ganado ovino, con la *Jatropha* intercalada con cultivos que ellos siembran comúnmente, preferentemente en tierras erosionadas u ociosas, evitando absolutamente la deforestación. A la vez, se promueve que trabajen organizados en algún tipo de asociación, para que, cuando la producción de *Jatropha* ya haya alcanzado todo su potencial (cuarto o quinto año) y si se logra llegar a unas 500 hectáreas, ellos mismos se encarguen del acopio, la transformación, distribución y venta de sus productos, coproductos y subproductos. Se ha comprobado que pueden obtenerse de la *Jatropha* no tóxica además del bioaceite, biodiesel, glicerol, aceite dieléctrico para transformadores, alimento para ganado, biofertilizantes, composta, alimento humano. Las producciones están iniciando en una modalidad de agricultura por contrato, donde la Cooperativa Biomazatl se comprometió a comprarles la cosecha

Los dos proyectos estudiados funcionan en condiciones diferentes, por ese motivo no se hizo un estudio comparativo, más bien, se utilizó la experiencia de los dos casos para complementar la información productiva, económica, ambiental y sociocultural. Se utilizó como base los indicadores de la Asociación Global de la Bioenergía (GBEP, por sus siglas en ingles), el marco analítico de la Bioenergía y la Seguridad Alimentaria (BEFS, por sus siglas en ingles) y los componentes centrales de la agricultura campesina. En total se detectaron 23 elementos o criterios de análisis de los dos proyectos estudiados, 11 de los cuales se expresaron cualitativamente y 12 cuantitativamente, indicadores cuyos resultados fueron plasmados en una gráfica de AMEBA o telaraña.

Dentro de las características de los dos proyectos estudiados destaca que, con base en el financiamiento y el nivel de organización, el proyecto del Sur del Estado de México tiene ventajas sobre el del Ejido Cinco de Febrero, porque desde el inicio empezaron a trabajar organizados como Sociedad de Producción Rural lo que les permitió y sigue permitiendo acceder a recursos gubernamentales, facilitando su funcionamiento y expansión. Pero las condiciones edafoclimáticas del Ejido Cinco de Febrero han demostrado ser más

idóneas para la planta que las del sur del Estado de México, respecto a productividad y a resistencia a plagas.

La investigación, a pesar de referir los aspectos cuantitativos de los resultados de la producción de *Jatropha* en las dos regiones de estudio, refiere al mismo tiempo valoraciones de carácter cualitativo, como producto de las entrevistas y la experiencia de trabajo con campesinos y campesinas que participaron y experimentaron este proceso productivo como una opción para el desarrollo rural sostenible y que nos brindaron sus conclusiones.

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Justificación

La *Jatropha curcas* es un cultivo que se popularizó en los últimos años para la producción de biodiesel por su alto contenido de aceite (50- 60%). En México se desarrollaron diversos proyectos bioenergéticos a partir de *J. curcas*, la mayoría tenían al biodiesel como único producto o producto central. Casi todas las producciones privadas proponían proyectos de gran escala, utilizando la agricultura industrial, un sistema productivo que se caracteriza por el monocultivo, a veces con riego, y dependencia a insumos externos como energía fósil, fertilizantes sintéticos y pesticidas. Como ejemplo está el proyecto del Grupo *Lodemo* en asociación con *Global Clean Energy Holdings*, *KUO* y *Repsol* en diferentes comunidades del estado de Yucatán (Sacramento, et al., 2016), que al final no funcionó como lo habían propuesto en un principio. Dentro de los programas gubernamentales se encuentra el Programa Institucional de la Comisión de Bioenergéticos que promovió el Estado de Chiapas 2007-2012 (López, 2014), que estaba dirigido a campesinos y pequeños productores, pero la inestabilidad institucional, la falta de estudios agronómicos sobre la *Jatropha*, la baja calidad y otras características de la semilla y el poco seguimiento en campo, hicieron que el programa fracasara (Valero-Padilla, et al., 2011). De hecho, tanto los proyectos privados como públicos se caracterizaron por iniciar sin los suficientes estudios agronómicos, con variedades con rendimientos poco

rentables, tóxicas y que no lograron adaptarse a las nuevas condiciones edafoclimáticas.

El aceite de la semilla de *Jatropha* se ha promovido como materia prima para obtener biodiesel, pero también puede utilizarse como insumo para bioturbosina (combustible para aviones) y aceite dieléctrico (lubricante estable a altas temperaturas), productos con un precio en el mercado mucho más alto que el del biodiesel. Se ha documentado que la *Jatropha curcas*, en sus variedades no tóxicas, es una especie agrícola multipropósito por sus diversos atributos y un gran potencial (Behera et al., 2010). La semilla no tóxica tostada puede emplearse para alimentación humana, como la han utilizado en la región del Totonacapan, al norte de Veracruz, donde preparan moles, mazapanes, pepitorias, entre otros productos (Nolasco-Guzmán et al. 2016). La pasta de *Jatropha*, una vez extraído el aceite, puede fungir como excelente fuente de carbohidratos y proteína para ganado ovino, bovino, porcino, aviar, peces y camarón. Hay evidencia de la utilidad de la *Jatropha* en la industria farmacéutica, cosmética, agrícola y ambiental, por ejemplo, se ha utilizado en procesos de fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos (Pabón y Hernández-Rodríguez, 2012). Un estudio de Falasca y Ulberich (2008) menciona que la cáscara de la semilla puede utilizarse como insumo para otros biocombustibles como el bioetanol y biogás, así como compostas y biofertilizantes (Falasca y Ulberich, 2008).

Además, la *Jatropha* tiene una gran capacidad de absorción de dióxido de carbono (CO₂) según el estudio de Openshaw (2000) las hojas de una planta pueden absorber hasta 8 kilogramos de CO₂ al año. Se ha documentado su capacidad para la recuperación de suelos erosionados (Ratree, 2004). En México, en 2009 la Comisión Nacional Forestal incluyó a la *Jatropha curcas* en su catálogo de recursos no maderables, como especie para reforestación en diferentes partes del país (CONAFOR, 2009). Según Fernández (2016), en las zonas húmedas el periodo de floración es más largo, lo que le proporciona

características melíferas. Por lo anterior, se propone establecer el cultivo de *Jatropha* en policultivo o diseñar sistemas agroforestales o silvopastoriles.

Considerando las oportunidades que puede representar la producción de *Jatropha* no tóxica con base en: 1) la diversidad de productos, co-productos, sub-productos que se pueden obtener de ella; 2) los distintos fines para los que se pueden utilizar, fitorremediación, captura de carbono, recuperación de suelos y por sus capacidades melíferas; y 3) las condiciones favorables económica, ambiental y social en que pueden establecerse los cultivos (agricultura campesina, policultivo, sistema agroforestal, sistema silvopastoril), vale la pena considerar a esta producción como una opción que va más allá de la obtención de biocombustibles, porque es una propuesta más integral, que permite que los campesinos puedan obtener más beneficios. No obstante, es indispensable conocer las condiciones en campo de estos dos sistemas de producción, valorar el potencial económico/productivo, ambiental y sociocultural, y poder recolectar información para darle seguimiento en un futuro.

1.1.2. Objetivos

Valorar en campo, bajo dos condiciones diferentes, el potencial productivo, económico, ambiental y sociocultural de una propuesta para iniciar procesos de desarrollo rural sostenible bajo una visión agroecológica, tomando como base el cultivo de *Jatropha*, en sistema agrosilvopastoril, con múltiples usos potenciales tanto bioenergéticos, agroindustriales y artesanales, como ambientales y de alimentación humana y animal.

1.1.3. Preguntas de investigación y objetivos específicos

En la presente investigación se busca responder, entre otros puntos relevantes, las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las características económico-productivo, ambiental y sociocultural de las dos zonas de estudio que posibilitaron la producción de *Jatropha*?

¿Cuáles son las condiciones económico-productivas, ambientales y socioculturales en las que han estado funcionando los dos proyectos estudiados y hasta dónde se puede considerar opción de desarrollo rural?

Objetivos específicos:

1. Describir el contexto económico-productivo, ambiental y sociocultural de las dos zonas de estudio, centrado en los elementos que pudieran verse afectados positiva o negativamente con los proyectos de *Jatropha*.
2. Analizar las condiciones productivas, económicas, ambientales y socioculturales en que ha estado funcionando el proyecto de *Jatropha curcas* no tóxica Doña Fernanda en el Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche, y en el sur del Estado de México (municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya).
3. Analizar e identificar aquellos factores productivos, ambientales, económicos y socioculturales que de forma aislada o grupal podrían poner en riesgo la supervivencia del proyecto o bien, generar efectos positivos en las zonas de estudio.

1.2. Estructura de la tesis

El presente trabajo está conformado por siete capítulos (ver figura 1). El capítulo uno corresponde a la introducción, en este apartado se describen las dos producciones de *Jatropha* estudiadas, la justificación para llevar a cabo su estudio, y los objetivos de la investigación, general y específicos.

Considerando que los protagonistas de esta investigación son los campesinos y el sector rural mexicano, en el segundo capítulo se contextualiza la situación de pobreza, exclusión, desarraigo y deterioro ambiental que se vive en el campo de este país a causa de los modelos productivos rurales dominantes o hegemónicos (agropecuarios, forestales, pesqueros y extractivistas) que se han implementado en el país y el mundo desde hace décadas. Los objetivos del capítulo se centran en analizar las causas y efectos de esta crisis económica, ambiental y

sociocultural, aunque la cuestión ambiental se profundiza hasta en el capítulo cuatro en la sección 4.2. Asimismo, se describe la propuesta de desarrollo rural de la actual administración federal a cargo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y de la Secretaría de Bienestar, para poder estudiar *a priori*, en cuanto a planes y propuestas, cuáles elementos podrían impactar positivamente ante esta deplorable situación para los campesinos, pequeños productores y la población rural en general.

El capítulo tres inicia con una breve descripción de los distintos tipos de bioenergía, sus tecnologías y materia prima más utilizada hasta el momento, se muestra la heterogeneidad del tema bioenergético. El objetivo es analizar los factores económicos, ambientales y sociales que rodean la producción de bioenergía a partir de cultivos agrícolas, considerando que éstos han sido el tipo de biomasa más utilizado para este fin. El análisis se centra exclusivamente en los biocombustibles líquidos como el bioetanol y biodiésel. La discusión se dirige particularmente a las zonas rurales donde se producen los cultivos, porque si bien, es donde se vislumbran beneficios y oportunidades para su población, también hay posibles afectaciones que deben considerarse. Por ello, describen dos marcos de evaluación de la producción de bioenergía: 1) los indicadores económicos, ambientales y sociales propuestos por la Asociación Global de Bioenergía (GBEP) y 2) el marco analítico de la bioenergía y la seguridad alimentaria BEFS de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), con el objetivo de detectar los elementos críticos de estas producciones, es decir, donde estas producciones pueden ser vulnerables, y donde obtener beneficios en el área económica, ambiental y sociocultural. El principal objetivo es evitar la competencia frente a los cultivos alimenticios o con el espacio que éstos requieren para su producción.

En el cuarto capítulo se propone a la agroecología desde el paradigma de la complejidad como una respuesta para la crisis ambiental y socioeconómica que se vive en el campo. Al inicio se centra un poco más en el aspecto ambiental, porque la cuestión socioeconómica se describió en el capítulo dos. En esta parte

del trabajo se habla de las bases pluriépistemológicas de los estudios de la agroecología, una que tiene una visión más amplia de los agroecosistemas, y que pone al mismo nivel los saberes locales, culturales y ancestrales del campesino que los conocimientos científicos. La agroecología no pierde de vista que los recursos naturales son base para el desarrollo y que las futuras generaciones dependen de ellos, de un buen manejo y su conservación bajo una visión tanto social como ambiental.

En el capítulo cinco se analizan las bases teóricas que ayudan a abordar las temáticas que se discutieron en los capítulos anteriores. Se presenta críticamente el concepto de sostenibilidad como eje central de la investigación y como propuesta, junto con el de justicia social, para enfrentar la crisis en que se encuentra el campo. Se describen los antecedentes del concepto de sostenibilidad y su relación con el de justicia social, y cómo el segundo es el pilar del primero. También se incluye el concepto de bienestar como lo concibe Sen (1997), donde se refiere a las libertades y capacidades que la gente realmente disfruta.

El sexto capítulo corresponde a la metodología empleada para el desarrollo de la investigación. Se presenta como un estudio con enfoque de carácter cualitativo, con dos categorías de análisis, por un lado, el contexto de las dos zonas de estudio, y por otro, el proyecto de *Jatropha*. Se hace énfasis en que es un primer acercamiento, donde se plantearán las bases para futuros trabajos. La investigación se dividió en tres etapas: 1) planeación de la investigación, donde se hizo una revisión de literatura sobre la producción de materia prima para la obtención de biocombustibles líquidos y de la agricultura campesina, y se seleccionaron los criterios de análisis que se dividieron en el área económico/productivo, ambiental y sociocultural; 2) recolección de la investigación, donde se hizo el trabajo de campo y se evaluaron los indicadores seleccionados; y 3) el análisis de la información con base también en las opiniones de los campesinos y campesinas involucradas en la producción de *Jatropha*.

En el capítulo siete se presentan los resultados de la investigación, se divide en cuatro secciones. Primero se incluyen las características socioeconómicas, ambientales y productivas del Ejido Cinco de Febrero y de la Región Sur del Estado de México, se consideran los elementos que puedan estar relacionados directa o indirectamente con la producción de *Jatropha* no tóxica. En la segunda parte se describe la propuesta de producción centrada en *Jatropha curcas* no tóxica variedad Doña Fernanda con la explicación basada en la experimentación en que ésta se sustenta. Se narra la historia de la fundación de la cooperativa Biomazatl, donde se desarrolló la variedad Doña Fernanda, su funcionamiento, los productos de la *Jatropha* que ellos están procesando en Morelos y en el que se basa la actual propuesta. Se presenta esta experiencia y se discute la pertinencia de considerarla como opción de desarrollo local/regional. Se incorporan las características agronómicas de la *Jatropha* y las etapas de su establecimiento y desarrollo. Después, se presenta la descripción de los dos proyectos estudiados, sus orígenes, las metas, funcionamiento y pasos a seguir. Al final, en la cuarta sección, se hace el análisis de la información, de los 11 elementos descriptivos y los 12 indicadores seleccionados y diseñados para la presente investigación.



Figura 1. Estructura general de la tesis.
Fuente: elaboración propia.

II. LA CRISIS EN EL CAMPO MEXICANO: CAUSAS, EFECTOS Y LA NUEVA PROPUESTA

2.1. Introducción

Gran parte de las políticas que se han implementado en el campo mexicano a partir de la década de 1940 hasta el modelo neoliberal han estado dirigidas para los medianos y grandes productores, porque el objetivo ha sido convertir al campo en una organización empresarial como forma para cambiar la relación “hombre-tierra” por la de “hombre-empleo”. A la mayoría de los campesinos y pequeños productores se les dieron apoyos asistenciales y no productivos, que no fueron suficientes ni resolvieron el problema socioeconómico y ambiental que predomina desde hace décadas. Las consecuencias más notables son la desagrarización, la marginación de los campesinos y los efectos ambientales como la pérdida de productividad del suelo y algunos problemas de salud pública en las zonas rurales por el exceso en el uso de plaguicidas y fertilizantes químicos.

La desagrarización es la reducción de la participación de las actividades agrícolas y del sector primario en general a la generación de ingreso en el medio rural y al Producto Interno Bruto (PIB) Nacional (Escalante et al., 2007; Carton de Grammont, 2009), originando la reducción de la calidad de vida de la población rural, envejecimiento y migración. Existe polémica alrededor del concepto de desagrarización porque no es considerado un proceso voluntario de los modelos de desarrollo; en este documento es un pilar importante que ayuda a explicar algunos aspectos de dicha crisis.

Este capítulo tiene como objetivos: 1) analizar las causas y efectos de la crisis socioeconómica y ambiental en la que se encuentra sumergido el campo mexicano desde hace años y 2) estudiar la propuesta de desarrollo rural de la administración federal (2018-2024) que está a cargo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y de la Secretaría de Bienestar, para poder identificar con los pocos elementos aún presentes de cambio cuáles

elementos de la crisis podrían ser atendidos y resueltos con esta nueva política de desarrollo rural y cuáles se vislumbra que continuarán en la misma tendencia.

El capítulo se divide en cuatro secciones: se inicia estudiando al campesinado como categoría social, la gran diversidad de formas en que se ha concebido este concepto y el papel que le ha tocado fungir a través de los años. En la segunda se describen los modelos productivos rurales (agropecuarios, forestales, pesqueros y extractivos) implementados en el campo mexicano, se analizan las condiciones del campo en que se da la reforma agraria, la modernización agrícola, los inicios de la crisis y el modelo neoliberal. Se hace un intento de identificar las principales causas que han llevado a la crisis del sector y al paulatino pero constante proceso de desagrarización. En la tercera se incluye un análisis de la situación en que se encuentra el sector primario y las sociedades rurales mexicanas, es decir, los efectos. La forma en que los pequeños productores han ido perdiendo participación y la manera en que se han visto obligados a diversificarse y adaptarse a las condiciones que se han decidido desde el exterior. En la cuarta se analiza la propuesta de desarrollo rural de la administración federal actual, y con base en los modelos de desarrollo del pasado, se tratará de identificar las fortalezas y debilidades de esta nueva propuesta del gobierno federal.

2.2. El campesinado

Los campesinos como categoría social fueron actores políticos importantes en diferentes procesos de cambio progresista y libertario del siglo XX, como las Revoluciones Rusas (1905 y 1917), la Revolución Mexicana (1917), la Revolución Vietnamita (1945), la Revolución China (1949), la Rebelión Argelina (1954) y la Revolución cubana (1959) (Wolf, 1973). Por un lado, en Rusia, Lenin (1974) en su obra *¿Quiénes son los amigos del pueblo?* adelantó la idea de la alianza entre la clase obrera y del campesinado para poder derrocar el zarismo, a los terratenientes y a la burguesía. Aunque consideró a los campesinos como subordinados del proletariado, minimizando la participación de los primeros por su dispersión económica y falta de desarrollo político. En China, en el maoísmo

se miró al campesinado como un elemento estratégico, porque eran una masa enorme, inclusive el éxito de la revolución china se debió al papel que representaron los campesinos, pero también fueron vistos como subalternos del proletariado.

Para Teodor Shanin (1979) el campesinado de las sociedades industriales ha mostrado cierta capacidad para la acción política cohesiva; sus intereses comunes han empujado a los campesinos a conflictos políticos también con los grandes terratenientes capitalistas. Aunque reconoce que la fragmentación inevitable de un campesinado en pequeños segmentos locales y la diversidad y vaguedad de sus objetivos políticos, dificulta su efecto político potencial.

No es sencillo mostrar una única definición de la palabra campesino. José Luis Calva (1988) en su libro *Los campesinos y su devenir en las economías de mercado* menciona que es difícil abarcar a todos los campesinos en una sola definición, aunque hace un intento:

El campesino es el poseedor de una porción de tierra que explota por su cuenta con su propio trabajo manual como ocupación exclusiva o principal, apropiándose de primera mano, en todo o en parte, los frutos obtenidos y satisfaciendo con éstos, directamente o mediante su cambio, las necesidades familiares. (Calva, 1988, p. 51).

Asimismo, Calva visualiza tres formas de campesino, el primero en el sentido estricto, como un cultivador del suelo que obtiene sus medios de sustento de la tierra que posee y trabaja solo o asociado; el segundo en el sentido *lato*, un trabajador agrícola, que cultiva por su cuenta la tierra o asalariado agrícola, con o sin tierra; el tercero, en el sentido más extenso, habitante de campo, aldeano, pescador o artesano.

Probablemente, la concepción del antropólogo e historiador estadounidense Eric Wolf que proporcionó en su libro *Los campesinos* (1971) es la más aproximada. Para este antropólogo los campesinos son labradores y ganaderos rurales, que

utilizan sus cosechas y productos para asegurar su propio nivel de vida, distribuye los excedentes a los grupos sociales que no labran la tierra. Considera que el campesino no funciona como una empresa en el sentido económico, porque no se enfoca en la producción agrícola como un negocio. Entonces, no es un pequeño agricultor o granjero como el de Estados Unidos, porque éstos son más empresarios agrícolas, que obtienen ganancias de las ventas de sus productos (Wolf, 1971).

En efecto, el campesino no funciona como una empresa en el sentido económico, por ello, Alexander Chayanov planteó durante 1910-1930 la Teoría de la Economía Campesina como una nueva forma de concebir al campesinado. La cual inicia preguntándose cómo se podría adoptar la tecnología de los países capitalistas del Occidente en la economía campesina rusa basada en el trabajo familiar y solo en parte orientada a una economía monetaria. Es una forma de producción no capitalista; en esta teoría no existe la renta, salario ni ganancia, porque el objetivo de la producción es la satisfacción de necesidades (Chayanov, 1974). Al no existir la categoría “salario”, las explotaciones campesinas basadas en el trabajo familiar se encuentran en una estructura económica diferente a las empresas capitalistas y necesitan una teoría económica distinta (Heyning, 1982).

Según Wolf (1971), el campesino no es primitivo porque se encuentra insertado en una sociedad más amplia y compleja que las de las tribus primitivas. El campesinado como clase social está conformada por individuos, familias, comunidades, asociaciones y redes. Los cuales tienen en control formal y material los procesos productivos agropecuarios y artesanales. En su base tienen las formas que les garantizan su sobrevivencia, y al mismo tiempo, la resistencia a la expansión capitalista, que ha presionado para su desaparición mediante la subordinación al capital (Bartra, 2008)

Los campesinos de Latinoamérica son un grupo heterogéneo, en materia cultural y ecológica, sus niveles de subsistencia son determinados por los recursos locales y el empleo de técnicas agroecológicas. Es importante resaltar que

algunos campesinos han permanecido con las prácticas tradicionales, pero otros han modificado su sistema con el uso de fertilizantes sintéticos, plaguicidas y otras características de la agricultura convencional (Altieri y Toledo, 2011). Pero en su mayoría, la producción campesina, especialmente ha demostrado la racionalidad ecológica de su forma de apropiación de la naturaleza y las potencialidades para formas de desarrollo rural sostenible. En el siguiente capítulo de este trabajo se aborda con mayor detalle la relación entre la producción campesina y su relación con la naturaleza.

El campesino ha logrado resistir o coexistir a pesar de los pronósticos e intentos de su extinción. Por ejemplo, Vladimir Lenin propuso la descomposición de los campesinos para el desarrollo del capitalismo en el campo a finales del siglo XIX (Lenin, 1971). Empero, Chayanov consideró que una de las razones de esta resistencia es que la economía campesina no es capitalista. Las características de la economía campesina que han contribuido a la no extinción podrían ser las siguientes: 1) El autoconsumo en un alto porcentaje, 2) el trabajo familiar y el uso de energía humana y animal predomina sobre el jornal externo y la energía mecánica, 3) la reproducción familiar, como directriz de decisión de la existencia, y 4) la producción diversificada sin el condicionamiento de las economías de escala (Núñez y Díaz, 2006). Incluso, las relaciones sociales campesinas funcionan diferente a las de cualquier sociedad, como lo documentó Foster (1961) en su trabajo en Tzintzuntzan, Michoacán en la década de 1940, donde utilizó el contrato diádico para explicar la forma en que las conductas y relaciones sociales campesinas están basadas en la reciprocidad. Así, las principales tesis teóricas y prácticas que refieren a la resistencia y sobrevivencia campesina, si bien tienen distintos enfoques y ponen el acento en diversos temas sociales, económicos y culturales, lo cierto es que en su conjunto se puede considerar que enfatizan que la lógica de producción y existencia del campesinado, es muy distinta a la lógica capitalista de ganancia y al interés de acumulación.

El campesino continúa siendo explotado, según Bartra (2007) es una explotación “polimorfa”. Pero persiste, permanentemente con “el agua al cuello”, algunos ya

sumergidos gracias al modelo económico neoliberal que ha imperado desde los ochenta y que llegó para darles el último empujón. La concepción de los campesinos debe de ir más allá de indicadores de productividad o competitividad como se plantea dentro del neoliberalismo. Es crucial que se les reconozca como “multifuncionales”, como lo propone Bartra (2003). Porque aportan bienes y servicios de carácter ambiental, cultural y social. Según Núñez y Díaz (2006), las sociedades campesinas son consideradas una forma especial creada por la humanidad para relacionarse con la naturaleza y extraerle los bienes necesarios para su subsistencia.

Además, como lo planteó Hernández-Xolocotzi (2007) en su Investigación de Huarache, no se debe menospreciar el conocimiento de la tecnología agrícola tradicional, que, con la modernización agrícola, revolución verde y el modelo neoliberal se ha dejado en segundo término. Otro aspecto a destacar es la dimensión ecológica y cultural de la producción campesina.

Recientemente de Souza Santos ha estructurado una nueva visión latinoamericana: las Epistemologías del Sur. Su visión no lineal del desarrollo, cuestiona de raíz los argumentos eurocentristas, tanto marxistas como no marxistas.

Entiendo por epistemología del Sur el reclamo de nuevos procesos de producción y de valoración de conocimientos válidos, científicos y no científicos, y de nuevas relaciones entre diferentes tipos de conocimiento, a partir de las prácticas de las clases y grupos sociales que han sufrido de manera sistemática las injustas desigualdades y las discriminaciones causadas por el capitalismo y por el colonialismo. (De Souza, 2011, p. 35).

Es importante aclarar que de Souza (2011) en su trabajo no se refiere al Sur como un concepto geográfico, más bien se refiere de una forma metafórica del sufrimiento humano generado por el capitalismo y el colonialismo a nivel mundial y de la resistencia para superarlo o minimizarlo. Por ello, se refiere a un Sur

anticapitalista, anticolonial y anti-imperialista. Es un Sur que también puede estar en el Norte global, en la población excluida, silenciada y marginada, en este caso, nos podemos referir a los campesinos. Esta explicación también se puede encerrar en la frase: “nuestro norte es el sur” (Joaquín Torres García. Uruguay).

2.3. La agricultura en México, un breve recuento de las causas

El campo mexicano se ha mantenido por décadas en una situación de permanente deterioro ambiental y socioeconómico. Aunque las causas son diversas, la situación de deterioro tiene su origen en el periodo de modernización de la agricultura que va desde la década de los cuarenta hasta los sesenta, donde se benefició principalmente a la agricultura empresarial y se privilegió a la productividad por encima de factores ambientales y sociales. El modelo económico neoliberal que ha estado presente desde los años ochenta del siglo pasado, también ha sido una de las causas que han agravado y prolongado esta crisis. A continuación, para contar con una visión general se hace un breve recorrido histórico de la evolución del campo en México en los últimos cien años, se inicia con el periodo posrevolucionario y se termina con las estrategias al campo que implementaron las últimas administraciones federales.

Con la promulgación de la Constitución de 1917 y la estipulación de dotación de tierras en el artículo 27 Constitucional, para unos pocos ya había triunfado la revolución mexicana; para otros, solo era el inicio de las promesas, la cimentación de un nuevo régimen político; y para muchos, la mayoría campesinos, seguían esperando a que se les cumpliera lo prometido por Madero, Zapata y Villa. Durante la etapa posrevolucionaria (1917-1934) el país se encontraba en reconstrucción, en adaptación al nuevo régimen, con inestabilidad, donde había bastantes conflictos políticos porque los ganadores en la Revolución no lograban ponerse de acuerdo (Aguilar y Serrano, 2012).

El periodo de Plutarco Elías Calles (1924-1928) es identificado por cambios sociales y políticos, y por la ejecución de diversas acciones en el campo. Lamentablemente, quizás una de las más sobresalientes fue la Guerra Cristera

o la Cristiada (1926-1929), un conflicto que se dio mayoritariamente en el campo de los estados del centro del país, donde los campesinos fueron los actores principales. La Cristiada comenzó cuando el entonces presidente instauró lo que se conoce como la “Ley Calles” el 21 de junio de 1926 que buscaba reducir el número de sacerdotes, restringir el culto religioso, prohibir las manifestaciones de fe fuera de los hogares y expropiar las propiedades y bienes de la Iglesia. El saldo de pérdidas humanas para 1929 se estimó en 250,000. Encubierto por el problema religioso, en el fondo el problema era el conflicto agrario pendiente desde la época de la revolución.

No obstante, dentro de otras acciones de su gobierno también destaca la aprobación de la Ley de Crédito Agrícola y el Reglamento del Registro del Crédito Agrícola en 1926; lo anterior permitió la fundación el Banco Nacional de Crédito Agrícola S. A., como una institución descentralizada; se estableció la Comisión Nacional de Irrigación y la Comisión Nacional de Caminos; en abril de 1927 se decretó la Ley de Dotaciones y Restituciones de Tierra y Aguas.

Los gobiernos del periodo posrevolucionario tenían una contradictoria percepción sobre el reparto agrario. Por un lado, estaban seguros que era necesario repartir tierras a los campesinos empobrecidos como un acto de justicia social, lo que se llevó a cabo de una forma limitada. Pero por otro, consideraban que solo las unidades de producción poco productivas y no tecnificadas eran las que serían repartidas, las mejores tierras de riego serían preservadas porque eran la base de la economía agrícola del país (Castaño, 2014), eran latifundios que se encontraban en manos de empresarios nacionales y extranjeros.

Así que el reparto agrario que se llevó a cabo durante el periodo posrevolucionario se dividió en dos tipos. El primero fue “la restitución de tierras” para los campesinos o poblaciones que demostraran haber sido despojados de sus tierras durante el porfiriato, la restitución resultó una tarea complicada que en algunos casos llevó años y en otros nunca se concretó. El segundo fue la “dotación de ejido”, se esperaba que se siguiera una política minifundista que

entregara las tierras como complemento del salario de los trabajadores rurales, para que les proporcionara una base alimentaria, una vivienda y otros bienes para incrementar los ingresos que obtenían de las haciendas y otros trabajos agrícolas (Warman, 2003). No obstante, se continuó la injusta distribución de la superficie territorial y la miseria de los campesinos. El campo sufría porque tenía acceso limitado de comunicación, no había sistema de riego y contaba con una tecnología atrasada. Por ende, la productividad agrícola presentaba cifras muy bajas.

En el sexenio de Lázaro Cárdenas (1934-1940) se transitó de la etapa posrevolucionaria a la de la modernidad política. Con Cárdenas se consiguió la estabilidad social y se condujo un desarrollo económico que introdujo al país al capitalismo mundial. En este periodo se implementó una política agraria que pretendía atender las demandas de la población campesina mediante el reparto de la tierra. Algunas haciendas fueron convertidas en ejidos, como una forma de organización en el campo. Se identifica a esta administración como aquella donde se cumplieron las metas propuestas durante la revolución de distribuir con mayor equidad la propiedad rural en beneficio del campesino mediante la multiplicación y modificación de las políticas ejidales (Castaño, 2014), también se conoce como la mejor época de la Reforma Agraria, porque se crearon bancos agrícolas y se estimuló la educación en el medio rural.

No obstante, en la propuesta de Cárdenas también se buscaba crear una nueva burguesía agraria o reforzar la existente (recordemos que las unidades de producción más productivas y tecnificadas no se repartieron), con el objetivo de establecer una estructura agraria “equilibrada” con una base mixta de tenencia de la tierra, por un lado, al empresario agrícola y por el otro al campesino (Mazabel, Ricárdez y Patiño, 2014).

En el periodo poscardenista (1940-1970), aunque se echaron abajo muchas de las reformas logradas, e identificado como aquel donde gobernó Manuel Ávila Camacho, Miguel Alemán Valdés, Adolfo Ruíz Cortines, Adolfo López Mateos y

Gustavo Díaz Ordaz, el desarrollo económico permitió continuar con la estabilidad social y económica obtenida con el gobierno cardenista. En estos años hubo crecimiento económico en el ámbito agrícola, industrial, manufacturero y rural. Asimismo, se presentó un incremento poblacional en el campo y la ciudad. Las políticas de reparto agrario ya no operaron como lo hicieron durante el Cardenismo, se redujeron y en algunos casos funcionaron de manera arbitraria.

En este lapso en el campo se inició un proceso de transformación política y económica, donde integraron a los campesinos al mercado y el campo se modernizó, junto con una política de clientelismo político que permitió el control de los campesinos, a cambio incluso de algunas concesiones. Además, en la década de los cincuenta surgió en el país la Revolución Verde (RV), un movimiento mundial que buscaba erradicar el hambre mediante un paquete tecnológico en el que sobresalía la creación de semillas de altos rendimiento de los principales cultivos alimentarios, la mecanización, el monocultivo, el riego y el alto uso de agroquímicos (fertilizantes sintéticos y plaguicidas). Dentro de los principales resultados de la RV en México está el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) que fue producto del programa piloto de investigación patrocinado por el Gobierno de México y la Fundación Rockefeller.

Durante el periodo poscardenista el sector agrícola ocupó un lugar predominante en el desarrollo económico del país. Se incrementó la productividad agrícola, con ello, el sector pudo proveer los alimentos y tener asegurada la autosuficiencia alimentaria, lo cual proporcionaba las materias primas y la mano de obra barata a la industria (Fujigaki, 2004). Empero, esta modernización privilegió más a la agricultura capitalista del norte del país: los agroquímicos (algunos altamente tóxicos) empezaron a ingresar a los ecosistemas silenciosamente y el conocimiento tecnológico reemplazó al conocimiento empírico de los campesinos adquirido por la experiencia y herencia (Ceccon, 2008).

En la década de 1960 los efectos negativos de la Revolución Verde (RV) todavía no se vislumbraban en el país, a pesar de que en Estados Unidos, Rachel Carson (1962) en *Primavera Silenciosa* había expuesto los daños ambientales que ocasionaban algunos químicos utilizados en la agricultura y los problemas que se estaban generando con el cambio climático, con el uso especialmente del plaguicida Dicloro Difenil Tricloroetano (DDT). Pero en México la RV continuó como estrategia para el campo mexicano y lo siguió haciendo durante las próximas dos décadas. Inclusive, en 1970, Norman Ernest Borlaug, considerado el padre de la agricultura moderna y la RV, fue galardonado con el premio Nobel de la Paz por sus aportes agronómicos, que mediante híbridos y cruces logró crear nuevas variedades de trigo que presentaron mayores rendimientos de producción.

Gracias a los paquetes tecnológicos promovidos por la RV la productividad agrícola de algunos cereales incrementó a niveles nunca alcanzados anteriormente. Sin embargo, se comprobó que incrementar la producción de alimentos *per se* no se traduce en la erradicación del hambre, como había propuesto la RV en un inicio. Porque existen otros factores que también deben ser considerados, como la segura distribución global y equitativa de los alimentos, aspectos relacionados con la comercialización y la falta de poder adquisitivo de una gran parte de la población mundial (Ibidem).

A mediados de los sesenta se empezó a hablar de una crisis en el campo, pero fue hasta a principios de la administración de Luis Echeverría Álvarez (1970-1976), cuando se reconoció dicha crisis (Mazabel, Ricárdez y Patiño, 2014). Para esta época los hijos de los campesinos que se habían visto beneficiados con el reparto agrario en las décadas anteriores, ya eran adultos, algunos habían formado sus propias familias y la mayoría no tenía acceso a la tierra o esta se había pulverizado, generándose el llamado minifundismo. Por ello, una gran parte había migrado a las ciudades y los que decidieron quedarse vivían de su trabajo asalariado o de actividades no agrícolas. Así que en las comunidades rurales el

trabajo agropecuario propio dejó de ser la actividad central e inició un proceso de proletarización del campesino (Carton de Grammont, 2009).

Durante la década de 1970 había problemas de reproducción de la economía campesina y de la producción de alimentos. El “milagro agrícola mexicano” solamente había sido temporal. Además, surgieron movilizaciones campesinas y las secuelas urbanas del 68 también se expresaron en el campo en otro tipo de movimientos radicales. Al crecer el minifundismo y la pobreza rural, en 1980, el Sistema Alimentario Mexicano declaró que la mitad de los mexicanos no tenía una dieta suficiente y una quinta parte padecía desnutrición y que había que impulsar nuevos proyectos productivos y apoyos estatales. También detalló los graves daños ecológicos, el deterioro de la vida campesina, la desarticulación productiva, la inadecuada orientación de la producción y del gasto público en el campo, la ineficiencia y la falta de dinamismo del “sector moderno” (Esteve, 1988).

Para 1980 ya se reconocía la crisis que se vivía en el campo, así que la estrategia que se adoptó para enfrentar el problema fue totalmente radical, pero lo único que logró fue agudizar y prolongar esta situación. A partir de la administración de Miguel de la Madrid (1982-1988), con su secretario Salinas de Gortari, el gobierno dejó su vocación de Estado benefactor, que había operado desde la década de 1930, para entrar de lleno al mercado internacional, en una economía global, es decir, oficialmente se sumergió en el modelo económico neoliberal. De manera oficial, porque desde la administración de José López Portillo se habían estado preparando las condiciones para adoptar este modelo.

La estrategia neoliberal se ha basado en la promoción de la desregulación, la privatización y la apertura comercial indiscriminada. En el proceso de desregulación se implementó una política económica que promovía la reducción de tamaño y funciones del Estado, donde se propuso la privatización como instrumento clave para hacer eficientes las finanzas públicas y reducir el costo laboral unitario, todo esto en contraposición al Estado benefactor de las décadas

pasadas (Gallardo, Ángeles y Neme, 2011). Además, con la liberación de la política comercial se buscaba que los acuerdos internacionales como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), ahora Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), impulsara el crecimiento económico, pero eso sucedió solo en ciertos sectores, solo la gran agricultura de exportación resultó favorecida, mientras la pequeña agricultura campesina y familiar enfrentó una competencia totalmente desventajosa.

Otro producto del neoliberalismo fueron las modificaciones al artículo 27 Constitucional en 1992, en este año legalmente el reparto agrario se declaró finalizado, lo que significó un duro golpe para la economía campesina. Carlos Salinas de Gortari promovió las reformas al 27 como una forma de llevar supuestamente más justicia y libertad al campesino y a los agricultores mexicanos; según el discurso se buscaba una regularización que todos los ejidatarios y comuneros tuvieran sus certificados de derechos, para terminar con la irregularidad que había en algunas zonas. Para esto se crearon la Procuraduría Agraria y los Tribunales Agrarios y se reestructuró el Registro Agrario Nacional. No obstante, con estas modificaciones les permitió a los campesinos ejidatarios decidir sobre el uso y eventual enajenación de sus parcelas y sobre el tipo de organización que les resultara más adecuada (Del Valle y Sánchez, 1996). Al permitírseles vender, se colocaron las bases para que la propiedad social de la tierra pasara a manos del sector privado y a la larga los condenó a su desaparición; sin embargo, el proyecto que perseguía acelerar la venta de las tierras campesinas en muchos lados no se pudo lograr, quedando limitado el plan del Estado como se pensaba que resultaría.

En otros ámbitos de la problemática agraria, cabría resaltar que, a finales de los ochenta surgieron los avances en biotecnología, microelectrónica y nuevos materiales. En biotecnología agrícola sobresale la creación de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), organismos que manipularon su estructura genética para obtener una característica específica muy diferente a su estado natural. En el caso de las semillas, las modifican principalmente para hacerlas

más resistentes a plagas y enfermedades y adquieren tolerancia a ciertos herbicidas, como el *Glifosato*. A mediados de los noventa en Estados Unidos se hicieron las primeras plantaciones de cultivos GM a campo abierto. El problema con estos organismos en México es que a nivel nacional se tiene una agricultura débil, con dependencia alimentaria y con una alta biodiversidad (Massieu, 2009). Además, no hay evidencia que compruebe que los OGM no son perjudiciales para el consumo humano. Otro problema es que, en México la Ley de Bioseguridad, también conocida como Ley Monsanto tiene una serie de irregularidades y contradicciones (Massieu y San Vicente, 2006). El tema se queda a merced de las grandes corporaciones como Monsanto/Bayer, Syngenta, DuPont, Dow y BASF.

Dentro del neoliberalismo el campo se percibe como una “organización empresarial”, donde la productividad y la competitividad son los indicadores esenciales. Pero este enfoque no les ha beneficiado a los campesinos y pequeños agricultores del país. Porque no tienen las condiciones para competir con los empresarios agrícolas. Además, a partir del ingreso a este modelo económico les redujeron los servicios al agro y la asistencia técnica agropecuaria que les proporcionaba la desaparecida Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1976-1994), lo que los dejó a merced del mercado y de grandes compañías que son las que ahora fijan las reglas del juego.

Aunado a lo anterior, el costo ambiental y social ha sido alto. La agricultura convencional, la promovida por la revolución verde y aplicada durante el modelo neoliberal se lleva a cabo utilizando altas cantidades de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, afectando la salud de los trabajadores agrícolas y de los pobladores rurales en general y se ha documentado la degradación de suelos agrícolas por el uso excesivo de estas sustancias, lo que pone en riesgo su productividad (Gliessman, 2002). La práctica del monocultivo desgasta los nutrientes del suelo lo que genera erosión y atrae plagas específicas. El empleo de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM's) afecta seriamente la biodiversidad, especialmente en México, centro de origen del maíz y otros importantes cultivos

y donde se tiene una gran variedad de maíz nativo que son parte de la riqueza cultural (Massieu, 2009). Además, con este tipo de agricultura se menosprecia los conocimientos de los pequeños agricultores y campesinos, afectando los usos y costumbres de algunas poblaciones y orillando a la migración. En el capítulo tres se describen con mayor detalle los efectos de las prácticas agrícolas de la agricultura convencional, ello como marco para ubicar en el contexto general la producción de biocombustibles y los distintos tipos de éstos.

Haciendo un recuento, la evolución del campo mexicano desde los años cuarenta hasta la fecha ha favorecido a un grupo muy reducido de grandes empresarios agrícolas, a la agricultura comercial, a las grandes explotaciones y las empresas multinacionales en el campo. Por un lado, durante el exitoso proceso de modernización tecnológica y el incremento de la productividad y producción, los ejidatarios minifundistas, campesinos y jornaleros quedaron al margen de esta modernización. Por otro, el modelo neoliberal ha sido el que los ha sumergido más en la crisis porque las políticas y acciones de la economía del libre mercado solo ha favorecido a grandes productores con soporte financiero, acceso al crédito y al riego. Con la implementación del neoliberalismo se descapitalizó al campesinado y se expandió la brecha entre pequeños y grandes productores.

Aunado a lo anterior, como ejemplo de la ampliación de esta brecha se presenta el caso de la producción de maíz en Sinaloa, con los productores de los Distritos de Riego (DDR) y de los campesinos de la zona serrana. Los primeros están ubicados en la llanura costera de la entidad, con una agricultura de riego y mecanizada que en 1980 tenían un rendimiento promedio de maíz de 1.9 toneladas por hectárea (ton/ha), mientras que los segundos reportaban 0.7 ton/ha. En 2019, los productores de la llanura reportaron un rendimiento promedio de 12.3 ton/ha; y el campesino de la sierra 2.6 ton/ha. Aunque el caso de Sinaloa es extremo y un poco más complejo de analizar, especialmente en los diferentes tipos de productores de los DDR, es un ejemplo que muestra la situación tan distante en que se encuentran los grandes productores y los campesinos.

2.4. El sector primario y las sociedades rurales, los principales efectos

El sector primario y las sociedades rurales tienen un vínculo natural que ha perdurado desde hace cientos de años. Aunque no son sinónimos y no están sin interacción con los otros sectores económicos y con las sociedades urbanas, porque hay actividades primarias que pueden llevarse a cabo en las ciudades, como la agricultura urbana y periurbana, también hay población que vive en su comunidad y va a trabajar o a estudiar diariamente a las zonas urbanas o viceversa, más común lo primero que lo segundo. Pero la interrelación que existe entre estos dos todavía es predominante, quizás hasta el momento es difícil concebir una sin la otra y en la gran parte de este trabajo se ha referido a ellos como “el campo”. Sin duda en las últimas décadas la relación y los vínculos entre el campo y la ciudad se han modificado profundamente y la propia caracterización de estos espacios.

El sector primario en el Producto Interno Bruto (PIB) Nacional está compuesto por las siguientes actividades: 1) la agricultura, 2) la cría y explotación de animales, 3) el aprovechamiento forestal, 4) la pesca y la caza, y 5) servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales. En los últimos 26 años la participación de este sector en el PIB Nacional no ha logrado superar el 3.75 por ciento que consiguió en 1995. Sin duda la agricultura y el medio rural en México, como sucede en gran parte del mundo tiene una importancia más social, cultural y demográfica que económica en sí misma.

En el periodo mostrado, la participación de las actividades del sector primario se dividió en promedio de la siguiente manera: la agricultura es la actividad más importante con el 60%, seguido por la cría y explotación de animales con el 33%, después el aprovechamiento forestal con el 4%, enseguida la pesca y la caza con el 2.5% y finalmente los servicios relacionados con estas actividades el 0.5%.

Es importante destacar que la cifra de la actividad agrícola está representada casi en su totalidad por frutas, hortalizas y flores, que son los cultivos que han sido

rentables en los últimos 26 años, los que se han beneficiado con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Porque el TLCAN, ahora T-MEC, solo ha favorecido a los medianos y grandes productores de estos cultivos mencionados (Olmedo-Carranza, 2009). También productos como el café o la caña de azúcar ocupan un lugar relevante, aunque en descenso. Mientras que los cereales (maíz, trigo, sorgo, soja, arroz) y los cultivos industriales (caña de azúcar, tabaco, café y algodón) han ido a la baja con su productividad y en el caso del maíz, alimento básico del país, cada vez depende más de las importaciones (Moreno-Saenz, González-Andrade y Matus-Gardea, 2016). Por ello, es urgente sacar del T-MEC a los granos básicos como el maíz, trigo, frijol, sorgo, soja y arroz, porque los nacionales están en desventaja con los productores fuertemente subsidiados de Estados Unidos y Canadá, especialmente los pequeños productores.

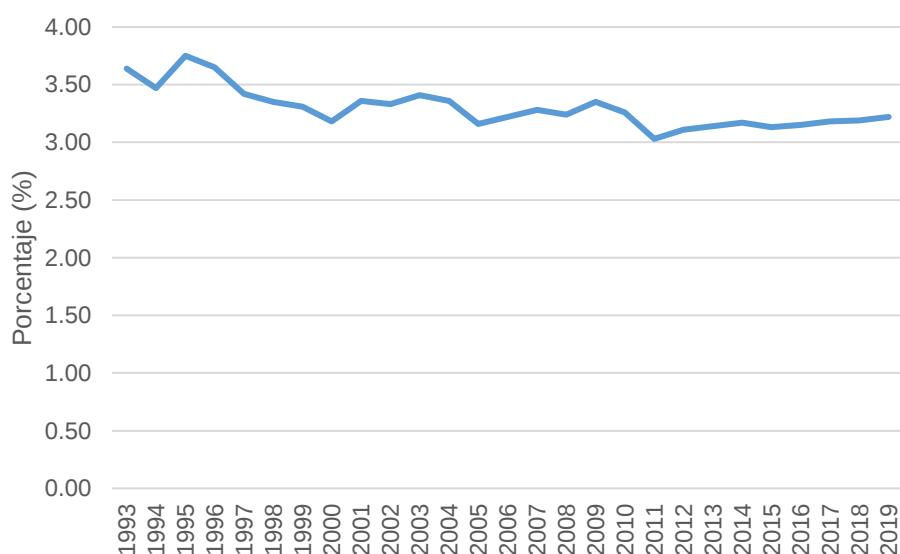


Figura 2. Participación del sector primario en el PIB en porcentaje, 1993-2019.
Fuente: INEGI, 2020.

Asimismo, la industria alimentaria y la industria de las bebidas y del tabaco superan con el 33% a la actividad agrícola, ganadera y pesquera o sea el campo ha generado mayores condiciones económicas al generar un valor añadido en la continuidad de sus procesos a través de la industria de la alimentación. Por

ejemplo, en los resultados del PIB anual de 2019, la industria alimentaria aportó \$685,787 millones de pesos y la industria de las bebidas y del tabaco \$173,986 millones de pesos. Mientras la agricultura, ganadería y pesca \$572,681 millones de pesos (INEGI, 2020).

Por su parte, las sociedades rurales tienen diversas funciones, a pesar de los debates sobre el incremento en la importación de granos básicos como el maíz (González, 2018), aún tienen un papel preponderante en la producción de alimentos de la actividad agropecuaria y pesquera. Específicamente, Robles (2016) expone en su trabajo que la pequeña unidad de producción agropecuaria y forestal (< 5 ha) predomina en el campo nacional, porque produce una parte importante de los alimentos. A pesar que la pequeña agricultura no cuenta con las mejores condiciones para producir, el Censo Agrícola, Ganadero y Forestal de 2007 mostró que siete de cada diez productores que siembran maíz (blanco o amarillo) y seis de cada diez productores de frijol tiene menos de 5 hectáreas (INEGI, 2008).

El minifundio se ha incrementado como uno de los resultados de las reformas al agro de 1992. Aunque éste se relaciona directamente con la pobreza y se señala como una limitante para el desarrollo rural, la solución a los problemas del campo no se encuentra en su eliminación, más bien se trata de promover el minifundismo para que logre un nivel productivo e ingresos que traigan bienestar para los campesinos, sus familias (Warman, 2001).

A través de los años la población rural y la actividad agrícola han ido reduciendo su participación. En la primera mitad del siglo XX la mayoría de los mexicanos vivía en la zona rural (ver figura 3). Por ejemplo, en los treinta el 66.5% de la población habitaba en la ruralidad, en los cuarenta el 65 y en los cincuenta el 57.4%. Además, en aquella época la agricultura era una actividad que destacaba a nivel nacional, en 1969 Rodolfo Stavenhagen (1996) escribió que los países subdesarrollados eran países agrarios, no tanto porque la población rural predominaba, más bien porque sus economías se basaban principalmente en la

agricultura. Incluso, el tamaño del sector agrícola se tomaba como un indicador para determinar su estatus de país subdesarrollado.

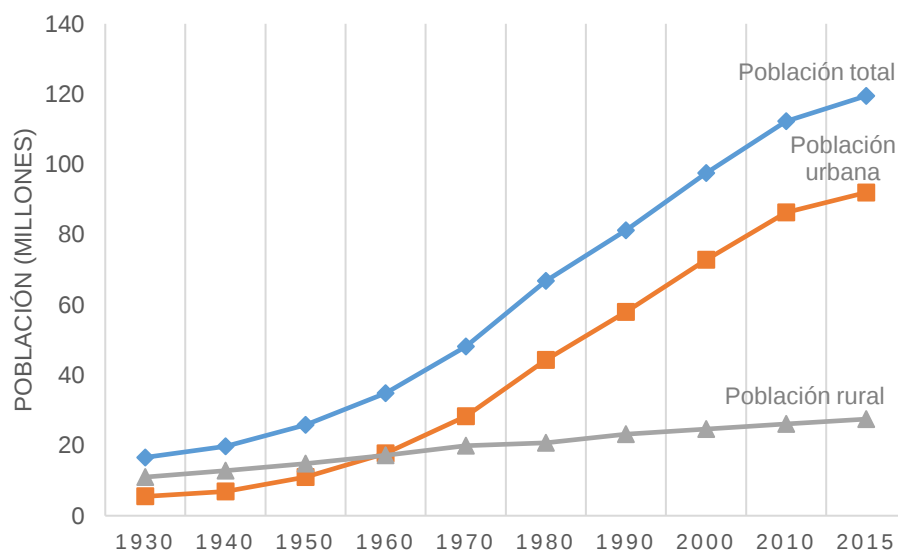


Figura 3. Población total, urbana y rural en México (1930-2015).
Fuente: INEGI, 2011; INEGI, 2016.

Además, las tasas de pobreza de las zonas rurales son más altas que la de las zonas urbanas. Hay un evidente abandono al campo, lo que obliga la emigración de su población, a vender o rentar sus tierras a un bajo precio, o aumentar la pluriactividad y la feminización de las actividades agrícolas al incorporarse más mujeres a las labores productivas, sustituyendo a los hombres que migraron. Aunque esta última es considerada una de las peculiaridades de los campesinos de toda la vida, históricamente los campesinos han practicado en diferentes periodos del año la agricultura, la pesca, la silvicultura, la apicultura o las artesanías y la construcción.

La migración campo-ciudad es un fenómeno que tiene sus orígenes desde los sesenta. Algunos emigran a Estados Unidos, otros se quedan en las ciudades mexicanas y existe un grupo, especialmente de Guerrero, Oaxaca y Chiapas que se van con todo y familia a trabajar como jornaleros agrícolas en los campos del noroeste del país, con la esperanza de mejorar sus condiciones de vida. Sin

embargo, se han documentado violaciones a sus derechos laborales y en algunos casos discriminación (Ortíz, 2007).

Como un resultado de la migración, se encuentra el envejecimiento gradual de la población rural. Específicamente de los productores, el 76% se encuentra arriba de los 45 años de edad: el 37.8% tiene entre 46 y 60 años, el 28.8% están entre 61 y 75, y 9.8% supera los 76 (INEGI, 2018). Para Warman (2001), la edad avanzada de los campesinos los ha hecho conservadores y resistentes a los riesgos e innovaciones.

Las sociedades rurales se han ido diversificando, las actividades no agrícolas cada vez representan más el sustento de los hogares de estas zonas. Además, las remesas han pasado a ser la principal fuente de ingreso en estos hogares, los cuales complementan con programas productivos o de protección social (INEGI, 2018). En 2020, a pesar de la pandemia, fue un año con un alto crecimiento del ingreso para el país como resultado del envío de las remesas.

La pobreza y marginación también ha golpeado fuertemente al campo. Aunque existen diferentes tipos de pobreza, en 2018 se estimó que el 55.3% de la población rural vivía en condiciones de pobreza, mientras que en la urbana sólo el 37.6% (CONEVAL, 2019). Además, en el campo también viven pobreza alimentaria, es decir, cuando hay carencia por acceso a la alimentación, considerada como una de las más crueles. El problema de alimentación es más agudo en su mayoría en la población indígena y rural que habita en la región sur del país. La Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares en 2012 estimó que casi una tercera parte de la población indígena y casi un tercio de la población rural sufre de carencia alimentaria (INEGI, 2013). Lo anterior es el resultado del régimen agroalimentario mundial que tiene el control de la provisión de los alimentos.

El tema del acceso a educación, salud y servicios es otro de los aspectos que ha estado en discusión en los diferentes foros sobre los derechos y calidad de vida de la población rural (ver cuadro 1). Por ejemplo, en 2013 solamente el 31 por

ciento de las localidades rurales contaban con preparatoria, ninguna con hospital, se limitaban a centros de salud o clínicas que tenían cobertura del 70.3 por ciento.

Cuadro 1. Acceso a servicios en las comunidades rurales. México, 2013.

SERVICIOS	TOTAL DE LOCALIDADES (%)
Porcentaje de localidades con escuelas del nivel	
Preescolar	96.4
Primaria	97.3
Secundaria	77.5
Preparatoria	31
Porcentaje de localidades con servicio de salud del tipo	
Hospitales	0
Centros de salud/Clínicas	70.3
Médicos/Enfermeros	25.2
Farmacias	36
Clínicas/Consultorios privados	16.2
Porcentaje de localidades con servicios financieros del tipo	
Bancos	1.8
Cajeros automáticos	3.6
Cajas de ahorro	2.7
Prestamistas informales	19
Porcentaje de localidades con servicios gubernamentales del tipo	
Tienda DICONSA	56.8
Oficina SAGARPA (CADER)	7.2
Porcentaje de localidades con servicios privados varios	
Tianguis	21.6
Hoteles, posadas, restaurantes y loncherías	38.7
Talleres y otros servicios	4.5
Porcentaje de localidades con servicios de comunicación del tipo	
Caseta telefónica	42.3
Señal para celular	68.5
Internet	55

Fuente: CONEVAL, 2015.

En 2018 la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), publicó el trabajo *México rural del siglo XXI*. Se presentan una serie de datos que describen las condiciones sociales y económicas en que se encuentra esta porción de la población mexicana; inicia mencionando que el papel de la mujer rural ha ido adquiriendo relevancia y lo ejemplifica mencionando que el 18% de los terrenos agrícolas se encuentran en propiedad de mujeres, en comparación con el 1% de hace treinta años. Las mujeres tienen un papel protagónico en la comunidad y el hogar,

porque están a cargo del cuidado y educación de los niños, de las actividades domésticas, agropecuarias y artesanales. Sin embargo, todavía no se logra la equidad entre hombres y mujeres, por ejemplo, son minoría las que han logrado conseguir algún cargo en la comunidad o ejido, y todavía el índice educativo en hombres es más alto que en mujeres. La migración, preferentemente masculina, va dejando la agricultura y la ganadería familiar cada vez más en manos de las mujeres (FAO, 2018a).

En materia de organización, el sector agrícola se encuentra rezagado, solamente 10.2% de los hogares rurales se organizan para vender sus productos, lo cual llevan a cabo mediante asociaciones agrícolas locales (CONEVAL, 2015). Algunos desconfían de este tipo de organizaciones porque han tenido o han sabido de malas experiencias y prefieren realizar las ventas por cuenta propia. También es común que se organicen con familiares o vecinos de la comunidad para sus ventas, pero no forman oficialmente alguna organización.

En los últimos años algunas sociedades rurales han sido golpeadas de diferentes formas por el crimen organizado y por los megaproyectos de empresas de fractura hidráulica o *fracking*, mineras, eólicas o construcción de carreteras o vías de tren como el controvertido Tren Maya en la Península de Yucatán. En el caso de los proyectos o megaproyectos de energía eólica en la región del Istmo de Tehuantepec en el estado de Oaxaca, se ha demostrado que ha traído efectos negativos para los pobladores locales, puesto que la política energética expansiva de México entra en conflicto con los derechos de los indígenas, ocasionando la violación de los derechos de los locales porque se llevan a cabo tácticas de negociación injustas (Hamister, 2012). Además, se han documentado casos donde alguna de estas empresas contrata los servicios del crimen organizado para intimidar a los pobladores locales que están en contra del desarrollo de su proyecto.

2.5. La propuesta de desarrollo rural de la SADER y de Bienestar

El primero de diciembre de 2018 inició la administración federal de Andrés Manuel López Obrador (AMLO), con él se habló de la cuarta transformación de México², la cual se caracteriza por un cambio radical en la vida política y social del país. Dentro de las propuestas de AMLO destacó la separación del poder político y el económico, y luchar contra la corrupción que ha lastimado tanto al país.

La administración de AMLO tiene un reto difícil en el campo, porque el deterioro ambiental y socioeconómico en que éste se encuentra lo convierte en un gran reto para el gobierno. La tarea se le asignó a la nueva Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) antes Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), a cargo del Dr. Víctor Villalobos Arámbulo y a la Secretaría del Bienestar, dirigida por la Ing. María Luisa Albores González.

La estrategia para el campo se diseñó considerando a los pequeños productores como sujetos prioritarios. En los programas se clasificó a los productores en dos estratos, los pequeños tienen hasta 5 hectáreas de temporal o hasta 0.2 has de riego, y los medianos tienen más de 5 has y hasta 20 de temporal o más de 0.2 y hasta 5 has de riego. La propuesta se enfoca en los siguientes tres elementos: el primero es el incremento de la productividad sin extender la frontera agrícola, esperando aprovechar las tierras al máximo; el segundo es una reducción de la explotación de recursos en un 50%, considerando el uso de tecnología adecuada para el uso de suelo y aprovechamiento del recurso hídrico; y el tercero es incorporar una agricultura más inclusiva para los diferentes tipos de agricultores del país, esto involucra políticas diferenciadas para las distintas zonas de la república mexicana.

² La primera transformación se alude a la Guerra de Independencia (1810-1821). La segunda transformación se identifica a la Guerra de Reforma (1858-1861). Y la tercera a la Revolución Mexicana (1910-1917).

Asimismo, esta estrategia cayó en cuatro programas base, tres de la SADER y uno de la Secretaría de Bienestar. De la SADER: 1) el programa de producción para el bienestar, 2) precios de garantía a productos alimentarios básicos, 3) producción de fertilizantes, y de la Secretaría de Bienestar: 4) Sembrando Vida. Empero, la SADER también promocionó otros programas como el de Sanidad e inocuidad agroalimentaria, el de abasto rural, el de abasto social de leche y el de fomento a la agricultura, ganadería, pesca y acuicultura. En todos los programas se planteó que los apoyos se otorguen directamente a los beneficiarios para evitar que se queden en manos de organizaciones supuestamente campesinas, o incluso de funcionarios.

Una de las metas de la administración actual es reducir de forma gradual la dependencia de las importaciones de productos básicos, específicamente del maíz, frijol y trigo harinero. Para lograrlo el *programa de producción para el bienestar* es la punta de lanza para incrementar la producción nacional de grano y contribuir a fortalecer la autosuficiencia alimentaria. La población objetivo está conformada por pequeños y medianos productores de granos (maíz, frijol, trigo panificable, arroz, amaranto, chía y sistema milpa), caña de azúcar y café. En 2020 a este programa se le asignó un monto de once mil millones de pesos. El apoyo se limita a productores que tengan hasta 20 hectáreas de temporal o hasta 5 de riego, aunque en ciertos casos también incluye a productores con más de 20 hasta 30 hectáreas de temporal cuando el excedente sea por albaceazgo, tutela, patria potestad u otra figura de representación legal. Las cuotas dependen del cultivo, para granos al pequeño productor se le asignan 1,600.00 pesos por hectárea y al mediano 1,000.00 pesos. La cuota para café es de 5,000.00 pesos para pequeños y medianos productores, y para la caña de azúcar es de 7,300.00 pesos para pequeños y medianos productores. En los lineamientos del programa se menciona que tendrán prioridad los predios ubicados en localidades indígenas de alta y muy alta marginación, y que el programa vendrá acompañado de capacitación y acompañamiento técnico-organizativo dirigido a los productores para facilitarles la adopción de innovación tecnológica, mejorar sus prácticas agrícolas e incrementar sus rendimientos (SADER, 2020a).

El programa de precios de garantía a productos alimentarios básicos 2020 está a cargo de la Seguridad Alimentaria Mexicana (Segalmex), organismo descentralizado de la SADER que es el resultado de una fusión entre los recursos y la estructura de LICONSA y DICONSA para centralizar la compra y subsidio de productos agropecuarios en beneficio de la población rural. El objetivo de este programa es incrementar el ingreso de los pequeños productores agropecuarios, para contribuir a mejorar su nivel de vida, mediante el establecimiento de “Precios de Garantía” (ver cuadro 2). El programa es anual y su población objetivo también son los pequeños y medianos productores de maíz para consumo humano, frijol, arroz, trigo panificable y cristalino, y leche. El presupuesto asignado para precios de garantía en 2020 fue de diez mil millones de pesos. Dentro de sus lineamientos de operación se menciona que la difusión será por diversas plataformas y en diferentes lenguas, para tener mejor cobertura (SADER, 2020b).

Cuadro 2. Descripción programa Precios de Garantía.

Producto	Superficie (ha)	Ciclo Productivo	Precio de Garantía \$/Ton	Volumen máximo productor
Maíz blanco	Hasta 5 de temporal	Primavera-Verano 2020	5,610	20 toneladas
Frijol	Hasta 20 de temporal y hasta 5 de riego	Primavera-Verano 2020	14,500	15 toneladas
Arroz	_____	Otoño-Invierno 2019 /Primavera-Verano 2020	6,120	120 toneladas
Trigo panificable	_____	Otoño-Invierno 2019 /Primavera-Verano 2020	5,790	100 toneladas
Leche	_____	DIARIO	8.20 \$/litro	15 litros por vaca

Fuente: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019b.

Todavía es muy temprano para evaluar los resultados de los programas para el campo de la actual administración federal, lo que queda claro es que los problemas y el rezago es muy grande y que revertir una situación tan desfavorable para los pequeños productores rurales es una tarea compleja y que las resistencias de quienes quieren descarrilar las políticas del gobierno, también son muy grandes. Además, hay una distancia importante entre los planes y su

correcta ejecución. La problemática generada por la pandemia hacia el medio rural es otro gran tema que deberá evaluarse con posterioridad, una vez que sus efectos sean más evidentes.

Asimismo, en el programa se menciona que cuando se determine, se podrán ejecutar programas emergentes de acopio. La leche LINCONSA continuará realizando las compras de leche fluida a pequeños y medianos productores a un precio justo, el precio por litro y las compras serán permanentes a lo largo del año. Los pequeños productores son aquellos que tienen entre 1 y 35 vacas y medianos de 36 a 100 vacas. Hasta 2020 se han utilizado los centros de acopio existentes.

El *programa de fertilizantes para el bienestar* busca asegurar a los productores agrícolas de pequeña escala los fertilizantes nitrogenados y fosfatados a precios accesibles, al mismo tiempo que disminuye la dependencia de fertilizantes importados y apoyando su capacidad de producción. Es el programa con presupuesto más bajo de los cuatro mencionados con 1,310 millones de pesos. Hasta 2020, la cobertura del programa se limitaba a las zonas de atención en los estados de Guerrero, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala (conforme al anexo IV de las Reglas de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2020), a productores de pequeña escala de cultivos prioritarios. Por medio de los Centro de Distribución Segalmex, los Distritos de Desarrollo Riego (DDR) y los Centros de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) se entregarán los paquetes de fertilizantes sintéticos y orgánicos. La SADER aseguró contar con el respaldo técnico de instituciones para desarrollar las fórmulas adecuadas para cada tipo de suelo como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). En 2020 se entregaron hasta 600 kilogramos por productor, cada zona tiene un paquete diferente (SADER, 2020c).

La segunda parte de la estrategia para el campo se encuentra en el *Programa Sembrando Vida* de la Secretaría de Bienestar. Este programa busca incentivar a las/los sujetos agrarios a establecer sistemas productivos agroforestales, que combina la producción de los cultivos tradicionales en conjuntos con árboles frutícolas y maderables, y el sistema de Milpa Intercalada entre Árboles Frutales (MIAF), con esto se espera generar empleos, incentivar la autosuficiencia alimentaria y mejorar los ingresos de las y los pobladores, al mismo tiempo que se recupera la cobertura forestal de un millón setenta y cinco mil hectáreas en el país. El objetivo general del programa es que las/los sujetos agrarios que se encuentran en municipios de rezago social cuentan con ingresos suficientes para hacer productiva la tierra. Para lograrlo proporcionan apoyos económicos, en especie y en acompañamiento técnico para la implementación de sistemas agroforestales otorgado. La cobertura del programa incluye a 20 entidades del país: 1. Campeche, 2. Chiapas, 3. Chihuahua, 4. Colima, 5. Durango, 6. Guerrero, 7. Hidalgo, 8. Michoacán, 9. Morelos, 10. Nayarit, 11. Oaxaca, 12. Puebla, 13. Quintana Roo, 14. San Luis Potosí, 15. Sinaloa, 16. Tabasco, 17. Tamaulipas, 18. Tlaxcala, 19. Veracruz, y 20. Yucatán. La población objetivo son aquellos sujetos agrarios mayores de edad que habitan en localidades rurales, en municipios con niveles de rezago social y en propietarios o poseedores de 2.5 hectáreas disponibles para ser trabajadas en un proyecto agroforestal. La/el sujeto de derecho, que a mes vencido haya cumplido con su programa de trabajo, recibirá un apoyo económico de 5,000.00 pesos donde 500.00 pesos se destinará como ahorro de la/el sujeto de derecho, de esa cantidad 250 pesos se destinarán a una inversión de ahorro en una institución financiera y 250 pesos al Fondo de Bienestar.

Queda claro que la estrategia de este gobierno está enfocada para atender prioritariamente a los pequeños y medianos productores, pero si se habla de incrementar la autosuficiencia alimentaria debe de trabajarse de una forma integral, incluyendo a pequeños, medianos y grandes. Asimismo, la estrategia debe ser más amplia, garantizar que la asistencia técnica se lleve a cabo, llegue al mayor número de usuarios posibles y sea eficiente. El objetivo es empoderar

a los pequeños y medianos productores, para que ellos puedan crecer y ser autosuficientes en un determinado momento.

Por último, la estrategia de la SADER debe reconocer el valor de la agricultura campesina, una agricultura que casi como un “milagro” ha sido capaz de subsistir, pero no se tiene la certeza cuánto tiempo logrará continuar haciéndolo. Es primordial entender que los pequeños y medianos productores, como se identifica a campesinos y pequeños agricultores, ofrecen servicios eco-sistémicos y recompensarlos por ello.

2.6. Conclusiones

El saldo de los modelos productivos rurales (agropecuarios, forestales, pequeros y extractivos) implementados en el país durante el siglo XX han dejado un gran aprendizaje: existen aspectos socioculturales y ambientales que van más allá de la productividad y que el campesinado y su conocimiento es algo que se debe rescatar, no sólo como un imperativo moral sino por sus aportaciones alimentarias, culturales y ecológicas.

Shanin (1979) afirma que el campesinado no forma parte del concepto general de sociedad contemporánea. Sin embargo, han logrado resistir, a pesar de los esfuerzos directos o indirectos por desaparecerlos. Porque la organización campesina real ha fungido como la pared que limita la expansión capitalista.

Para la Vía Campesina³ el rescate de los campesinos como opción no significa solamente regresar al campo y volverse los productores de los alimentos, porque no se puede regresar el tiempo atrás y es difícil “ruralizar” la economía y “campesinizar” a todo el mundo. La estrategia estaría en la forma de reproducir los modelos de desarrollo: eliminar el poder de las empresas transnacionales de alimentos, agroquímicos y semillas, que comúnmente funcionan como monopolios, y actúan sin escrúpulos ni respecto hacia la sociedad y recursos

³ La Vía Campesina es un movimiento internacional que reúne a millones de campesinos, agricultores pequeños y medianos, sin tierra, jóvenes y mujeres rurales, indígenas, migrantes y trabajadores agrícolas de todo el mundo (La Vía Campesina, 2020).

naturales; desterrar las prácticas de la agricultura convencional que deterioran los recursos naturales como el monocultivo en grandes extensiones; buscar hilar tejidos comunitarios; reconocer el valor de la economía campesina (Prada, 2014); ver a la economía social y solidaria como una aliada dentro de las organizaciones campesinas. La propuesta de la nueva administración federal lleva en cierta parte el objetivo de rescatar a los campesinos y pequeños agricultores al convertirlos en los usuarios prioritarios de sus programas. Sin embargo, quedó bastante restringida, el primer aspecto es que está limitada en cuanto al número de hectáreas, dejó fuera muchos pequeños agricultores que requieren de estos apoyos pero que superan por poco las hectáreas estipuladas. Además, se necesita reconocer a los campesinos y pequeños agricultores como plurifuncionales, porque si se empiezan a ver así, entonces los apoyos se quedan cortos por todas las funciones que éstos cubren.

A pesar de las tendencias modernizadoras y las políticas de desarrollo rural impulsadas por el Estado a favor de los grandes productores rurales, la resistencia y persistencia campesina ha estado presente a lo largo de todo el siglo XX, además representan estrategias de sobrevivencia basadas en la multi y plurifuncionalidad de la economía familiar en el campo.

III. BIOENERGÍA Y LA DISCUSIÓN DE LOS CULTIVOS ENERGÉTICOS

3.1. Introducción

La bioenergía representa una de las diversas opciones energéticas que se proponen para reducir la dependencia mundial hacia los combustibles de origen fósil. Específicamente, la producción de biocombustibles líquidos como el bioetanol y biodiesel a partir de especies agrícolas se ha promovido como una oportunidad para el desarrollo rural, porque tienen el potencial para contribuir en problemas agrarios como el desempleo, la emigración rural y el abandono de las tierras (Nava-García y Doldán-García, 2014). En el caso de México, esta producción resulta atractiva considerando el escenario de crisis que se encuentra el sector rural, particularmente la situación de marginación y exclusión que están los pequeños productores y campesinos, como se describió en el capítulo anterior.

No obstante, es indispensable hacer un análisis donde se incluyan los factores económicos, ambientales y sociales que rodean la producción de biocombustibles líquidos a partir de cultivos energéticos. En el presente capítulo se analiza este tipo de producción y se hace un esfuerzo por identificar los efectos positivos y negativos que podrían generarse con este tipo de producciones bioenergéticas. El trabajo se enfoca un poco más en los proyectos medianos y grandes, operados en su mayoría por empresas particulares. Modelos industriales que han sido estudiados y evaluados por organismos internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Asociación Global de Bioenergía (GBEP), por mencionar algunas.

El capítulo se divide en tres secciones: en la primera (3.1 y 3.2) se hace una breve descripción de los diferentes tipos de bioenergía, y de los procesos y materias primas más populares en el mercado. En esta parte se hace un esfuerzo por compartir lo heterogéneo que es este tipo de energía, las tecnologías que

están desarrolladas y las que están aún en estudio, y la diversidad de fuentes de donde se pueden obtener. Por ejemplo, desde una simple transesterificación de aceite de soja para producir biodiésel, hasta una compleja hidrólisis y fermentación de materia lignocelulosa para bioetanol.

En la segunda (3.3) se presentan los usos más frecuentes del bioetanol y biodiésel como carburante y aditivos en los países productores más importantes, que también son los principales consumidores como Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea como región. En este apartado se muestran las materias primas que se utilizan para la producción de estos dos biocombustibles líquidos, con base en los datos internacionales de 2017 cultivos como el aceite de palma, soja y colza sobresalen como insumos para la generación de biodiésel, y la caña de azúcar, maíz y remolacha azucarera para el bioetanol. Considerando que las proyecciones estiman que en los próximos años las especies agrícolas seguirán liderando el mercado en los biocombustibles líquidos.

En la tercera parte (3.4), se incluye una descripción general de los marcos de evaluación de la FAO y del GBEP que permiten detectar los elementos en el área económica, ambiental y social que podrían verse afectados positiva y negativamente de este tipo de producciones. Lo que abre el debate para analizar cuáles son las condiciones en que este tipo de proyectos deben operar para que los beneficios sean verdaderos y superen las afectaciones, porque las experiencias en diversas partes del mundo han demostrado que no se puede hablar de desarrollo rural y sostenible cuando continúen los modelos de producción industrial, donde los grandes inversionistas se lleven las mejores ganancias, los campesinos sean simples espectadores y a costa de los recursos naturales.

3.2. La bioenergía, los tipos y los procesos para su producción

La bioenergía es un tipo de energía renovable, una de las formas más diversas que existen sobre la tierra, en algunos casos es abundante y sencilla de producir. La bioenergía se define como aquella que se deriva de los biocombustibles o

biocarburantes, identificándose a los biocombustibles como aquellos obtenidos directa o indirectamente de la biomasa. A su vez, la biomasa es de origen biológico como un cultivo agrícola, subproductos agrícolas y forestales, biomasa microbiana, estiércol, entre otros, dentro de esta categoría no se incluye el material de las formaciones geológicas y que se transforma en fósil (FAO, 2019a). Cuando se habla de bioenergía moderna se excluye al uso tradicional de la biomasa como fuente de energía a partir de la leña o carbón por combustión directa.

Existen diferentes clasificaciones de biocombustibles, con base en su estado, proceso de conversión, madurez de la tecnología utilizada y tipo de materia prima. La Red Mexicana de Bioenergía los clasificó según el estado del producto: 1) Biocombustibles sólidos: leña, carbón vegetal, residuos agrícolas, residuos forestales, pellets. 2) Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiésel y bioturbosina. 3) Biocombustibles gaseosos: biohidrógeno (hidrógeno) y biogás (metano) (Masera et al., 2011).

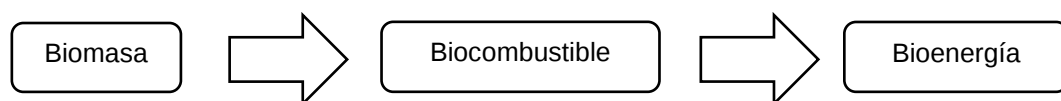


Figura 4. Producción de bioenergía.
Fuente: elaboración propia.

El mundo de la bioenergía es muy heterogéneo, hay una gran diversidad de materias primas y procesos, algunas son tecnologías maduras y otras están en desarrollo (ver figura 5). Es común que un proceso sea utilizado para producir más de un producto, o que de un tipo de biomasa se obtengan diferentes biocombustibles. A continuación, se presenta una breve descripción de algunas de las tecnologías más estudiadas.

La fermentación es un proceso antiguo en la industria de los alimentos, utiliza microorganismos para la producción de distintos compuestos orgánicos, existen diferentes variantes de la fermentación, como alcohólica, láctica, acética, butírica. En la fermentación alcohólica se usa frecuentemente la levadura *Saccharomyces*

cerevisiae para producir bioetanol a partir de glucosa, es un proceso desarrollado desde hace mucho tiempo. La fermentación butanodiólica es otra tecnología que se ha empezado a utilizar para obtener butanodiol, bioetanol y biohidrógeno también a partir de biomasa rica en glucosa, todo esto con la ayuda del grupo de bacterias de los géneros *Serratia*, *Enterobacter* y *Bacillus* (Rivera-Vargas, Matsumoto-Kuwabara y Baquero-Parra, 2016).

La digestión anaerobia es un proceso donde se realiza la degradación biológica a temperaturas de 30 °C a 65 °C sin la presencia de oxígeno. Frecuentemente se utiliza para la producción de biogás, una mezcla de metano y CO₂, es un tipo de tecnología que se encuentra disponible. De los tres biocombustibles más populares (bioetanol, biodiésel y biogás), la producción de biogás a través de digestión anaerobia a partir de materia orgánica es la tecnología más desarrollada y viable hasta el momento en México (Paredes-Cervantes, et al., 2020). Incluso, en las últimas dos administraciones federales se estuvieron promoviendo programas para la promoción de este biocombustible.

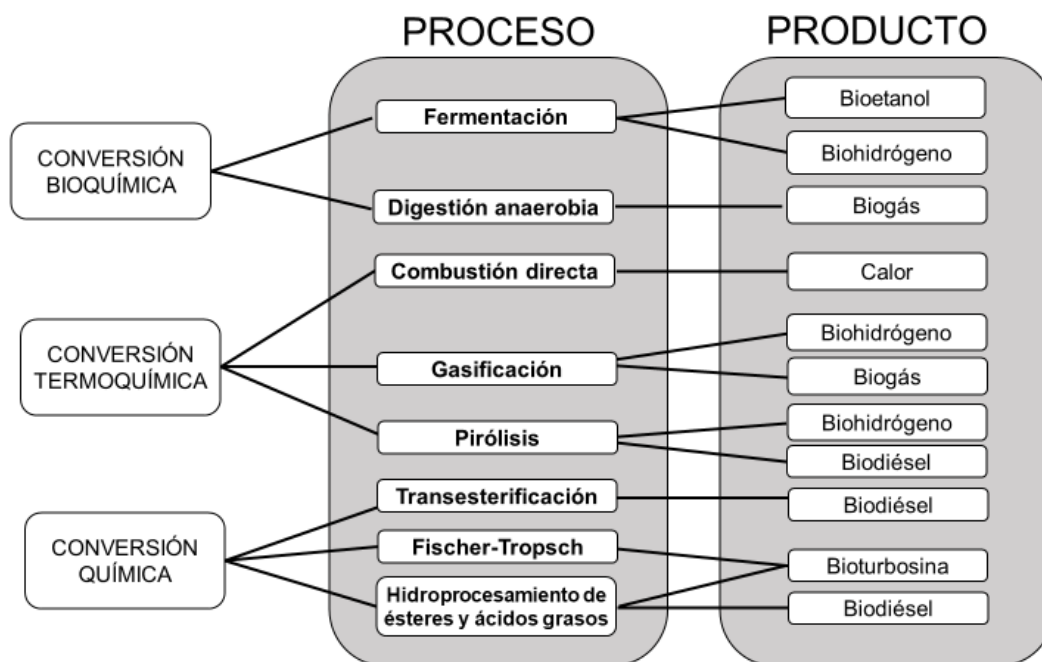


Figura 5. Procesos básicos de la transformación de la biomasa.
Fuente: elaboración propia.

El proceso más antiguo y popular es la combustión directa para la producción de calor a partir de leña y carbón. Este proceso se practica comúnmente en algunos hogares para la calefacción o para cocinar, especialmente en las zonas rurales de los países de economías emergentes, donde la leña es la principal fuente de energía. Sin embargo, esta tecnología es considerada obsoleta o menos ecológica que las otras, porque se producen generosas cifras de emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y carbono negro (Savolahti, et al., 2016).

La pirolisis para la obtención de biodiésel y biohidrógeno es un proceso eficiente y prometedor porque al llevarse a cabo en ausencia de oxígeno se evita la combustión directa de la biomasa y las emisiones que se generan en este proceso, entre otras bondades tecnológicas. Existen diferentes tipos de pirolisis en función de la velocidad y tiempo del calentamiento, como la pirolisis convencional, carbonización, pirolisis rápida, pirolisis flash de gases, pirolisis ultra rápida, pirolisis a vacío, hidro-pirolisis y metano pirolisis, pero ninguna de estas se encuentra completamente desarrollada con respecto a sus aplicaciones comerciales (Jahirul et al., 2012), aún no logran ser competitivos en comparación con los combustibles de origen fósil.

De los tres diferentes procesos para la obtención de biohidrógeno: fermentación, gasificación y pirolisis, el segundo es el más viable económica y tecnológicamente (Balat y Kirtay, 2010). Es un proceso limpio y altamente eficiente para la producción de biohidrógeno, una fuente secundaria de energía que regularmente se utiliza para la producción de electricidad; algunos lo identifican como la energía del futuro (Ibidem).

La gasificación es un proceso termo-químico que utiliza comúnmente biomasa de origen leñoso para transformarlo en gas con poder calorífico bajo o medio, se emplea frecuentemente para la obtención de biogás, biohidrógeno y gas de síntesis conocido como *syngas*⁴ que posteriormente puede ser transformado en

⁴ Combustible gaseoso conformado principalmente de monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2).

biocombustibles y electricidad. En China se ha estado desarrollando un sistema de ciclo de gasificación integrado combinado con captura y almacenamiento de carbono (CBECCS, por sus siglas en inglés) para la generación de electricidad a partir de diferentes tipos de biomasa (carbón y residuos agrícolas y forestales) con producción neta negativa de carbono (Lu, et al., 2019).

La transesterificación es un proceso químico donde se obtiene biodiesel a partir de aceites vegetales o grasa animal. Es una reacción de un triéster de triglicérido con un alcohol para formar alquil ésteres y glicerol, un producto con valor en la industria química. Es el proceso más utilizado a nivel industrial, además que es una tecnología sencilla que puede emplearse de forma rústica a pequeña escala.

El proceso de Fischer-Tropsch fue desarrollado en Alemania en el primer cuarto del siglo XX, consiste en la transformación del gas de síntesis en hidrocarburos de cadenas largas como la bioturbosina, diésel verde, nafta y otros productos con alto valor agregado (Araujo-Ferrer, et al., 2013). El *syngas* es obtenido por gasificación de biomasa sólida como los residuos forestales y agrícolas.

El hidrogenación de ésteres y ácidos grasos (HEFA) es un proceso químico que se emplean para producción de bioturbosina y biodiésel a partir de aceites vegetales y grasa animal. Este proceso se lleva a cabo mediante reacciones de hidrogenación de dobles enlaces, descarboxilación, descarbonilación y desoxigenación para la obtención de parafinas.

Otra clasificación de los bioenergéticos es con base en al tipo de materia prima y avance tecnológico utilizado en el proceso de obtención: primera generación (1G), segunda generación (2G) y tercera generación (3G).

Los de primera generación (1G) emplean como materia prima desperdicios sólidos orgánicos, grasa animal, aceite de cocina usado, cultivos agrícolas ricos en carbohidratos (sacarosa y almidón) y cultivos oleaginosos (aceites vegetales). Se utilizan tecnologías maduras como la digestión anaerobia, transesterificación

y fermentación, estos biocombustibles son producidos y comercializados desde hace algunos años.

Cuadro 3. Clasificación de los Bioenergéticos con base en su tecnología.

Bioenergético	Sólidos	Líquidos	Gaseosos
1ra generación	Leña, carbón vegetal, bagazo de caña, pellets.	Bioetanol, biodiésel, y licor negro.	Biogás (metano), gas de síntesis
2da generación	Biochar, torrefactos, torpellets.	Bioetanol lignocelulósico, syndiesel, aceite de pirolisis y bioturbosina.	-----
3ra generación	-----	Biodiésel de algas, bioetanol de algas, bioturbosina de algas.	Biohidrógeno (hidrógeno)

Fuente: elaboración propia con datos de Masera et al., 2011.

Los de segunda generación (2G) utilizan residuos agrícolas y forestales (compuestos lignocelulósicos) como materia prima, su proceso es más complejo que los de primera generación, se cree pueda estar disponible a corto o mediano plazo y los costos de producción son más elevados que los combustibles fósiles. Comúnmente se utiliza la fermentación, la gasificación, hidroprocesamiento de ésteres y ácidos grasos (HEFA) y Fischer-Tropsch.

Lo que respecta a la tecnología de tercera generación (3G) también se espera que esté disponible a escala comercial a mediano plazo; una característica de estos es que pueden ser modificados genéticamente para optimizar el proceso. En esta clasificación se incluye a aquellos que capturan y almacenan directamente el dióxido de carbono y energía solar, tales como microorganismos y algas (Sepúlveda, 2012).

3.3. Materias primas para la producción de biocombustibles líquidos

Los biocombustibles líquidos se clasifican en alcoholes (bioetanol y biobutanol), ésteres (biodiésel) e hidrocarburos (bioturbosina, gasolina verde y biodiesel verde), y en su mayoría son utilizados en el sector transporte. Los más populares

son el bioetanol y el biodiésel, la bioturbosina ha empezado a ganar importancia en los últimos años.

El bioetanol o etanol carburante (C_2H_5OH) es un alcohol que puede ser obtenido del proceso de fermentación de materia rica en carbohidratos. La biomasa que más se emplea como materia prima para la producción de este biocombustible proviene de los cultivos energéticos, es decir, de especies agrícolas que tienen objetivo la producción de biocombustible, aunque también pueden ser utilizados para otros fines. La biomasa se clasifica con base a su estructura vegetal y a la forma en que almacena su energía: 1) sacarosa, 2) almidón, y 3) materia lignocelulosa.

Cuadro 4. Materias primas más comunes para la producción de los biocombustibles líquidos.

Biocombustible líquido	Biomasa o materia prima
Bioetanol	<i>Sacarosa (azúcar):</i> caña de azúcar, remolacha azucarera, sorgo dulce, melaza, entre otros.
	<i>Almidón:</i> cereales (maíz, trigo, cebada), tubérculos (yuca o mandioca, papa), y micro y macroalgas.
	<i>Lignocelulosa:</i> rastrojos de cereales, bagazo, cascarillas, olotes, virutas, restos de podas, raíces, hojas hortícolas no comestibles, envoltorio de frutas y semillas.
	<i>Macroalgas</i>
Biodiesel	<i>Cultivos oleaginosos:</i> Jatropha, soja, higuera, palma de aceite, colza o cártamo, girasol, camelina, entre otros.
	<i>Aceite residual:</i> aceite vegetal usado y residuos de grasa animal.
	<i>Microalgas.</i>
Bioturbosina	<i>Almidón:</i> cereales (maíz y trigo)
	<i>Cultivos oleaginosos:</i> Jatropha, higuera, camelina.
	<i>Aceite residual:</i> aceite vegetal usado y residuos de grasa animal.
	<i>Lignocelulosa:</i> rastrojos de cereales, bagazo, cascarillas, olotes, virutas, restos de podas, raíces, hojas hortícolas no comestibles, envoltorio de frutas y semillas.
	<i>Microalgas y Macroalgas.</i>

Fuente: elaboración propia.

El jugo de la caña de azúcar, sorgo dulce, remolacha azucarera, melaza, es biomasa rica en sacarosa, su proceso de conversión en bioetanol es sencillo compuesto por cuatro etapas: 1) molienda, 2) fermentación, 3) destilación y 4)

desnaturalización. Esta tecnología es utilizada desde hace décadas, incluso, se han desarrollado métodos para minimizar los efectos ambientales de la generación de subproductos y residuos de todo el proceso. Por ejemplo, han creado técnicas para el tratamiento de la vinaza⁵, para poder aprovecharla como alimento para ganado (Alonso-Gómez y Bello-Pérez, 2018).

La biomasa amilácea presente en el maíz, trigo, cebada, yuca (mandioca) y papa requiere dos pasos previos a la fermentación para convertir el almidón en glucosa. Estas dos etapas son la licuefacción para hidratar y dilatar con calor los gránulos de almidón, y la sacarificación para hidrolizar las moléculas de maltodextrinas a glucosa. Después es llevada a cabo la fermentación, destilación y desnaturalización.

Los compuestos lignocelulósicos son el principal componente de la pared celular de las plantas, están constituido de celulosa⁶ (40-60%), hemicelulosa⁷ (20-40%) y lignina, un compuesto fenólico que le proporciona resistencia y rigidez a la pared celular (10-25%). Dentro de esta biomasa se encuentran los residuos agrícolas y forestales, madera y residuos sólidos municipales con alto contenido en celulosa. Desde hace años se ha estudiado la viabilidad de este tipo de materia prima porque es considerada la biomasa más abundante y disponible sobre la tierra, además que es considerada una de las más amigable con el ambiente de todas las opciones que se han explorado hasta el momento. Este tipo de material puede utilizarse como insumo para obtener bioetanol, bioturbosina y electricidad. Empero, las tecnologías requeridas aún se encuentran en desarrollo, por eso se le considera biomasa de segunda generación, por ejemplo, para producir bioetanol se requiere de un pretratamiento y dos tipos de hidrólisis previos para poder llevar a cabo la fermentación de los azúcares presentes en forma de celulosa y hemicelulosa, lo que encarece el

⁵ La vinaza se produce en el proceso de destilación, es un líquido con pH ácido y alta demanda química de oxígeno (DQO) que si no tiene la disposición adecuada contamina los mantos freáticos.

⁶ Homopolisacárido compuesto de largas cadenas de β -glucosa.

⁷ Heteropolisacárido formado por monosacáridos como xilosa, arabinosa, galactosa, manosa, glucosa y ácido glucurónico.

proceso. Con base al trabajo de Kang et al. (2014) la viabilidad económica de esta tecnología se encuentra en las manos de la ingeniería genética, con el uso de microorganismos modificados genéticamente como la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la bacteria *Zymomonas mobilis* que tienen una alta tolerancia al alcohol y eficiencia de conversión.

El biodiésel es una mezcla de ésteres de alquilo con largas cadenas de ácidos grasos, es un biocombustible líquido que se puede obtener de cultivos oleaginosos como la *Jatropha*, higuera, cártamo, palma de aceite, girasol, colza o canola, soya, entre otros, del aceite vegetal usado, y de los residuos de grasa animal. Por este tipo de biomasa y la tecnología empleada (transesterificación) este biocombustible es considerado como de primera generación. El biodiesel que se produce a partir de cultivos oleaginosos tiene las características más cercanas al diésel del petróleo, porque el aceite vegetal usado tiene muchas impurezas y la grasa animal se encuentra en estado sólido, lo que puede causar algunos problemas en el sistema de producción (Castelar, Angulo y Cardozo, 2014).

Las algas, micro o macro, han sido consideradas como una prometedora materia prima para la producción de biocombustibles y bioenergía (Konda et al., 2015). Las macroalgas están compuestas por altos niveles de carbohidratos fermentables que pueden ser convertidos en bioetanol y biohidrógeno. Mientras que las microalgas tienen una cantidad considerable de lípidos y de carbohidratos que pueden ser simplificados en azúcares fermentables de donde se puede producir biodiésel, bioturbosina, bioetanol y biohidrógeno.

Las micro y macroalgas son un tipo de biomasa de tercera generación, están consideradas como la materia prima del futuro en el mercado de los biocombustibles, por los beneficios que conlleva. Primero, aunque no de forma directa, pueden obtenerse tres diferentes tipos de biocombustibles y otros productos que pueden integrarse a la cadena de valor; segundo, su reproducción no requiere el uso de tierra arable, agua y manejo especial; tercero, presenta rendimientos competitivos, se han demostrado rendimientos de producción de

lípidos a partir de microalgas de $59 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ (Castillo, et al., 2017); cuarto, este tipo de biomasa consume altas cantidades de CO_2 durante su crecimiento, lo que la pone en gran ventaja con los combustibles fósiles (Dalmas-Neto, et al., 2014); y quinto, tiene capacidad fitorremediadora y fijadora de nitrógeno, lo que le permite ser utilizada para el tratamiento de aguas residuales y como biofertilizante (Hernández-Pérez y Labbé, 2014). No obstante, la producción de biocombustibles a partir de microalgas todavía es un reto, por el alto costo de los medios de cultivo y de los procesos posteriores (extracción, purificación y transformación) a escala industrial. Por ejemplo, en el trabajo de Castillo et al. (2017) realizado en México estimaron un costo de \$5.8 dólares por kilogramo de biomasa.

La bioturbosina (bioquerosenos parafínicos sintéticos) es un biocombustible sintético que se utiliza como combustible en aviones, solo en la región latinoamericana se le conoce como bioturbosina, en inglés comúnmente se le identifica como *jet biofuel*, *biojet fuel*, *sustainable aviation fuels*, *alternative aviation fuels*, entre otros.

La biomasa para la producción de bioturbosina es bastante variada, se pueden clasificar tres rutas o vías: la primera es a partir de cultivos que contienen biomasa amilácea como el maíz y el trigo, que son utilizados para la alimentación humana; la segunda ruta es a partir del aceite de la semilla de cultivos oleaginosos como la *Jatropha*, higuera y camelina (cultivos considerados no alimenticios), aceite de cocina usado, grasa animal y compuestos lignocelulósicos; la tercera vía es a partir de algas (Wei et al., 2019).

Hasta el momento se han explorado diferentes procesos para la obtención de bioturbosina: centia, greasoline, bio-synfining, fischer-tropsch, hidroprocesamiento a partir de grasa animal y aceites vegetales, e hidrotratamiento de las parafinas obtenidas por fermentación de azúcares. Con base en el trabajo de Wei et al. (2019), la tecnología de hidroprocesamiento a partir de grasa animal y aceites vegetales, y el proceso de gasificación y fischer-

tropsch a partir de biomasa lignocelulósica prometen ser la tecnología que pueda ser viable a corto plazo.

3.4. Producción y uso de los biocombustibles líquidos

El bioetanol y biodiésel son los biocombustibles líquidos que se han usado como carburantes a nivel internacional. Ambos se producen y utilizan principalmente en Brasil y en Estados Unidos en diferentes mezclas, el bioetanol con gasolinas para motores de automóviles y el biodiesel para motores diésel principalmente de camiones, por ejemplo, la mezcla “E10” tiene 90 % de gasolina y 10 % de bioetanol y la mezcla “B20” tiene 80 % de diésel y 20 % de biodiésel.

En Brasil se ha producido bioetanol a escala comercial desde la década de 1970; la producción inició con el proyecto gubernamental “PróÁlcool” en 1974. Aunque en la actualidad no es el mayor productor a nivel global, ha logrado importantes avances en la materia, por ejemplo, en 2003 empezó la producción de vehículos con la tecnología “flex-fuel” que les permite funcionar con cualquier proporción de bioetanol y gasolina (E10, E15, E20 o E100). Además, el aumento de los precios de la gasolina en ese país ha mejorado las perspectivas para las ventas de bioetanol y lo ha vuelto más atractivo para los consumidores (Teixeira, 2019).

A principios de la década de 2000, Estados Unidos empezó a fomentar más la producción y uso del bioetanol, especialmente a partir de maíz amarillo, como biocombustible en el sector transporte. Actualmente es el productor más importante a nivel mundial, en 2017 produjo el 58 % (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, 2019). El gobierno de este país ofrece cuantiosos subsidios a los agricultores de maíz, lo que les permite producirlo más barato y obtener bioetanol a precios competitivos. Gran parte de la gasolina vendida en esa nación contiene un porcentaje de bioetanol, las mezclas varían según la región, en promedio el etanol no supera el 10 por ciento (E10), cantidad máxima que pueden utilizar todos los vehículos sin afectaciones en los motores, según la Administración Energética de los Estados Unidos (EIA, 2018).

Cuadro 5. Producción mundial de bioetanol y biodiésel 2017 (millones de toneladas).

Bioetanol		Biodiésel	
País	Mton	País	Mton
Estados Unidos	59.81	Estados Unidos	6.10
Brasil	26.73	Brasil	3.75
China	3.31	Alemania	3.10
Canadá	1.70	Indonesia	2.92
Tailandia	1.50	Argentina	2.87
Argentina	1.17	Francia	1.90
India	1.06	España	1.90
Francia	1.00	Holanda	1.60
Alemania	0.90	Tailandia	1.20
Reino Unido	0.70	Singapur	1.05
Hungría	0.60	Polonia	0.90
Holanda	0.50	Italia	0.80
Colombia	0.50	Malasia	0.72
España	0.40	Colombia	0.54
Italia	0.30	Bélgica	0.50
Polonia	0.30	Finlandia	0.50
Filipinas	0.22	China	0.44
Perú	0.09	Portugal	0.40
Pakistán	0.01	Reino Unido	0.40
<i>Resto del mundo</i>	<i>1.60</i>	Austria	0.30
TOTAL	102.395	<i>Resto del mundo</i>	<i>3.92</i>
		TOTAL	35.81

Fuente: Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, 2019.

China se ha convertido en el tercer productor más importante de bioetanol a partir de granos como el maíz. En septiembre de 2017 China anunció un plan para la producción y promoción de bioetanol para ser utilizado como combustible en el sector transporte; su plan proponía lograr para 2020 el uso de bioetanol a nivel nacional en la mezcla al 10 %, pero solo han logrado el 3.5 % en algunas partes. Asimismo, para 2025 espera poder cambiar de materia prima, de los granos al material lignocelulósico, bioetanol de segunda generación (United States Department of Agriculture, 2017). Japón no figura como un productor asiático importante, pero es un usuario destacado, en 2019 compró de los mercados

internacionales el 15 % de las importaciones globales de bioetanol (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2020).

El bioetanol que se produce en la Unión Europea proviene de diferentes tipos de biomasa, y como región produjeron el 5.2 % del bioetanol total en 2017. Las principales materias primas por nivel de importancia son: trigo, maíz, remolacha azucarera y biomasa lignocelulósica en una pequeña cantidad (European Renewable Ethanol, 2018). Los principales productores son Francia, Alemania, Reino Unido, Hungría, Holanda y España.

El biodiésel se utiliza en los motores diésel en distintas mezclas, comúnmente se emplean concentraciones de 2, 5 o 20 % (B2, B5, B20), respectivamente. En los lugares fríos se utiliza el B2 y B5 porque este biocombustible es sensible a las bajas temperaturas, requiere de un anticongelante especial. En 2017 las materias primas más utilizadas fueron la palma de aceite con el 31 %, la soya con el 27 %, la colza o canola con el 20 %, el aceite de cocina usado con el 10 %, grasa animal 7 % y 5 % de otras fuentes (Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen, 2019).

Estados Unidos es el principal productor de biodiésel en el mundo con el 17 por ciento, la mitad de su producción proviene de la soya (3 Mton). En este país utilizan generalmente la mezcla del 20 % (B20) en autobuses del transporte público, camiones recolectores de basura, camiones del correo y vehículos militares; las mezclas del 2 y 5 % generalmente son usados en los camiones industriales porque el biodiésel tiene excelentes propiedades lubricantes (EIA, 2020).

Como región, la Unión Europea lidera con el 37.8 % (13.55 Mton), casi la mitad del biodiésel lo obtienen a partir de colza (44 %), pero también de palma de aceite (29 %), aceite de cocina usado (15 %), soya (5 %) y grasa animal (4 %). La materia prima más importante que utilizan los países asiáticos como Indonesia, Tailandia y Singapur es la palma aceitera, generando bastante polémica por la deforestación de selvas (Vijay, et al., 2016), además porque gran parte de la

cosecha es exportada a Italia, España y Holanda. En Sudamérica, Brasil, Argentina y muy discretamente Colombia, son los países más importantes en el mercado de este biocombustible, la soya es su principal fuente, que también ha generado cierta discusión por el uso de Organismos Genéticamente Modificados, conocidos como OGM's (Buraschi, 2015).

La situación de los biocombustibles líquidos utilizados como carburantes en México tiene un panorama muy distinto al de Estados Unidos, Brasil o los países europeos. La producción y uso es muy discreta, en 2017 representó el 0.1 % de la producción mundial. El gobierno mexicano no tiene una estrategia clara que brinde un incentivo para la producción y uso de biocombustibles (Paredes-Cervantes et al., 2020).

Han surgido una cantidad de proyectos piloto de bioetanol y biodiésel en el país en los últimos 15 años. Se ha explorado diferente tipo de biomasa, desde el maíz hasta las algas, cada uno es un caso particular. Pocos proyectos han permanecido, la mayoría son pequeñas producciones. La Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) es la columna vertebral en cuestión legislativa. En su primer artículo menciona que la materia prima que se debe promover para la producción de bioenergéticos es aquella proveniente de las actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano. Estos insumos no deben poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria nacional con base a lo establecido en el artículo 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS). El artículo 179 de la LDRS señala como cultivos básicos y estratégicos para la seguridad alimentaria al maíz, caña de azúcar, frijol, trigo, arroz, sorgo y café, por tanto, el uso de estos cultivos como materia prima para la obtención de algún tipo de biocombustible depende del estatus en que se encuentre la producción nacional.

Con base en el “reporte de la producción y el comercio de los biocombustibles en México y el mundo” que presentó el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria en abril de 2020, la caña de azúcar es la

biomasa más viable para la producción de bioetanol en el país. Por un lado, la tecnología está desarrollada, y por otro, este cultivo ha tenido excedentes en los últimos años a causa de las importaciones de jarabe de maíz de alta fructosa, un sustituto del azúcar. Sin embargo, existen aspecto por analizar porque podría generarse una competencia entre los dos usos, azúcar o biocombustibles (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, 2020).

La materia prima para la producción de biodiésel se enfrenta al obstáculo de la disponibilidad (Paredes-Cervantes et al., 2020). Aunque existe una diversidad de materiales que pueden utilizarse, a nivel nacional la higuierilla, grasa animal y aceite de cocina usado son la biomasa más importante, gran parte del biocombustible que se utiliza para autoconsumo o para abastecer al mercado local.

3.5. Criterios para la materia prima de los biocombustibles líquidos

En la sección anterior se presentaron las materias primas que más se utilizaron en 2017 para la obtención de bioetanol y biodiésel. Se detectó que gran parte de los insumos utilizados para producir biocombustibles líquidos provienen de cultivos energéticos. El 60 % del bioetanol es producido a partir de maíz, 25 % de caña de azúcar, 7 % de melaza, 4 % de trigo y 4 % de yuca o remolacha; mientras el 31 % del biodiesel es a partir de palma de aceite, 27 % de soya y 20 % de colza. Según el capítulo 9 del reporte *Perspectivas agrícolas*⁸ 2018-2027 de la OCDE y FAO, en los próximos años, los países productores de biocombustibles líquidos seguirán promoviendo a los cultivos energéticos como principal materia prima, y éstos aumentarán su producción (OECD-FAO, 2018).

⁸ Presentan proyecciones para la producción, importaciones, exportaciones, existencias, consumo en forma de alimentos, alimentos balanceados, combustibles o fibras, y precios para las principales materias primas agrícolas y biocombustibles de los países que influyen en los mercados agrícolas mundiales.

Aunado a la anterior, el predominante uso de cultivo agrícolas para la producción de biocombustibles líquidos bajo ciertas circunstancias puede traer beneficios inmediatos para campesinos y pequeños productores, y para la población rural en general involucrada directa o indirectamente en algún eslabón de la cadena de producción.

No obstante, el problema con el uso de cultivos energéticos es la forma en que se han venido gestionando este tipo de proyectos: están en manos de inversionistas privados, en algunos casos empresas multinacionales; los campesinos y los pequeños productores solo son proveedores de la materia prima, en ocasiones exportan la cosecha para otros países, dejándolos sin los beneficios del proceso industrial; en ciertas producciones se remplazan los terrenos fértiles que comúnmente utilizaban para cultivos alimenticios, desplazándolos a suelos de menor calidad; cuando no hay terrenos disponibles o desean expandir la producción, deforestan selvas y bosques; como la mayoría son modelos industriales a gran escala, se promueven con una producción agrícola intensiva que se caracteriza por el monocultivo, un alto uso de agroquímicos y agua.

Asimismo, a finales de la primera década de este siglo se documentó en la zona rural de Brasil y Colombia que la producción de cultivos energéticos se ha acompañado de conflictos sociales y degradación ambiental: en la sabana brasileña se han deforestado diversas especies nativas para cultivar *Jatropha*, asimismo, se ha afectado la seguridad alimentaria local debido a una menor producción de alimentos por la obtención de biocombustibles (Finco y Doppler, 2010); y en Colombia ha habido violación a los derechos humanos e intensificación en el uso de agua y tierra para el cultivo de palma de aceite (Castiblanco y Hortúa, 2012). Asimismo, hay cultivos que son agresivos que dejan los suelos devastados, tal es el caso de la palma de aceite o la higuera. Por ejemplo, se documentó que la palma de aceite elimina la capa orgánica del suelo por la alta cantidad de nutrientes que necesita, se requieren hasta 25 años para que ese suelo dañado pueda recuperar su fertilidad (Soley, 2019).

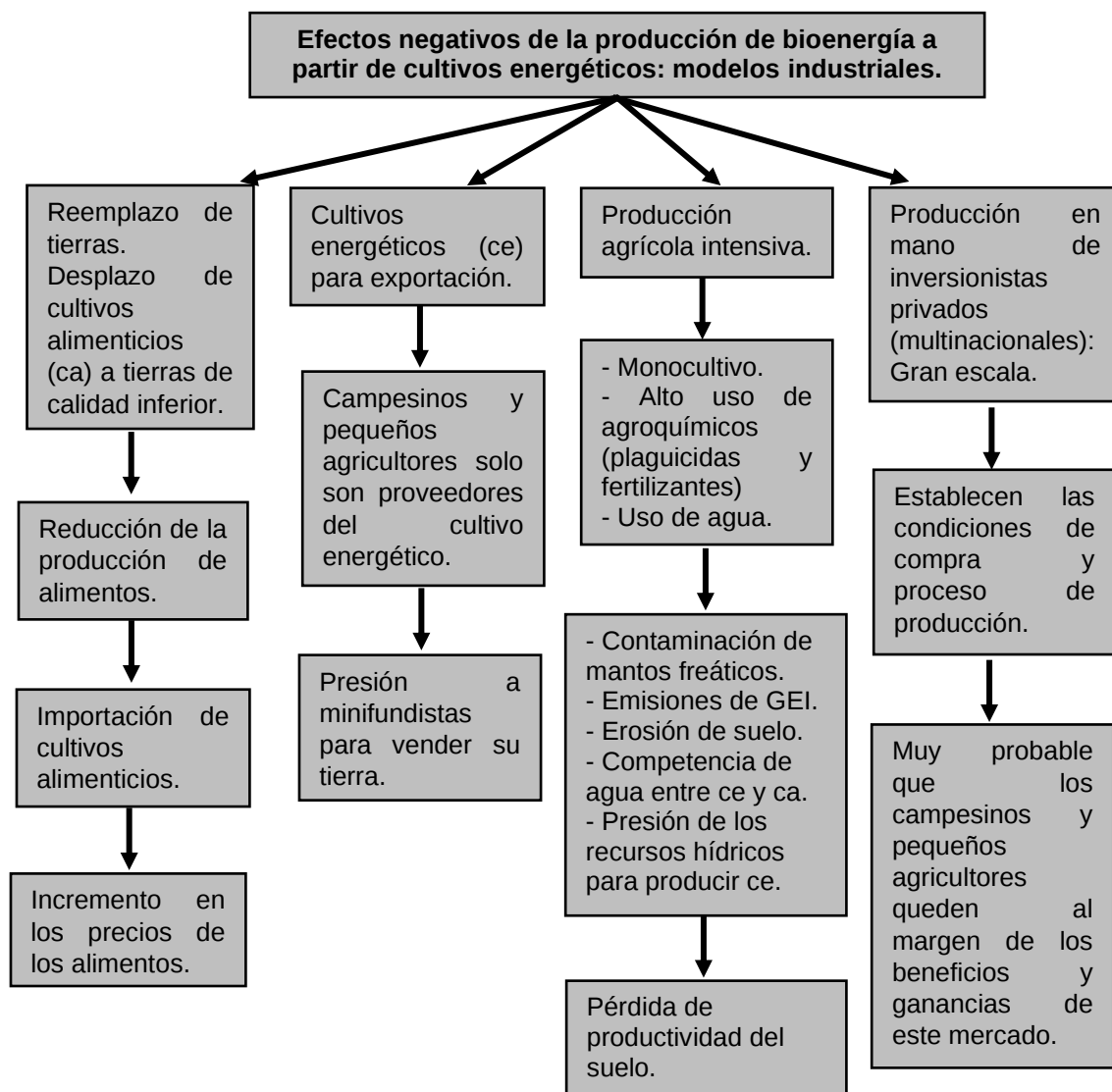


Figura 6. Efectos negativos de los modelos industriales.
Fuente: elaboración propia con datos de FAO, 2011.

Por lo anterior, han surgido marcos y diversos sistemas de certificación que permiten evaluar y monitorear este tipo de producciones. Las certificaciones se consideran controversiales porque son costosas y limitadas, comúnmente no incluyen a los campesinos y pequeños productores (Elberhi y Lui, 2013). Además, que *Changing Markets Foundation* publicó en 2018 un trabajo donde cuestiona la eficiencia de las certificaciones, específicamente hizo una crítica al esquema de certificación de *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC) y la *Roundtable on Sustainable Biomaterial* (RSB) porque asegura que

ninguno de estos dos sistemas ha frenado la deforestación, la pérdida de biodiversidad y la violación de los derechos humanos (Brad et al., 2018).

Dentro de las herramientas metodológicas que han surgido para monitorear la sostenibilidad de la producción de bioenergía se encuentra el marco analítico de la Bioenergía y la Seguridad Alimentaria (BEFS, por sus siglas en inglés) de la FAO y los indicadores de sostenibilidad para la bioenergía de la Asociación Global de Bioenergía (GBEP, por sus siglas en inglés). Tanto el marco analítico BEFS como los indicadores de sostenibilidad del GBEP son estudios que se hacen a nivel nacional, el objetivo es evaluar los efectos positivos y negativos que podrían generarse por la producción moderna de bioenergía en el área económica, ambiental y social de toda la cadena productiva (producción de biomasa, proceso industrial y uso).

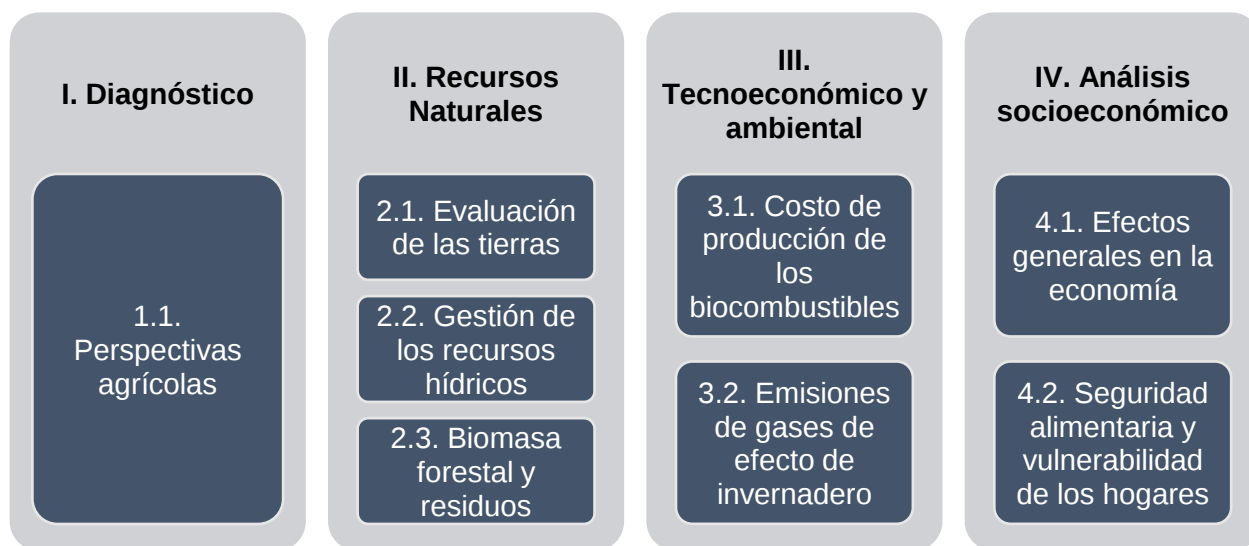


Figura 7. Marco analítico BEFS. Áreas de análisis.
Fuente: elaboración propia con datos de FAO, 2011.

Tanto el marco analítico BEFS como los indicadores del GBEP buscan generar información sobre estas producciones para que los encargados de diseñar la política energética del país en estudio tengan los datos suficientes para un mejor diseño e implementación de los programas en materia bioenergética. Las dos herramientas consideran diferentes tipos de bioenergía (electricidad, calor y transporte), e insumos (cultivos energéticos, biomasa forestal y residuos

agrícolas). Los resultados de esta evaluación dependen de diversos factores como la materia prima utilizada, localización geográfica, sistema de producción, cambios en el uso de suelo, actividad energética empleada en la producción, aprovechamiento de co-productos y sub-productos, entre otros.

El marco BEFS busca examinar los distintos efectos de los avances en bioenergía sobre la seguridad alimentaria, reducción de la pobreza y desarrollo rural en contextos específicos, el análisis se hace a nivel nacional. El BEFS se fundamenta en los diversos efectos negativos que se han documentado (ver figura 6), parte del equilibrio entre la base de los recursos naturales y la seguridad alimentaria.

I. En la primera área de diagnóstico se analizan las perspectivas agrícolas a mediano plazo del país en estudio, se conoce la oferta y demanda de sus materias primas más importantes (alimentos, fibras o combustibles), se espera identificar la vulnerabilidad de los mercados agrícolas, porque los cultivos energéticos pueden convertirse en una nueva fuente de demanda para los cultivos del país. Se incluyen variables macroeconómicas como el aumento del ingreso, inflación, precios del petróleo y los tipos de cambio, así como los rendimientos y costos de producción.

II. El área de análisis recursos naturales está compuesta por tres elementos: 1) las tierras agrícolas, 2) el agua, y 3) la biomasa forestal y residuo, el tercero es para aquellos proyectos que utilizan materia lignocelulósica como materia prima, es decir, residuos agrícolas y forestales, madera y residuos sólidos municipales con alto contenido en celulosa.

2.1. En el primer componente se estudia la aptitud o idoneidad de la tierra que se utiliza para la producción de la materia prima para bioenergía. Propone un índice de aptitud de la tierra, considera variables como el clima, tipo de suelo, vocación original y elementos del lugar que influyen en la productividad (pendiente, cubierta vegetal, etc.). Las tierras designadas para la producción de alimentos o

áreas protegidas, como el caso de los bosques y selvas no son consideradas idóneas para esta producción, al menos deben ser analizadas cuidadosamente.

2.2. En el segundo elemento se examina el recurso agua y las implicaciones socioeconómicas de la expansión de los cultivos energéticos, se utilizan el *software WEAP* (Water Evaluation and Planning System) para simular la oferta y demanda de agua considerando escorrentía, evapotranspiración, infiltración, requerimientos de riego de los cultivos, operaciones de los embalses y otras variables con el objetivo de analizar el uso del agua para este tipo de cultivos. Asimismo, puede utilizarse como herramientas la evaluación de la huella hídrica para conocer de qué manera se está utilizando este recurso en los distintos sectores de la economía.

2.3. El tercer elemento es para las producciones donde utilizan biomasa forestal como insumo para bioenergía. En algunos hogares, especialmente rurales, el carbón y la leña son un recurso energético importante. Por ello, en este componente se evalúa el consumo y potencial bioenergético a partir de esta materia prima en el presente y a futuro, utilizan el modelo balance integrado de la oferta y la demanda de combustibles leñosos conocido como *WISDOM* (*Woodfuel Integrated Supply/Demand Overview Mapping*), desarrollado por la FAO y el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

III. En la tercera se analizan los dos elementos más importantes con los que se ha promovido la producción de bioenergía: 1) mejorar la calidad de vida de pequeños agricultores y de la población rural en general, este elemento se analiza mediante los costos de producción del biocombustible, y 2) la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en comparación con los combustibles de origen fósil.

3.1. El primer elemento parte de una producción a gran escala, donde el sector privado es el principal inversionista. Se analizan los costos de producción de biocombustibles bajo distintos escenarios, con el objetivo de evaluar hasta qué

grado la inclusión de pequeños agricultores en la cadena de producción de los biocombustibles puede ser competitiva en comparación con la producción a gran escala. Es decir, hasta qué porcentaje de la materia prima puede ser suministrada por pequeños agricultores sin que se pierda la rentabilidad para los grandes inversionistas. El análisis incluye las actividades agrícolas e industriales, como los perfiles de costo de la producción de biocombustibles con base en el tipo de cultivo, combustible y los esquemas de conversión de tecnología industrial. Se utiliza el programa ASPEN (*Aspen Technologies, Inc.*) para estudiar las etapas del proceso industrial, considera los tipos de tecnología disponible y la gestión de los desechos industriales y efluentes como el composta, biofertilizantes y electricidad.

3.2. En el segundo elemento se hace un análisis integral de las emisiones GEI generados durante toda la cadena de producción del bioenergético en estudio. El objetivo es establecer una referencia para la producción de bioetanol o biodiésel a partir de distintas materias primas bajo ciertas condiciones, y comparar con la información que se tiene de la gasolina y diésel. Se utiliza el Análisis de Ciclo de Vida⁹ (ACV) para el cálculo de las emisiones, con ayuda del programa GEMIS, desarrollado por *Oeko-Institute* de Alemania. El ACV incluye todas las GEI generadas en la actividad agrícola, industrial, y transporte, incluso, se consideran las emisiones de la fabricación de fertilizantes y del cambio de uso de suelo. Se emplea la metodología para los inventarios nacionales de gases de efecto de invernadero, volumen 4, del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el análisis incluye a los siguientes gases: dióxido de carbono (C_2O), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4).

IV. En la cuarta área de análisis se estudia los efectos positivos y negativos que podrían traer este tipo de producciones en el aspecto socioeconómico. **4.1.** El primer elemento de análisis considera los aspectos socioeconómicos que podrían

⁹ El ACV trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto desde la adquisición de la materia prima hasta su disposición final. Los requisitos para llevar a cabo de un ACV son detallados en la Norma Internacional ISO 14040:2006.

verse involucrados directa o indirectamente en la cadena de producción de biocombustibles líquidos. Se evalúan los efectos de la producción de determinado biocombustible en la reducción de la pobreza, crecimiento agrícola, aumento del PIB y empleo. Para identificar todas las implicaciones macroeconómicas y microeconómicas de este tipo de producciones se utiliza el modelamiento “equilibrio general computable” (CGE, por sus siglas en inglés). Este tipo de modelos comúnmente se utilizan en temas de política exterior, distribución de ingresos y cambio estructural en los países en desarrollo. Los CGE simulan la economía de mercado, estiman cómo los cambios en la parte económica son mediados por precios y mercados; además, permite crear escenarios y considera las diferencias en la forma que los biocombustibles pueden producirse, materia prima y condiciones.

4.2. Probablemente la preocupación más destacada de la producción de biocombustibles a partir de cultivos energéticos es el incremento de los precios de los alimentos básicos, especialmente en los países pobres importadores de alimentos. Por ello, en ese componente se evalúa la seguridad alimentaria y la vulnerabilidad de los hogares en los países que se produce algún cultivo energético. Se busca ayudar a los responsables del diseño de las políticas energéticas a identificar los segmentos de la población que se encuentran más susceptibles al incremento de los precios de los alimentos, también apoya a que se desarrollen programas de salvaguardia específicos.

Dentro de los sistemas de certificación para evaluar y monitorear la producción de bioenergía se encuentra el propuesto por la Asociación Global de la Bioenergía (GBEP). El GBEP fue creada en el G8 en 2005 para promover un despliegue más amplio y económicamente eficiente de la biomasa y de los biocombustibles, especialmente en países pobres donde el uso de biomasa es prevalente. La GBEP está conformada por el sector público, privado y sociedad civil.

El GEBP en asociación con el sector público, privado y sociedad civil desarrollaron una lista de 24 indicadores de sostenibilidad (ver cuadro 6), los dividieron en 3 pilares: ambiental, social y económica. El objetivo es evaluar y monitorear la producción de bioenergía (electricidad, calor y transporte), sus estrategias las divide en el área de desarrollo sostenible, cambio climático, y seguridad energética y alimentaria.

El objetivo es que los países tengan la base para monitorear la sostenibilidad de la producción de bioenergía a largo plazo. Asimismo, se busca que los países de una misma región puedan compartir sus experiencias, capacidades y tecnologías mediante la colaboración bilateral o multilateral.

Cuadro 6. Indicadores de Sostenibilidad del GBEP.

PILARES		
Ambiental	Social	Económico
INDICADORES		
1. Ciclo de vida de emisiones de GEI. 2. Calidad del suelo. 3. Niveles de cosecha de recursos madereros. 4. Emisiones de contaminantes del aire no GEI, incluidos los tóxicos en el aire. 5. Uso y eficiencia del agua. 6. Calidad del agua. 7. Diversidad biológica en el paisaje. 8. Uso de la tierra y cambio en el uso de la tierra relacionado con la producción de materia prima para bioenergía.	9. Asignación y tenencia de la tierra para una nueva producción de bioenergía. 10. Precio y oferta de una canasta alimentaria nacional. 11. Cambio en los ingresos. 12. Empleos en el sector bioenergético. 13. Cambio en el tiempo no remunerado que dedican las mujeres y los niños recolectando biomasa. 14. Bioenergía usada para expandir el acceso a servicios modernos de energía. 15. Cambio en la mortalidad y carga de la enfermedad atribuible al humo interior. 16. Incidencia de los accidentes de trabajo, enfermedades y muertes.	17. Productividad. 18. Balance neto de energía. 19. Valor agregado bruto. 20. Cambio en el consumo de combustibles fósiles y en el uso tradicional de biomasa. 21. Formación y recalcificación de la mano de obra. 22. Diversidad energética. 23. Infraestructura y logística para la distribución de bioenergía. 24. Capacidad y flexibilidad del uso de bioenergía.

Fuente: GBEP, 2014.

Los 24 indicadores han sido probados en forma piloto en distintos contextos nacionales con el objetivo de evaluar y mejorar su utilidad como herramienta para el desarrollo sostenible e incrementar la capacidad de los países para medir la sostenibilidad en la producción de bioenergía. Hasta 2018 se contaba con las experiencias piloto de Colombia, Indonesia, Holanda, Alemania, Ghana, Paraguay, Vietnam, Japón, Uruguay, Argentina y Brasil.

- 1.** Este indicador, igual que el 3.2 del BEFS hace el análisis del ciclo de vida de emisiones de GEI. Incluye las actividades de la producción, transporte y uso de la bioenergía, considera los siguientes gases GEI: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4).
- 2.** Hace un análisis del suelo donde se cultiva la materia prima desde el concepto de la calidad, la cual mide en términos de carbono orgánico. Su unidad de medida es el porcentaje de la superficie de tierra que mantiene o mejora el nivel de carbono orgánico.
- 3.** Este indicador tiene como objetivo controlar la cosecha de los árboles, los recursos madereros y la eliminación de los residuos de cosecha de madera para la bioenergía. Igual que el elemento 2.3 del BEFS busca proveer información que evitar las prácticas forestales no sostenibles.
- 4.** Estudia las emisiones de contaminantes atmosféricos que no son gases de efecto invernadero, incluidos los tóxicos del aire, tales como el dióxido de azufre (SO_2), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y las partículas en suspensión de menos de 2.5 micras ($\text{PM}_{2.5}$) y menos de 10 micras (PM_{10}).
- 5.** El indicador de uso y eficiencia del agua igual que el elemento 2.2 del BEFS busca evaluar las implicaciones y eficiencia del recurso agua en todo el proceso de producción de bioenergía. El indicador del GBEP no incluye los efectos socioeconómicos de este uso, pero propone una herramienta que permite medir la eficiencia del uso del agua actual y hacer una comparación con las cifras de mejores prácticas, con el objetivo de fomentar el uso óptimo del agua.

6. Este indicador identifica y cuantifica en porcentaje las cargas de contaminantes que se generan en todo el proceso de producción del bioenergético, tales como fertilizantes y plaguicidas utilizados para la producción de las materias primas, y efluentes de los procesos industriales.

7. El objetivo de este indicador es contabilizar las áreas reconocidas a nivel nacional de alta biodiversidad o ecosistemas críticos (tierras agrícolas donde se produce alimento o pastoreo) convertidos a la producción de bioenergía (cultivo energético, residuo agrícola y forestal, y biomasa forestal). Además, este indicador incluye al análisis la aplicación de métodos de conservación pertinentes como: cero laboreo (siembra directa) o laboreo mínimo, manejo integrado de plagas, manejo de nutrientes integrado, mantenimiento o mejora de la agro biodiversidad, sistemas agroforestales o cultivos intercalados, cosechas de bajo impacto, gestión de bosque de bajo impacto y la extracción de madera moderada, mantenimiento y mejoras de los corredores ecológicos y zonas de amortiguamiento, y restauración o conservación de las áreas dentro y alrededor de las áreas de producción para la biodiversidad y los ecosistemas.

8. El indicador uso de la tierra y cambio en el uso de la tierra relacionado con la producción de materia prima para bioenergía aborda en cierta manera la temática del elemento 2.1 del marco BEFS, sobre la idoneidad de la tierra donde se producirán o se están produciendo la materia prima para el bioenergéticos (cultivo energético, residuo agrícola y forestal, y biomasa forestal). Este indicador cuantifica la superficie total de producción de materia prima bioenergética en el país. Además, evalúa la aptitud de la tierra utilizada para la producción de esta materia prima, considera el clima, las condiciones hidrológicas y del suelo.

9. Asignación y tenencia de la tierra para una nueva producción de bioenergía identifica el estatus de la tierra que es utilizada para esta producción. Cuantifica la superficie que es utilizada en forma libre y privada: títulos, contratos y formas de tenencia de la tierra en que están las compañías e inversionistas de bioenergía. Esta información servirá para evaluar el efecto de la bioenergía en

los cambios en el acceso y el uso de los recursos naturales de las comunidades locales.

10. El indicador precio y oferta de una canasta alimentaria nacional evalúa el efecto del uso y producción local de la bioenergía en el precio y oferta de una canasta básica que varía de país en país, aplica para la producción de etanol y biodiésel. El enfoque es similar al analizado en el punto 4.2 del marco BEFS.

11. En este indicador se evalúan los cambios en los ingresos debido a la producción de bioenergía como los salarios pagados por el empleo en algún eslabón de la cadena de producción de la bioenergía. Los ingresos pueden provenir de la venta, trueque y autoconsumo de productos bioenergéticos. Se incluye un análisis donde se comparan los salarios de la producción bioenergética con el salario promedio en el sector agrícola o manufacturero.

12. En el indicador empleo en el sector de la bioenergía se evalúa la creación y condiciones del empleo neto total como consecuencia de la producción y el uso de la bioenergía, se hace una relación entre trabajo calificado y no calificado, y directo e indirecto. Se contabiliza el número de puestos de trabajo que contrata el sector bioenergético y el porcentaje de empleos que cumplen con las normas laborales reconocidos a nivel nacional e internacional.

13. Cambio en el tiempo no remunerado que dedican las mujeres y los niños recolectando biomasa como resultado del cambio del uso tradicional de la biomasa a la bioenergía moderna.

14. El indicador bioenergía utilizada para expandir el acceso a los servicios energéticos evalúa el importe total y el porcentaje de aumento del acceso a servicios modernos de energía adquirida mediante la bioenergía moderna, se mide en términos de número de hogares y empresas.

15. Este indicador cambio en la mortalidad y tasas de enfermedades atribuibles a humos en interiores por el uso de combustibles sólidos, y cambios en estos

como resultado del mayor despliegue de servicios modernos de bioenergía, incluye estufas mejoradas a base de biomasa.

16. El indicador la incidencia de trabajo lesiones, enfermedades y muertes se basa en las incidencias ocurridas en la actividad laboral de la producción de bioenergía como lesiones, enfermedades y muertes.

17. Este indicador aplica para la generación de bioenergía y para todas las materias primas utilizadas para esta producción, mide la productividad y lo divide en 4 subindicadores: 17.1) productividad de la materia prima bioenergética por unidad de superficie, por unidad de trabajo o por unidad de capital empleada, por predio o plantación; 17.2) eficiencia en el procesamiento de las materias primas; 17.3) valor del producto final de la bioenergía en masa, volumen o contenido energético/ha/año, eficiencia global de la producción de los productos finales para fines de bioenergía; y 17.4) costo por unidad de bioenergía.

18. Este indicador mide la relación de energía neta entre la producción de energía y la entrada total de energía. El balance neto de energía se aplica a toda la producción de bioenergía, la conversión y los usos finales, todas las materias primas, usos y las vías.

19. Este indicador mide el valor agregado por unidad de bioenergía producida y como porcentaje del producto interno bruto. Aplica a toda la producción de bioenergía, la conversión y los usos finales, incluye todas las materias primas, los usos y las vías.

20. Este indicador mide el cambio en el consumo de combustibles fósiles por bioenergía nacional medida por el contenido de energía. El indicador incluye las mezclas de biodiésel con diésel, y bioetanol con gasolina en las diferentes concentraciones.

21. Este indicador formación y recalificación de la mano de obra evalúa la participación de los trabajadores capacitados en el sector de la bioenergía, hace un análisis de tipo comparativo entre la fuerza laboral en la industria del

combustible fósil y la fuerza de trabajo en otros sectores de la energía renovable. Se incluye a los trabajadores asalariados, trabajadores por cuenta propia y los trabajadores familiares.

22. El indicador diversidad energética mide los cambios en la diversidad de la oferta total de energía primaria por unidad de bioenergía. Aplica a la producción de bioenergía y uso, y para todas las materias primas bioenergéticas, usos finales, y las vías.

23. El indicador infraestructura y logística para la distribución de la bioenergía mide la capacidad de las rutas para sistemas de distribución críticos. Considera el número de rutas, cantidad de energía generada al año y porcentaje.

24. El indicador capacidad y flexibilidad de uso de la bioenergía acompaña al indicador 22 y 23, se refiere a la seguridad energética, la infraestructura y logística para su distribución y uso. Mide la relación de la capacidad para el uso de la bioenergía en comparación con el uso actual de cada ruta y la relación de la flexibilidad con la que puede utilizarse cualquiera de las fuentes de bioenergía u otras fuentes de combustible, y evalúa si la infraestructura existente está preparada para un cambio de tipo de combustible o si es necesario planificar inversiones.

La descripción anterior del marco del BEFS y de los 24 indicadores de sostenibilidad del GBEP mostró que son dos herramientas que se complementan, aunque coinciden en algunos elementos de análisis como la gestión de los recursos hídricos, emisiones de gases de efecto invernadero y efectos en los campesinos; hay otros elementos que se abordan de diferente forma como el uso del suelo, en el BEFS se refiere a la idoneidad y en la herramienta del GBEP se refiere a la calidad del mismo. Además, los dos se basan en los tres pilares de la sostenibilidad: económico, ambiental y social.

Por lo anterior, se decidió utilizar a estas dos herramientas para el diseño de la metodología de la presente investigación. Aunque la evaluación utilizando el

marco BEFS es un poco más general, está muy enfocado en los efectos negativos de la producción moderna de la bioenergía en la seguridad alimentaria y en la reducción de la pobreza de la población rural. Por su parte, los indicadores del GBEP son un poco más precisos respecto a lo que se desea evaluar de la producción y uso de la bioenergía.

3.6. Conclusiones

La bioenergía puede resultar una opción interesante para diversificar un poco la matriz energética inclinada fuertemente hacia los combustibles de origen fósil. Es un tipo de energía renovable muy variada en cuanto a sus tipos, procesos y materia prima. Lo que enriquece las opciones porque puede utilizarse en los sectores más importantes como lo son las industrias de la energía y el transporte.

Refiriéndose específicamente a los biocombustibles líquidos como el bioetanol y el biodiésel, a pesar del amplio abanico de posibilidades en cuanto a insumos, los cultivos agrícolas como la palma de aceite, canola, soja, maíz, caña de azúcar y trigo son la materia prima más utilizada y también la más polémica por la forma en que han venido operando la mayoría de estos proyectos. Existen otras opciones como los compuestos lignocelulósicos y las micro y macro algas, que incluso, son identificadas como la biomasa bioenergética del futuro por su disponibilidad, fácil producción y versatilidad, porque se pueden obtener diferentes tipos de biocombustibles. No obstante, la tecnología aún se encuentra en desarrollo, los costos de producción no son competitivos en comparación con los de los combustibles fósiles. Así que los cultivos continuarán como las materias primas más importante, al menos en los próximos cinco u ocho años.

Considerando lo anterior, y con base al marco BEFS y a los indicadores de sostenibilidad del GBEP la producción de biocombustibles líquidos a partir de cultivos energéticos a nivel regional o finca debe cubrir los criterios o estándares mínimos de producción:

Pilar económico

- Hay beneficios económicos en campesinos y población rural en general. En algún eslabón de la cadena de valor del biocombustible les permite incrementar sus ingresos y calidad de vida.
- Los campesinos se ven beneficiados de alguna manera con el proceso industrial del cultivo.
- El cultivo presenta rendimientos rentables.
- La calidad del biocombustible producido cumple con las normas establecidas por la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés): ASTM D6751-08 para biodiésel (B100), ASTM D7467-08 (B6 a B20) y ASTM D 5501 para bioetanol (B20 a B100).
- El balance energético es positivo, la producción de energía es mayor a la consumida.
- El cultivo debe cumplir con ciertas características, como la fácil producción y la versatilidad, que además de biocombustible también puedan obtenerse diversos coproductos y subproductos.
- El balance a su vez sería muy positivo si se considerara el uso para la producción de biocombustibles de terrenos marginales y de escasa fertilidad.
- El incremento en el empleo de fuerza de trabajo e ingresos complementarios
- Los cultivos para biocombustibles no pueden competir con la producción de alimentos.

Ambiental

- Este tipo de cultivos se promueven preferentemente en suelos abandonados o poco fértiles.
- No se deforestan bosques ni selvas para introducir estos cultivos.
- Las condiciones edafoclimáticas de la región deben ser las idóneas para el cultivo seleccionado.
- Los cultivos energéticos se promueven en sistemas agroforestales o agrosilvopastoriles, lo que le da resiliencia a este tipo de proyectos.
- Son cultivos de temporal que no presionan los cuerpos de agua de la región.

- La producción se da dentro de un marco agroecológico para reducir la presión y contaminación de los recursos naturales por técnicas agrícolas poco amigables con el ambiente como el alto uso de fertilizantes sintéticos y plaguicidas.
- El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del biocombustible debe tener un balance cero o negativo.
- No deben competir con recursos vegetales naturales de utilidad medioambiental.

Social

- Los empleos generados en toda la cadena de valor no están expuestos a condiciones laborales abusivas, cumplen con las normas internacionales del trabajo, la Ley Federal del Trabajo y leyes estatales.
- Esta producción no tiene implicaciones negativas en la tenencia de la tierra entre los campesinos.
- No hay desplazo de cultivos alimenticios por energéticos, se diseñan sistemas para sembrar en asociación con otras especies agrícolas, no se afecta la producción de alimentos.
- La producción de cultivos energéticos no impacta directa o indirectamente en la canasta alimentaria de la región, estado o país.
- Permite y estimula la incorporación de las mujeres y apoya la economía campesina y familiar.

El mercado de los biocombustibles líquidos a partir de cultivos energéticos debe ser gestionado con cautela, especialmente al seleccionar y producir la materia prima, la parte más polémica de los eslabones de la cadena productiva. Estas producciones se encuentran en la disyuntiva que deben presentar rendimientos rentables y producto dentro de los estándares de calidad, al mismo tiempo que no afecte negativamente en la seguridad alimentaria, medio ambiente y calidad de vida de campesinos y población rural. La evidencia parece inclinarse por las pequeñas producciones, con la participación preponderante de campesinos y pequeños productores, con producciones agroecológicas que minimizan los

efectos negativos específicamente en el área ambiental y social, con cultivos versátiles que permitan diversificar la producción y las actividades productivas, para poder contar con sistemas más resilientes que en época de COVID-19 han demostrado ser menos vulnerables, pero es material de análisis para futuras investigaciones.

IV. LA AGROECOLOGÍA COMO ALTERNATIVA

4.1. Introducción

Como se describió en el capítulo dos de este trabajo, los modelos de desarrollo o modelos productivos rurales (agropecuarios, forestales, pesqueros y extractivistas) que se han implementado en Latinoamérica y en México desde la década de 1940, se basan en prácticas poco sostenibles que han deteriorado los recursos naturales y han excluido y marginado cada vez más a campesinos y pequeños agricultores. A su vez, en el capítulo tres se presentó que gran parte de las producciones de cultivos energéticos para la obtención de biocombustibles líquidos se dan mayoritariamente dentro de estos modelos productivos, empleando la agricultura industrial, con graves efectos negativos en el área ambiental y socioeconómica.

Por lo anterior, en este capítulo se presenta a la agroecología como la alternativa para la crisis mencionada. Marín-Rivera et al. (2018), mencionan que la agroecología se ha convertido en un modelo estratégico para mitigar la degradación ambiental y para enfrentar la crisis socioeconómica que se vive en el campo de los países pobres. Una propuesta de vida que se analiza desde el paradigma de la complejidad, aquella que tiene bases pluriepistemológicas de sus estudios.

La agroecología podría representar una técnica, un instrumento metodológico, una disciplina, una ciencia, un movimiento social y político, una forma de pensar y de vida o un poco de todas las anteriores. Por ello, el objetivo del presente capítulo es analizar el contexto en el que se presenta a la agroecología como una propuesta integral para la crisis ambiental, económica y sociocultural que atraviesa el campo desde hace años. La mayoría de los documentos que se consultaron son el resultado de diversos trabajos realizados en América Latina y España desde la década de 1980, por investigadores latinoamericanos, estadounidenses y españoles. Dichos documentos en gran medida se basan en el análisis y comprensión de las experiencias y tradiciones productivas y

socioculturales de los campesinos y en la relación histórica de la sociedad con la naturaleza.

El capítulo se divide en cuatro secciones, en la primera se hace un análisis de los efectos más destacados de las prácticas agrícolas convencionales y cómo éstas han tenido una participación preponderante en la exclusión de los campesinos y en el deterioro ambiental. En la segunda se hace una breve narración de los orígenes de la agroecología desde su redescubrimiento en el Siglo XX por Basil Bensin (1928) y Klages (1928) hasta sus últimas conceptualizaciones. En la tercera sección se incluye la parte teórico conceptual de la agroecología, se inicia describiendo qué son los agroecosistemas, cómo funcionan, cómo están constituidos y por qué son las unidades principales de estudio de la agroecología; se finaliza esta parte con un pequeño análisis de diferentes definiciones de agroecología que han proporcionado algunos autores clásicos del tema como Miguel Ángel Altieri, Stephen Gliessman y Eduardo Sevilla-Guzmán, tratando de identificar cuáles son los elementos que las conforman y cómo ha sido la evolución de su conceptualización en el tiempo. En la cuarta sección se presentan algunas características de la propuesta agroecológica: comienza analizando lo que representa la agroecología como alternativa teórico-conceptual y finaliza con las propuestas prácticas de algunos autores clásicos.

4.2. La crisis ambiental de la agricultura industrial

Para Toledo (2019) el mundo moderno e industrial es una “civilización fatigada”, que se renueva o colapsa. En el campo, la agricultura moderna e industrial se encuentra en una crisis ambiental que tiene sus orígenes en la modernización que trajo consigo a la Revolución Verde, pero que se acrecentó en el modelo neoliberal (Sevilla-Guzmán, 2006). Esta situación ha marginado y excluido aún más al campesinado, a los pequeños productores y a la sociedad rural en general, ha acelerado el deterioro de los recursos naturales y también ha impactado directamente a la producción de alimentos y a la soberanía alimentaria del mundo, especialmente a la de los países pobres.

La humanidad depende de los servicios ecológicos que proporciona la naturaleza como la fertilidad de suelo, la polinización, el equilibrio climático, el control biológico, entre otros. Pero la agricultura industrial los ha puesto en riesgo, porque ésta solamente se basa en la maximización de la producción y de las ganancias, con el aumento de la productividad a toda costa. Dentro de estos modelos los conocimientos campesinos e indígenas no son tomados en cuenta y son sustituidos mayoritariamente por prácticas que solamente se enfocan en la productividad y que formaron parte del paquete tecnológico que se empezó a promocionar con la Revolución Verde. Estas prácticas básicas de la agricultura moderna son: 1) la labranza intensiva, 2) irrigación, 3) aplicación de fertilizantes sintéticos, 4) control químico de plagas y arvenses, 5) monocultivo y 6) manipulación genética de los cultivos (Gliessman, 2002).

Labranza intensiva: El arado del suelo es una práctica común desde hace siglos, porque mejora el drenaje, ayuda al crecimiento de las raíces, proporciona mejor aireación, facilita el sembrado, controla arvenses y permite incorporar los residuos del cultivo anterior al suelo. Sin embargo, el problema surge cuando el arado se hace de forma continua, con pases de maquinaria pesada y la destrucción con fuego de los residuos de cosechas. Porque la labranza intensiva degrada el suelo, reduce la materia orgánica por la remoción de la cobertura vegetal, el uso de la maquinaria pesada compacta el suelo y promueve la erosión por el viento y el agua, ocasionando la reducción de la fertilidad del suelo. Además, la maquinaria agrícola utilizada frecuentemente emplea combustibles de origen fósil, emitiendo Gases de Efectos Invernadero (GEI).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en ingles), el 33 % de la tierra se encuentra altamente degradada por la erosión, salinización, compactación, acidificación y la contaminación química de los suelos, lo que impacta directamente en la pérdida de fertilidad (FAO, 2015).

Irrigación: La agricultura es el principal usuario de agua en todo el mundo, en 2010 se estimó que el 69 % de la extracción de agua total a nivel mundial fue utilizada en el sector agropecuario, principalmente en la agricultura (FAO, 2016). Mientras que en México fue el 76.6 (Ibidem). El primer problema relacionado con este recurso en la agricultura radica en que el agua que proviene del subsuelo es sustraída a una velocidad más rápida que la recarga pluvial, lo que podría generar impactos geológicos y en zonas cercanas al mar puede producir la intrusión salina. Cuando se utiliza el agua de los ríos se genera una competencia con las necesidades de las áreas urbanas y con la de otras especies que la requieren para su subsistencia. En el caso de la creación de represas para almacenar agua, los efectos se miran reflejados en las zonas donde instalaron las infraestructuras de la misma y en las áreas de río abajo. También se generan impactos por la lixiviación de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, erosión hídrica del suelo y salinización secundaria.

La aplicación de fertilizantes sintéticos: Los fertilizantes sintéticos regularmente se clasifican en tres tipos: nitrogenados (N), fosfatados (P) y potásicos (K), aunque las fórmulas comerciales pueden aportar más de un elemento. El uso de altas cantidades de fertilizantes sintéticos fue uno de los componentes del paquete tecnológico propuesto por la RV. Las plantas requieren de 16 elementos químicos alimentarios para su óptimo desarrollo, 13 provienen de la tierra (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Hierro, Manganeso, Boro, Molibdeno, Cobre, Zinc y Cloro) y 3 del aire y del agua (Carbono, Hidrógeno y Oxígeno). La eficacia de un fertilizante depende de diferentes factores como el tipo de suelo, el tipo de cultivo, riego, entre otros.

Cuadro 7. Consumo de fertilizantes a nivel mundial en millones de toneladas.

Tipo de fertilizante	2005	2016
Nitrogenados	89.805	110.18
Fosfatados	38.763	48.57
Potásicos	29.584	38.74
Total:	158.152	197.49

Fuente: FAO, 2019b.

El consumo de fertilizantes sintéticos cada vez se incrementa más a nivel mundial, especialmente los nitrogenados cuyo uso aumentó el 23 % entre 2005 y 2016 (Cuadro 7). El aumento se debe a que los fertilizantes proveen a los cultivos los nutrientes que el suelo ya no les puede proporcionar; con la aplicación de éstos, los rendimientos pueden duplicarse o triplicarse. En un estudio de los cultivos de maíz en Estados Unidos durante el periodo 1930-1998, se documentó que los rendimientos promedio con el uso de fertilizantes incrementaron de 1 tonelada por hectárea en 1930 a 8 toneladas por hectárea en 1998 (FAO-IFA, 2002).

No obstante, la cuestión con los fertilizantes es que elevan la producción agrícola a corto o mediano plazo, pero a la larga dañan el suelo y poco a poco puede ir perdiendo su productividad. Incluso, la alta productividad por el uso de fertilizantes ha estado cuestionándose porque los rendimientos de los campos ya no son como antes (Restrepo, Angel y Prager, 2000), las plantas requieren de dosis de fertilizantes cada vez más altas.

Además, el uso excesivo de fertilizantes ha traído diversos efectos ambientales y de salud pública. Por ejemplo, los fertilizantes nitrogenados terminan en ríos, lagos o en el mar donde pueden causar eutrofización¹⁰ (Arellano-Aguilar et al., 2016). Aguirre (2019) considera que el problema del sargazo en las playas y costas caribeñas es complejo porque tiene diversas causas, pero una de las más importantes se le atribuye al exceso de nutrientes por la deforestación y el uso de fertilizantes en la agricultura como lo aseguró Wang et al. (2019).

Asimismo, los fertilizantes son lixiviados hacia los mantos acuíferos que abastecen el consumo humano, generando serios problemas de salud en la población expuesta (Gliessman, 2002). En el caso de los fertilizantes nitrogenados, son una fuente importante de óxido nitroso (N_2O), el tercer Gas de Efecto Invernadero (GEI) más abundante después del dióxido de carbono (CO_2)

¹⁰ Proceso de contaminación en aguas por el exceso de nutrientes ocasionando la proliferación desmedida de algas y otras plantas verdes provocando el enturbiamiento del agua que no permite el paso de la luz hasta el fondo del ecosistema.

y del metano (CH₄). Además, los balances sobre la diferencia entre los fertilizantes orgánicos y los químicos al final resultan favorables para el uso de abono naturales no solo en términos ecológicos y ambientales si no también económicos.

Control químico de plagas y arvenses: Según la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) los plaguicidas son sustancias o mezclas de sustancias que se utilizan para prevenir, eliminar, repeler o controlar una plaga; también son utilizados como reguladores de crecimiento de plantas, defoliantes o desecantes (EPA, 2019). La agricultura es el sector donde más se utilizan plaguicidas para controlar las malezas, la infestación de insectos y las enfermedades. Se tienen identificados aproximadamente 1000 plaguicidas, que se clasifican en: herbicidas (hierbas), insecticidas (insectos), fungicidas (hongos), nematocidas (nemátodos) y rodenticidas (roedores).

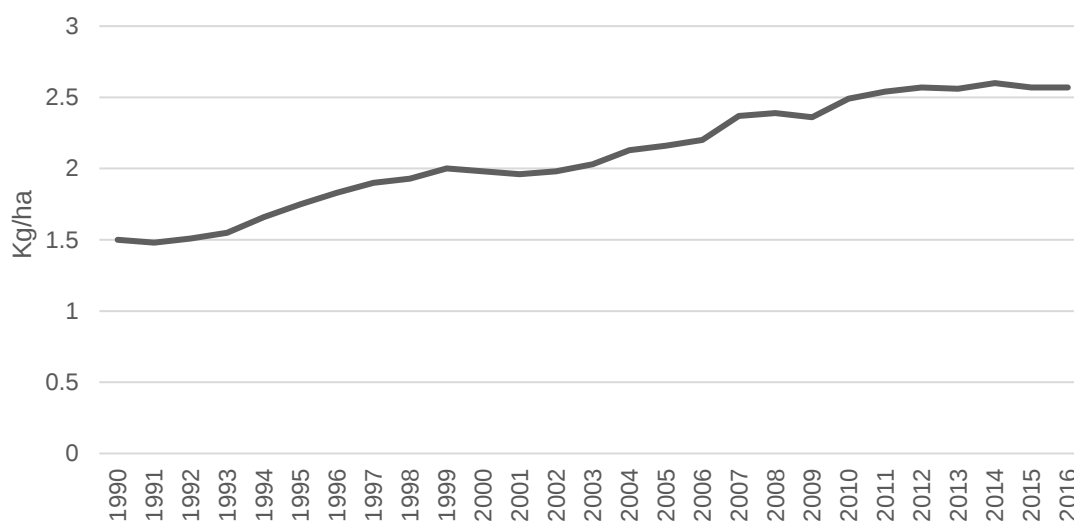


Figura 8. Uso de Pesticidas por área de tierras de cultivo (1990-2016).
Fuente: FAO, 2019c.

Se ha documentado que el uso recurrente de plaguicidas genera que las plagas desarrollen cierta resistencia a este tipo de sustancias (FAO, 2012), lo que ocasiona un incremento en el uso o dosis (ver figura 8). Asimismo, la

contaminación ambiental en la agricultura lleva a la exposición humana por el consumo de restos de plaguicidas en los alimentos y en el agua potable o por los lixiviados que se van a las fuentes de agua; también se ha documentado el daño de especies vegetales y animales como las abejas (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 2018) y la degradación química del suelo y el exceso de sales.

El monocultivo es una de las prácticas que la RV promovió más y que el modelo neoliberal sigue impulsando, comúnmente a gran escala. Las ventajas a corto plazo que provee el monocultivo es que permite la especialización del cultivo, en cuestión de maquinaria para los trabajos agrícolas, semillas, fertilizantes y plaguicidas. Pero se ha demostrado que esta práctica rompe el equilibrio natural del suelo y reduce la producción a mediano o largo plazo. Con estas prácticas también hay pérdida de biodiversidad porque se sustituyen diferentes especies vegetales por una sola, lo que puede ocasionar la desaparición de los animales que se sustentaban de las plantas removidas. En un estudio que se hizo con maíz, se comprobó que merman el nitrógeno asimilable del suelo (Alfaro, et al., 1996). Asimismo, promueve la labranza intensiva, el control químico de plagas, la aplicación de fertilizantes sintéticos, el riego y las variedades especializadas de cultivo (Gliessman, 2002).

Manipulación genética de los cultivos: La manipulación de especies vegetales tiene su origen en los inicios de la agricultura misma, pero fue a partir de la Revolución Verde que las técnicas de cruzamiento permitieron la creación de variedades híbridas con índices más altos de productividad, especialmente durante la década de 1960 y 1970. Sin embargo, en los ochenta, con la ayuda de la biotecnología y la ingeniería genética empezaron a trabajar en laboratorio con semillas genéticamente modificadas, a lo que se identifica como Organismos Genéticamente Modificados (OGM). Sevilla-Guzmán (2006) ha nombrado a esta etapa de los OGM como la “biorrevolución transgénica”, que ha sido gestionada por las grandes corporaciones transnacionales, que en décadas pasadas también controlaron el mercado de los agroquímicos.

El problema con las variedades híbridas es que regularmente necesitan condiciones óptimas para alcanzar todo su potencial, lo que se traduce en altas cantidades de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, porque no cuentan con la resistencia de una variedad no híbrida (Gliessman, 2002). La mayoría de las semillas híbridas y OGM's pertenecen a corporaciones transnacionales y tienen candados genéticos, que no les permite producir semillas con el mismo genoma que sus progenitores, tecnología conocida como *terminator*, lo que pone en desventaja a los campesinos y pequeños productores porque los obliga a comprar la semilla anualmente. Además, no se ha comprobado su inocuidad para el consumo humano.

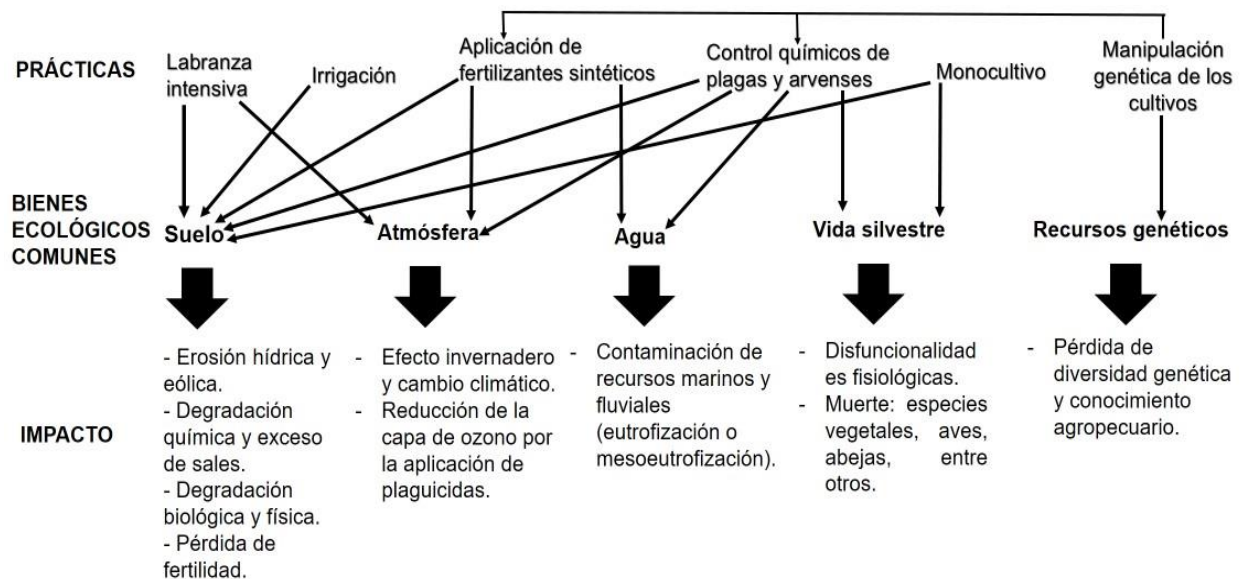


Figura 9. Impacto de las prácticas agrícolas convencionales

Fuente: Modificación de Sevilla-Guzmán, 2006.

En este contexto de la agricultura convencional, la agroecología se propone como una estrategia para empoderar al campesinado, que dependa cada vez menos de insumos externos, además, para reducir el deterioro de los recursos naturales y las afectaciones en la salud que provoca el uso de agroquímicos sintéticos, y también como una forma para apoyar a la producción de alimentos en forma más sostenible.

4.3. Breve historia de la agroecología

La historia de la agroecología se remonta a finales de la década de 1920, sus orígenes se derivaron de disciplinas como la agronomía y la ecología, pero también de la zoología, botánica y fisiología vegetal. El término fue utilizado por primera vez por el agrónomo ruso Basil Bensin en 1928 con el trabajo titulado *Agroecological characteristics description and classification of the local corn varieties chorotypes* (Wezel et al., 2009). Para Gliessman (2013) Bensin utilizó el término agroecología como una respuesta al uso indiscriminado de insumos en la agricultura y lo expresó en el trabajo que publicó en 1930 en el *Instituto Internacional de Agricultura en Roma* (un precursor de la FAO), titulado *Possibilities for international cooperation in agroecological investigations*. Bensin observó que los agricultores eran bombardeados por la publicidad que emitían las grandes empresas fabricantes de tractores, fertilizantes y semillas, y en ocasiones utilizaban estos implementos e insumos sin saber si eran apropiados para las condiciones locales o sus necesidades. Por ello, por un lado, entendía la agroecología como una forma de generar información mediante lo que él llamo “investigación agroecológica”, que permite que los agricultores tengan mayor información y tomen la mejor decisión sobre qué comprar. Por otro, también la concibió de una forma multidisciplinar en donde se consideran todos los elementos que influyen en el desarrollo y el éxito de un cultivo.

En este año (1928) también surgió el estudio de K. Klages, *Crop ecology and ecological crop geography in the agronomic curriculum*. Klages no utilizó la palabra agroecología, pero propuso que en la agricultura se consideraran elementos fisiológicos y agronómicos que influían en la distribución y adaptación de especies específicas de cultivos, para comprender la relación compleja entre una planta de cultivo y su medio ambiente (Hecht, 1991). Para autores como Miguel Ángel Altieri, Klages tiene la mayoría de los créditos por el desarrollo inicial de la agricultura ecológica en las ciencias formales (*Ibidem*).

En 1930, el zoólogo alemán Karl Friederichs publicó su libro *Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie*, donde aborda temas relacionados con la zoología agrícola y factores ecológicos/ambientales relacionados para la protección de las plantas. En su trabajo incluyó diferentes estrategias de manejo de plagas, incluido el control biológico y el papel de los hábitats naturales en el manejo de plagas y evaluó el impacto económico del daño de plagas. Posteriormente, en 1938 surgió el estudio de J. Papadakis *Compendium on crop ecology*, donde aseguraba que el manejo del cultivo debería basarse en la respuesta del cultivo al medio ambiente. En esta década se propusieron definiciones de agroecología enfocadas en la aplicación de la ecología en la agricultura.

Durante los años cuarenta aparecieron nuevos estudios de K. Klages donde incluyó factores históricos, tecnológicos y socioeconómicos que determinaban cuáles cultivos podían producirse en una región determinada y en qué cantidad (Hecht, 1991). Después de haber finalizado la segunda guerra mundial (1945) la ecología continuó como ciencia pura y la agronomía se encontraba ocupada en una creciente etapa de mecanización y uso de agroquímicos para incrementar la producción de alimentos, así que estas dos disciplinas se alejaron poco a poco durante este periodo (Gliessman, 2002).

En 1950 el zoólogo alemán Georg Tischler publicó una investigación donde utilizó el término agroecología, *Ergebnisse und Probleme der Agrarökologie*. En este trabajo se enfocó en el manejo de plagas y discutió los problemas no resueltos en materia de biología del suelo, las interacciones de biocenosis de insectos y la protección de las plantas en paisajes agrícolas. Analizó la interacción entre plantas, animales, suelo y clima con un agroecosistema y el impacto en la agricultura (Wezel et al., 2009).

Cuadro 8. Trabajos importantes en la historia de la Agroecología.

Año	Autor	Título
1928	Bensin	Agroecological characteristics description and classification of the local corn varieties chorotypes
1928	Klages	Crop ecology and ecological crop geography in the agronomic curriculum
1930	Bensin	Possibilities for international cooperation in agroecological investigations
1930	Friederichs	Die Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie
1938	Papadakis	Compendium on crop ecology
1939	Hanson	Ecology in agricultura
1942	Klages	Ecological crop geography
1950	Tischler	Ergebnisse und Probleme der Agrarökologie
1956	Azzi	Agricultural ecology
1962	Wilsie	Crop adaptation and distribution
1965	Tischler	Agrarökologie
1967	Hénin	Les acquisitions techniques en production végétale et leurs applications
1973	Jazen	Tropical agroecosystems
1974	Harper	The need for a focus on agro-esosystems
1976	INTECOL	Report on an International Programme for analysis of agro-ecosystems
1978	Gliessman	Memorias del Seminario regional sobre la agricultura agrícola tradicional
1979	Cox and Atkins	Agricultural ecology: an analysis of world food production systems
1981	Gliessman et al.	The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agroecosystems
1983	Altieri	Agroecology
1984	Douglass (ed)	Agricultural sustainability in a changing world order
1987	Arrignon	Agro-écologie des zones arides et sub-humides
1987	Conway	The properties of agroecosystems
1989a	Altieri	Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture
1990	Gliessman (ed)	Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture
1991	Caporal	Ecologia per l'agricoltura
1995	Altieri	Agroecology: the science of sustainable agriculture (3rd edition)
1997	Gliessman	Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture
2003	Dalgaard et al.	Agroecology, scaling and interdisciplinarity
2003	Francis et al.	Agroecology: the ecology of food systems
2004	Clements and Shrestha (eds.)	New dimensions in agroecology
2007	Gliessman	Agroecology: the ecology of sustainable food systems
2007a	Warner	Agroecology in action: extending alternative agriculture through social networks

Fuente: Gliessman, 2002; Wezel et al., 2009.

En los años sesenta se incrementó el interés en la aplicación de la ecología en la agricultura como respuesta a la crisis ecológica que se vivía en el campo (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000). Para esta década ya se habían detectado algunos efectos ambientales de la Revolución Verde y de la modernización agrícola. Georg Tischler continuó sus investigaciones y en 1965 desarrolló más la ecología agrícola y la integró al currículum de la agronomía en cursos enfocados al desarrollo de una base ecológica a la adaptación ambiental de los cultivos, se creó una red entre la agronomía y otras ciencias requeridas en la agroecología (Hecht, 1991). En 1967 Stéphane Hénin publicó *Les acquisitions techniques en production végétale et leurs applications* en la revista francesa *Économie rurale*, donde consideró a la agroecología como la aplicación de términos pertenecientes a la ecología (Hénin, 1967) en la agronomía.

En la década de 1970, hubo una gran expansión en la literatura agronómica con una orientación agroecológica. Además, el trabajo de los ecologistas, más que el de los agrónomos, fue el que proporcionó la visión de la agricultura como ecosistema. Uno de los primeros en presentar esta postura fue el biólogo estadounidense Daniel Janzen en 1973 con su libro *Tropical agroecosystems*. Con este trabajo, el biólogo-ecologista-conservacionista estuvo muy comprometido con la protección y conservación de los bosques tropicales, consciente de las necesidades de subsistencia de la población local en estas regiones (Gliessman, 2013). En esta década los ecólogos comprendieron que los sistemas agrícolas eran legítimas áreas de estudio y más agrónomos aceptaron la importancia del factor ecológico; las bases de la agroecología crecieron rápidamente (Gliessman, 2002).

En la década de los ochenta surgió la relación entre la agroecología y la agricultura sustentable, la primera como instrumento para cumplir los objetivos de la segunda (ver figura 10). Se concibió a la agroecología como un marco conceptual distinto con métodos holísticos para el estudio de los agroecosistemas. Además, se realizaron diversos trabajos que aportaron elementos importantes; dentro de los más destacados se encuentra el de

Conway en 1987 *“The properties of agroecosystems”*, donde propuso cuatro propiedades principales de los agroecosistemas: productividad, estabilidad, sostenibilidad y equidad. También está el de Altieri en 1989 *“Agroecology: A new research and development paradigm for world agriculture”*, que se basó en el trabajo de Odum (1969), donde considera a la agroecología como una forma de proteger los recursos naturales, con pautas para diseñar y gestionar agroecosistemas sostenibles (Wezel et al., 2009).

La agroecología en América Latina desde la década de 1980 y 1990 se ha convertido en un movimiento político y social que ha tenido una gran lista de promotores donde destaca el chileno Miguel Ángel Altieri, el estadounidense Stephen Gliessman, el mexicano Víctor Toledo y el español Eduardo Sevilla-Guzmán, solo por mencionar algunos.

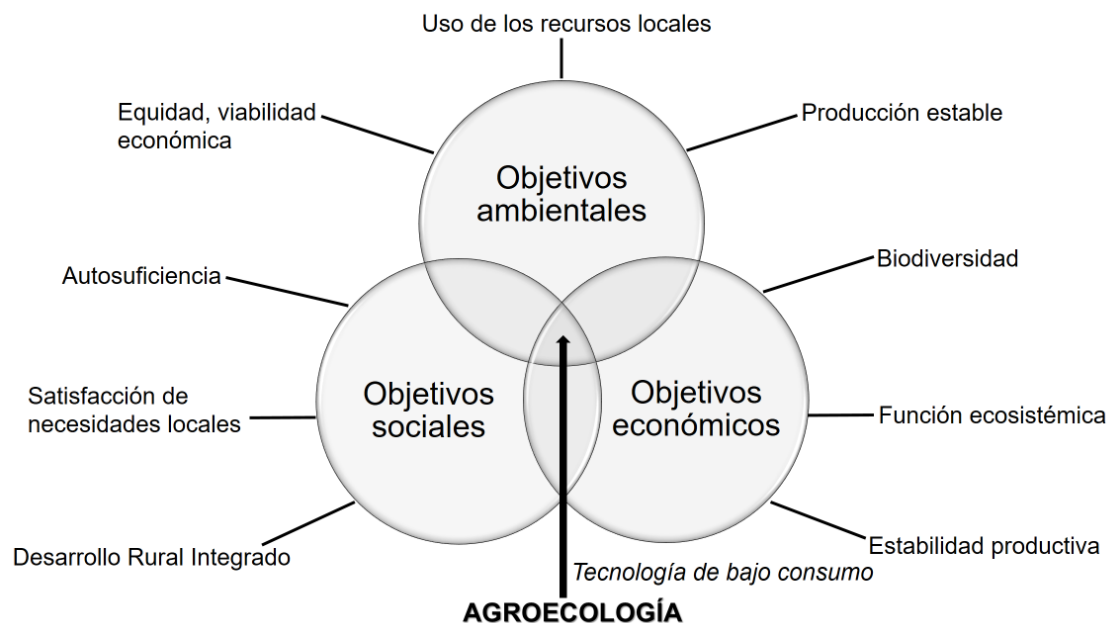


Figura 10. El rol de la agroecología en la satisfacción de los objetivos de la agricultura sustentable.

Fuente: Altieri y Nicholls, 2000.

El agrónomo y entomólogo Miguel Ángel Altieri realizó aportaciones fundamentales a la agroecología desde la década de 1980, con un enfoque agronómico. La primera plataforma de este chileno, en esa época, fue la revista Agroecología y Desarrollo del Consorcio Latinoamericano de Agroecología y

Desarrollo (CLADES), contando con las aportaciones de Susanna Hecht, Richard Nogaard y Peter Rooset de la Universidad de California en Berkeley, donde Altieri ha colaborado como profesor asociado desde hace varios años. Además, también se les atribuye a Miguel Altieri y a Clara Nicholls la formación de la Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA) en 2007, porque tuvieron un gran liderazgo para ello. La SOCLA es una organización regional dedicada a promover la agroecología como estrategia necesaria para lograr un desarrollo rural y sistemas alimentarios sostenibles en América Latina (SOCLA, 2016).

El agroecólogo Stephen Gliessman también se ha convertido en uno de los clásicos en la materia. Aunque sus primeros trabajos tienen registro a finales de la década de 1970, ha sido a partir de los noventa cuando se convirtió en uno de los constructores primeros de la agroecología: desde la perspectiva ecológica, consideró a los elementos sociales como pilares centrales, elaboró el marco teórico del *contexto de la sustentabilidad de la agricultura* (Sevilla-Guzmán, 2011). Destacan sus investigaciones en Latinoamérica, como las llevadas a cabo en Costa Rica y en México donde estudió algunas de las prácticas agrícolas tradicionales y las relacionó con el desarrollo de la agricultura sostenible. Además, ha sido uno de los investigadores que ha promovido fuertemente el concepto de los sistemas sostenibles de producción de alimentos en la literatura de la agroecología. Para Gliessman los sistemas agrícolas sostenibles en Latinoamérica es una forma para detener la dependencia de las importaciones de alimentos básicos, teniendo como pilar a la agricultura tradicional y los conocimientos ancestrales de los campesinos.

Otro aporte importante en las últimas décadas lo ha hecho el biólogo Víctor Toledo, desde la ecología y con sus contribuciones etnoecológicas. Durante años recopiló e integró información de diversos trabajos de diferentes investigadores realizados en comunidades campesinas, especialmente antropólogos, biólogos y agrónomos; lo que le permitió elaborar una propuesta teórica que podría ser considerado como un nuevo paradigma, integró las ideas de Ángel Palerm Vich

donde se privilegia el régimen agrario campesino (lo que también llaman empoderar al campesino), pluricultural y minifundista, como el modelo holandés donde se implementa un desarrollo rural apropiado (Palerm, 1980).

En los ochenta surgieron las primeras aportaciones en materia de agroecología del agrónomo y sociólogo rural Eduardo Sevilla-Guzmán: sus investigaciones realizadas desde la sociología rural. Sevilla-Guzmán critica que el desarrollo se haya reducido a la industrialización y modernización de la agricultura ligada al mercado desde un enfoque antropocéntrico y etnocéntrico. Por ejemplo, lamenta la conversión de la agricultura orgánica a simple negocio. Propone el desarrollo rural agroecológico; al igual que Toledo, se enfoca en las pequeñas producciones y en los campesinos, considera a la recampesinización como una estrategia para conseguir el desarrollo rural agroecológico. Además, incluye el tema organizativo como una variable importante para conseguir su objetivo. La mayoría de su trabajo se inserta en el desarrollo del nuevo movimiento social agropecuario (Sevilla-Guzmán, 2006). Sevilla es considerado un personaje importante en la formación de nuevas generaciones de agroecólogos, en los noventa impulsó el primer programa de posgrado en agroecología en la Universidad de Córdoba y en la Universidad Internacional de Andalucía, como resultado de esto, algunos de sus primeros estudiantes latinoamericanos publicaron un libro donde presentan algunas experiencias que compartieron con su profesor, colega y amigo (Morales, et al., 2016).

En México, se encuentran trabajos de agrónomos y ecólogos desde la década de 1970, que investigaron, sistematizaron y documentaron evidencia científica de los beneficios agroecológicos que incluyen muchas de las prácticas tradicionales. Sin duda, los resultados de investigaciones de campo sobre los conocimientos tradicionales, indígenas y campesinos de Efraim Hernández-Xolocotzi (1913-1991), Miguel Ángel Martínez Alfaro (1942-2007), Arturo Gómez Pompa (1934-), José Sarukhan Kermez (1940-) y Rafael Ortega Pazcka (1944-) fueron inspiración para muchos investigadores (Astier, et al., 2015). Por ejemplo, Stephen Gliessman y su grupo de investigación del desaparecido Colegio

Superior de Agricultura Tropical en Tabasco, reconocieron el trabajo empírico de Hernández-Xolocotzi y aseguraron que fue una fuente de conocimiento que les permitió conceptualizar y aplicar la agroecología (Altieri, 2015).

EN LA UACH, un avance importante en el campo de la Agroecología fue el impulso y la construcción, en el año de 1991, del Programa Interdepartamental en Agroecología, en el año de 1991, en el marco de una universidad predominantemente enfocada a la agricultura y a la agronomía convencionales.

4.4. Descripción de los Agroecosistemas.

Los agroecosistemas o ecosistemas agrícolas son las unidades principales de estudio en la agroecología, lo cuales han sido modificados para la producción agropecuaria, pesquera o forestal, distribución de recursos, procesamiento y comercialización de estos productos. En el agroecosistema los componentes bióticos y físicos interactúan entre ellos, por esto se dice que funciona como un sistema. Los flujos de energía, los materiales y la información entran y salen de los diferentes subsistemas dando como resultado un desempeño dinámico del agroecosistema (Hart, 1985).

Otra definición importante a considerar es que en los agroecosistemas existen también particularidades de manejo y especificidades de acuerdo al grupo étnico de que se trate, cuyas experiencias y tradiciones los han llevado a un conocimiento especial de su entorno, de sus recursos y al manejo de la naturaleza en lo que se define como etnoagroecosistemas.

Según Altieri (1999, p.47) “resulta difícil delinear los límites exactos de un agroecosistema. Sin embargo, debería tenerse en mente que los agroecosistemas son sistemas abiertos porque reciben insumos del exterior, dando como resultado productos que pueden ingresar en sistemas externos”. Aunque se puede delimitar por criterios de espacio y tiempo. Están compuestos por factores abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos y es por su intermedio por donde se procesan los nutrientes y el flujo de energía.

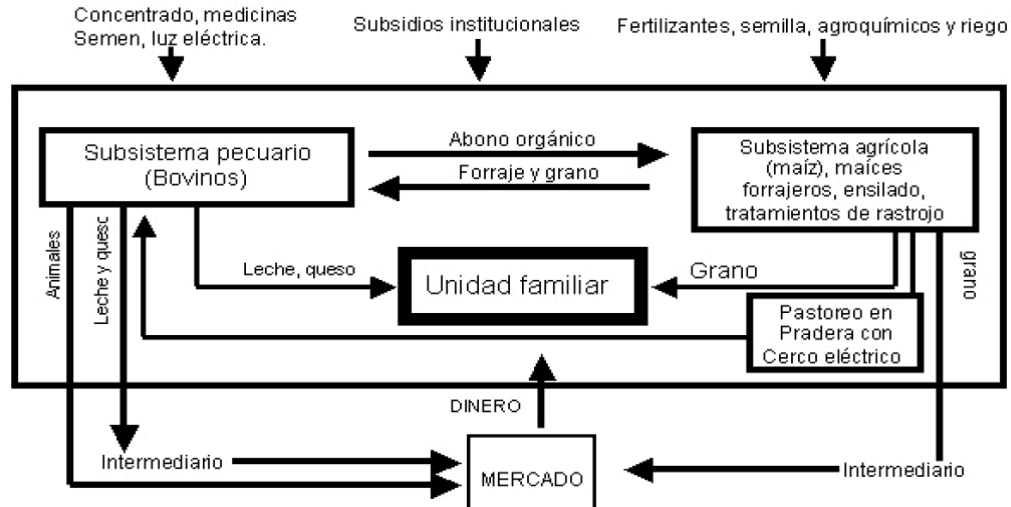


Figura 11. Diagrama de un agroecosistema campesino de maíz y leche.
Fuente: Brunett, González y García, 2005.

Para estudiar a los agroecosistemas es fundamental identificar la diferencia entre éstos y los ecosistemas. Por un lado, la ecología concibe al ecosistema como una unidad ecológica donde el manejo no es llevado a cabo por el hombre. Por otro, en el agroecosistema hay intervención del hombre en el uso y aprovechamiento los recursos naturales. Según Hernández-Xolocotzi (1977) existen seis diferencias básicas entre éstos dos: 1) los agroecosistemas se asemejan a fases incipientes en la sucesión; 2) se produce un rejuvenecimiento de niveles tróficos inferiores; 3) los agroecosistemas tienden a la simplicidad, reduciendo la diversidad; 4) los agroecosistemas suelen afectar los mecanismos reguladores; 5) por lo anterior, dichos sistemas presentan más dificultades para aumentar en complejidad; y 6) además, los desequilibrios pueden alcanzarse con mayor facilidad existiendo la posibilidad de regresiones a niveles inferiores de organización.

Los agroecosistemas están organizados por diferentes niveles. El primer nivel es el *individuo*, el cual es estudiado por la autoecología o ecofisiología, encargada de observar cómo se desenvuelve un individuo de una especie en respuesta a los elementos ambientales y su tolerancia a factores ambientales de estrés que determinan dónde podrá establecerse. El segundo nivel es la *población*, que es estudiada por la ecología de poblaciones, se encarga de determinar y

comprender los elementos que controlan el tamaño y crecimiento de las poblaciones, especialmente aquel enfocado a la capacidad del ambiente para soportar una población en un determinado tiempo. El tercer nivel es la *comunidad*, cual es un conjunto de diversas especies coexistiendo e interactuando juntas en un lugar específico. Un componente importante de este nivel es la forma en que los organismos afectan la distribución y la abundancia de las distintas especies que conforman una comunidad. Ejemplos de una interacción en un agroecosistema son la competencia entre plantas en un sistema de cultivo o la depredación de áfidos por sus enemigos naturales. El último nivel y el más global de los niveles de organización es el *ecosistema*, en donde se incluyen todos los factores abióticos del ambiente además de las comunidades de organismos de un área específica (Gliessman, 2002). Estos niveles pueden ser extendidos para incluir niveles de organización regional, nacional y global.

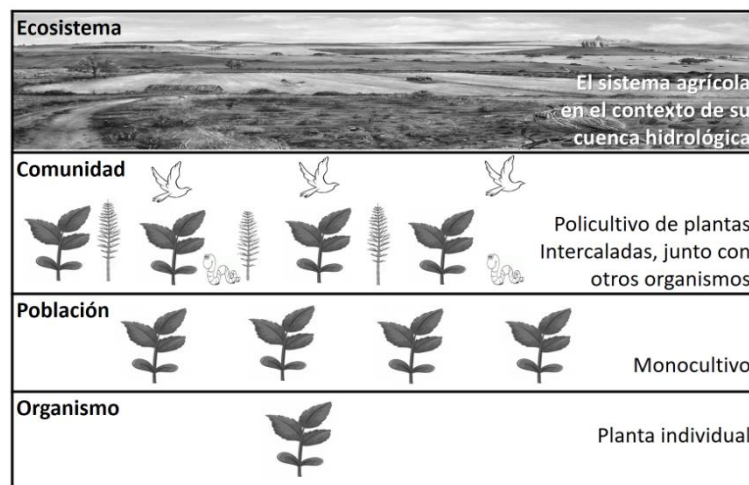


Figura 12. Niveles de organización de un ecosistema aplicado a un agroecosistema.
Fuente: elaboración propia con información de Gliessman, 2002.

Las características de cada agroecosistema dependen de las particularidades de cada región, como el clima, suelo, relaciones económicas, la estructura social y la historia. Aunque tienen aspectos similares que permiten su agrupación en regiones. En el trabajo de Whittlesay (1936), citado en Altieri (1999) se identificaron cinco criterios para clasificar a los agroecosistemas de una región:

1. La asociación de cultivos y ganado.
2. Los métodos para producir los cultivos y el ganado.
3. La intensidad en el uso de la mano de obra, capital, organización y la producción resultante.
4. La distribución de los productos para el consumo, para la subsistencia en la finca o para la venta.
5. El conjunto de estructuras usadas para la casa y facilitar las operaciones.

Los componentes de la biodiversidad del agroecosistema pueden clasificarse con base en el papel que desempeñan en el funcionamiento de los sistemas de cultivo, tales como la polinización, control biológico, consumo de biomasa o ciclaje de nutrientes.

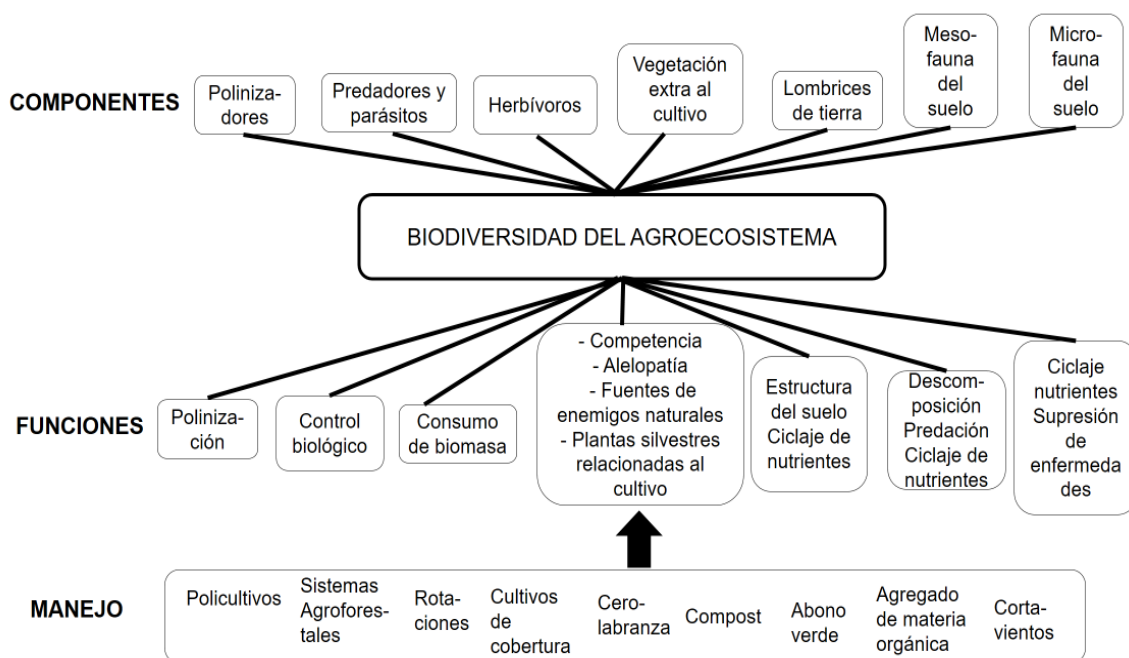


Figura 13. Los componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad en agroecosistemas.

Fuente: Altieri, 1994 en Altieri, 1999.

Según Altieri y Nicholls (2009) el enfoque técnico de la agroecología consiste en diseñar agroecosistemas de uso múltiple que se dirijan a la protección del suelo

y del cultivo, pero que también mejoren la fertilidad del suelo y la protección del cultivo a través de la integración de árboles, animales y cultivos diversificados.

4.5. La Agroecología, sus diferentes definiciones

Desde el surgimiento de la palabra “agroecología” hasta los últimos años, investigadores de diferentes disciplinas y diversos países, han proporcionado una gran cantidad de definiciones para esta palabra. Como se mencionó anteriormente, el origen de la agroecología tiene sus bases en la agronomía, ecología, zoología, botánica y fisiología vegetal, así que las primeras conceptualizaciones se hicieron desde estas disciplinas (ciencias naturales). Sin embargo, con el tiempo han surgido definiciones con enfoques más amplios, con más variables de las ciencias sociales, más preocupadas por la perdurabilidad o sostenibilidad a largo plazo (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000). Para la geógrafa estadounidense Susanna Hecht, la agroecología ha llegado a significar muchas cosas. “a *grosso modo*, la agroecología a menudo incorpora ideas sobre un enfoque desde la agricultura más ligado al medio ambiente y más sensible socialmente: centrada no sólo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción” (Hecht, 1991, p. 4).

A continuación, se presentan algunas definiciones de la palabra agroecología por investigadores contemporáneos que llevan varios años trabajando con este concepto desde el aspecto teórico y práctico, como Miguel Ángel Altieri, Stephen Gliessman y Eduardo Sevilla-Guzmán.

Miguel Altieri se ha convertido en uno de los clásicos en temas agroecológicos, en el prefacio de la cuarta edición del libro *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable* publicado en 1999, pero el prefacio con fecha de 1995, presentó una de las primeras definiciones más completas:

La agroecología va más allá de una mirada uni-dimensional de los agroecosistemas: de su genética, agronomía, edafología, etcétera. Ésta abarca un entendimiento de los niveles ecológicos y sociales de la

coevolución, la estructura y funcionamiento de los sistemas. La agroecología alienta a los investigadores a conocer de la sabiduría y habilidades de los campesinos y a identificar el potencial sin límite de re-ensamblar la biodiversidad a fin de crear sinergismos útiles que doten a los agroecosistemas con la capacidad de mantenerse o volver a un estado innato de estabilidad natural (Altieri, 1999, p. 9).

Altieri, en uno de sus trabajos se refiere a la agroecología como un estudio holístico y no solo multidimensional, como lo hizo anteriormente y empieza a hablar de sistemas complejos.

La agroecología es el estudio holístico de los agroecosistemas, incluidos todos los elementos ambientales y humanos. Centra su atención sobre la forma, la dinámica y función de sus interrelaciones y los procesos en el cual están envueltas. Un área usada para producción agrícola, por ejemplo, un campo, es visto como un sistema complejo en el cual los procesos ecológicos que se encuentran en forma natural pueden ocurrir, por ejemplo: ciclaje de nutrientes, interacciones predador-presa, competencia, simbiosis y cambios sucesionales (Altieri, 2002a, p. 28).

Según Altieri (2002b) la agroecología es algo más que las prácticas agrícolas y el desarrollo de agroecosistemas con dependencia mínima de agroquímicos e insumos de energía. Aunque es un conjunto de prácticas, también es una ciencia. Como ciencia consiste en la aplicación de la ecología para el estudio, diseño y gestión de los agroecosistemas sustentables.

Para Stephen Gliessman el desarrollo sostenible no puede concebirse sin la agroecología, la cual definió de la siguiente manera en la primera edición del libro *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture* publicado en 1998: “la aplicación de conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de agroecosistemas sostenibles” (Gliessman, 2002, p. 13). En 2007, en otro trabajo lo definió casi de la misma forma, solo que cambió la palabra de “agroecosistemas sostenibles” por “sistemas alimentarios sostenibles”

(Gliessman et al., 2007, p. 13). En el documento de 2007 incluyó la producción de alimentos y la interacción entre los productores y consumidores. Considera que el agricultor debe tener una visión más amplia y no solo limitarse a su unidad de producción, porque la producción agrícola va más allá, hay diversas partes interactuando entre sí, como los componentes ambientales, económicos y sociales, y los que derivan de éstos, como los culturales, tecnológicos y políticos. Cree que es momento de una nueva revolución conceptual y metodológica que lleve a modelos de producción más sostenibles, nuevos diseños y manejos de agroecosistemas, nuevo tejido social que respalde la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola a nivel global (Gliessman et al., 2007).

En 2015, Gliessman respondió de la siguiente manera cuando le preguntaron a qué se refería exactamente cuando hablaba de agroecología:

La agroecología es sobre todo una forma de pensar. Es un enfoque sobre los factores necesarios para manejar y diseñar sistemas de producción que presenten todos los elementos de sostenibilidad. Es la utilización de los conocimientos ecológicos combinados con la aplicación de los recursos para mantener un crecimiento y desarrollo que no comprometa el futuro. De una manera más técnica podríamos decir que la agroecología es una disciplina que sienta las bases científicas de una agricultura ecológica, mediante la conjugación de las aportaciones de diferentes disciplinas para, a través del análisis de todo tipo de procesos de la actividad agraria en su sentido más amplio, comprender el funcionamiento de los ciclos minerales, las transformaciones de energía, los cambios biológicos, y las relaciones económicas, como un todo. Es decir, tiene una dimensión amplia e íntegra. La agroecología, como sistema de análisis que es, desvela el funcionamiento ecológico para conseguir desarrollar una agricultura sostenible sin olvidar la equidad, es decir, el acceso igualitario de todas las personas a los medios de vida (Gliessman, 2015, p. 5).

Eduardo Sevilla-Guzmán, desde la sociología rural hace énfasis en la acción colectiva, organización comunitaria y conocimiento local. Sevilla sin matices sostiene que tanto el deterioro ecológico como el social tienen un responsable, el neoliberalismo actual. Al igual que Altieri, prepondera el conocimiento local de los campesinos e indígenas. A continuación, una de las primeras definiciones de agroecología de Sevilla.

La agroecología puede ser definida como el manejo ecológico de los recursos naturales a través de formas de acción social colectiva que presentan alternativas a la actual crisis civilizatoria. Y ello mediante propuestas participativas, desde los ámbitos de la producción y la circulación alternativa de sus productos, pretendiendo establecer formas de producción y consumo que contribuyan a encarar el deterioro ecológico y social generado por el neoliberalismo actual. Su estrategia tiene una naturaleza sistémica, al considerar la finca, la organización comunitaria, y el resto de los marcos de relación de las sociedades rurales articulados en torno a la dimensión local, donde se encuentran los sistemas de conocimiento (local, campesino y/o indígena) portadores del potencial endógeno que permite potenciar la biodiversidad ecológica y sociocultural. Tal diversidad es el punto de partida de sus agriculturas alternativas, desde las cuales se pretende el diseño participativo de métodos endógenos de mejora socioeconómica, para el establecimiento de dinámicas de transformación hacia sociedades sostenibles (Sevilla-Guzmán y Woodgate, 1997).

Eduardo Sevilla ha integrado variables sociales para entender la dimensión entrópica de las afectaciones a los recursos naturales en los sistemas agrarios, sin dejar fuera la dimensión técnica. Porque queda claro que la parte técnica ha sido bien cubierta. El énfasis de Sevilla está en mostrar la necesidad de incluir junto al conocimiento científico las otras formas de conocimiento para poder enfrentar la crisis ecológica y social donde nos encontramos sumergidos, por eso se habla de una naturaleza pluriepistemológica de la agroecología. La

conceptualización de agroecología que ha tenido Sevilla a través de los años no ha tenido cambios importantes. A continuación, se presenta un fragmento de uno de sus trabajos sobre el tema publicado en 2013.

La Agroecología pretende la consecución del manejo ecológico de los recursos naturales para, mediante acciones locales endógenas, de naturaleza socioeconómica, construir sistemas agroalimentarios locales, y generar procesos de transformación y sustentabilidad social entre productores y consumidores. Su acción se articula con los movimientos sociales (que se enfrentan al neoliberalismo y la globalización económica capitalista) para generar procesos de desmercantilización y democratización del conocimiento; se pretende así incorporar a las parcialidades socioculturales ocultas en plataformas de sustentabilidad; para elaborar participativamente procesos de transición agroecológica. Tales plataformas, que habrían de ser soportadas públicamente, elaborarían mandatos de representatividad social, para generar políticas públicas con tal fin (Sevilla-Guzmán, 2013, p. 85).

Han surgido diferentes iniciativas agroecológicas alrededor del globo terráqueo en los últimos cincuenta años. Al principio de su formalización se presentó muy sencilla con el objetivo de analizar fenómenos simples como la relación entre la maleza y las plagas con las plantas cultivadas. Pero con el tiempo su conceptualización se ha ido ampliando y complejizando, presenta una agricultura más imbricada con el medio ambiente, más equilibrada socialmente, más preocupada por la perdurabilidad o sostenibilidad a largo plazo (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000). Además, más enfocada por el rescate y conservación de los conocimientos de los campesinos. Con el avance de la agroecología se habla del paradigma de la complejidad, de ir más allá de la transdisciplina, aunque aún quedan retos por superar (González, 2014).

4.6. Las propuestas agroecológicas

Existe evidencia que las prácticas agroecológicas tienen sus orígenes desde los inicios de la agricultura misma. Pero el uso contemporáneo como ciencia o

movimiento tiene registro a partir de la década de 1970. Poco a poco la agroecología ha buscado insertarse en un nuevo paradigma en formación, resultado de la crisis de los paradigmas tradicionales y de la racionalidad científico-técnica que los ha sustentado. Sus bases son diferentes a las de las ciencias agrarias convencionales; se identifican cinco premisas dominantes y para cada una de éstas la agroecología ofrece una alternativa (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000).

Cuadro 9. Premisas dominantes de la ciencia moderna y sus alternativas.

Premisas dominantes	Premisas alternativas
Atomismo: los sistemas consisten en partes no intercambiables y que no son simplemente la suma de sus partes.	Holoismo: las partes no pueden comprenderse separadamente de sus todos y los todos son diferentes de la suma de sus partes. Las partes pueden desarrollar nuevas características o pueden surgir partes totalmente nuevas.
Mecanismo: las relaciones entre las partes están fijas, los sistemas se mueven continuamente desde un punto de equilibrio a otro y los cambios son reversibles.	- Los sistemas pueden ser mecánicos, pero también pueden ser determinísticos, aunque no predecibles o continuos, porque ellos son caóticos o simplemente muy discontinuos. Los sistemas también pueden ser evolutivos.
Universalismo: los fenómenos complejos y diversos son el resultado de principios universales subyacentes, los que son un número reducido y no cambian en el tiempo ni en el espacio.	Contextualismo: los fenómenos son contingentes sobre un gran número de factores particulares al tiempo y al lugar. Fenómenos similares bien pueden ocurrir en distintos tiempos y lugares debido a factores ampliamente diferentes.
Objetivismo: podemos permanecer apartados de lo que tratamos de comprender.	Subjetivismo: los sistemas sociales y especialmente naturales no pueden comprenderse como parte de nuestras actividades, de nuestros valores y de cómo lo hemos entendido, actuando sobre estos sistemas en el pasado.
Monoismo: nuestras formas separadas e individuales de entender sistemas complejos están fusionadas dentro de un todo coherente.	Pluralismo: los sistemas complejos sólo pueden conocerse mediante patrones múltiples y diferentes de pensamiento, cada uno de los cuales es necesariamente una simplificación de la realidad. Patrones diferentes son intrínsecamente incongruentes.

Fuente: Norgaard y Sikor, 1999.

Dentro de este contexto, se podría afirmar que el enfoque científico convencional es atomista y mecanicista de la realidad con una mirada de universalismo y objetivismo para sus conclusiones y minimiza otras formas de conocimiento como

resultado de una visión monista (Norgaard y Sikor, 1999). Con base en lo anterior, se puede afirmar que ha sido esta visión la que ha influido para que el conocimiento agrícola de campesinos e indígenas sea ignorado.

A principio de los noventa, Susanna Hecht (1991) aseguró que existen tres procesos históricos que han restado importancia al conocimiento agronómico de los grupos étnicos locales y sociedades no occidentales. *El primero* es el surgimiento de la ciencia positivista, donde una de las principales características es invalidar cualquier conocimiento no generado mediante el método científico; *el segundo* es la destrucción de los medios de codificación, regulación y transmisión de las prácticas agrícolas; y *el tercero* la voraz transformación de muchas sociedades indígenas no occidentales y los sistemas de producción en que se basaban como resultado de un colapso demográfico, de la esclavitud y del colonialismo y de procesos de mercado.

Para Toledo (2019) la respuesta a esta “civilización fatigada” se encuentra en los pueblos indígenas del mundo; los considera las principales reservas civilizatorias del planeta, y a su juicio, es indispensable reconocer esta premisa para construir una política verdaderamente emancipadora y liberadora. Pero el reto radica en superar la visión etnocentrista y tecnocentrista con la que se han diseñado en general las políticas públicas aplicadas en Latinoamérica, especialmente en el sector agropecuario. La tesis de Toledo (2019) de que vivimos una crisis civilizatoria para algunos supone una posición exagerada y catastrofista; sin embargo, es una voz de alerta bastante documentada que nos advierte de la gravedad y profundidad de los problemas ambientales y de sus implicaciones sociales y económicas.

Las propuestas agroecológicas tienen su centro en la pequeña agricultura campesina, que ha sido desarrollada por agricultores tradicionales mediante un proceso de ensayo, error, selección y aprendizaje cultural que se ha transmitido de generación en generación desde hace muchos años.

Aunado a lo anterior, la cultura campesina ha logrado demostrar que a lo largo de la historia ha desarrollado sistemas ecológicos más correctos de apropiación de los recursos naturales y eficientes en un sentido amplio del término (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000). Estudios de Víctor Toledo han mostrado que la forma de la pequeña producción agrícola y pecuaria es más productiva en cuestiones económicas y ecológicas que las medianas y grandes (Toledo, 2002). Por ejemplo, se han encontrado estudios donde una parcela de 1.73 hectáreas de monocultivo de maíz, produce lo mismo que una hectárea sembrada con maíz, calabaza, frijoles; y se obtiene mayor materia seca para su incorporación al suelo (Altieri y Toledo, 2011). Además, Altieri y Nicholls afirman que con los métodos agroecológicos se puede producir más alimento en menos tierra, con menores requerimientos de energía y agua, lo que se traduce en menor deterioro de los recursos naturales, al mismo tiempo que se prestan servicios ecológicos como la reducción de Gases de Efecto Invernadero (Altieri y Nicholls, 2012); y otros no se ponen en riesgo, como la polinización, la fertilidad del suelo y el control biológico.

Sevilla-Guzmán ha traído a la literatura agroecológica el concepto de “Desarrollo Rural”, aunque con un sentido más amplio, porque para él, el enfoque con que se ha promovido a este concepto ha sido desde el liberalismo económico histórico o desde el neoliberalismo, y lo considera un fracaso especialmente cuando se ha implementado en contextos socioculturales diferentes al de la identidad occidental (Guzmán, González y Sevilla-Guzmán, 2000). Por tanto, afirma que la agroecología propone un paradigma alternativo al de las ciencias convencionales para el desarrollo rural que encuentra en las técnicas de investigación-acción-participativa su concreción práctica. Puntualiza que la propuesta de “Desarrollo Rural” desde un enfoque agroecológico no trata de idealizar al campesinado, pero sí reconocer y recuperar las cuestiones positivas del área sociopolítica y ambiental (Sevilla-Guzmán y Soler, 2009). Cabe, como complemento a estas ideas destacar que la tesis de Eduardo Sevilla en relación a un enfoque distinto del Desarrollo Rural se basa en la idea del impulso a lo que denomina: Métodos de Desarrollo Endógenos, que se sustentan en el trabajo autogestivo de las

comunidades locales, del uso apropiado y ecológico de sus recursos y de la acción colectiva.

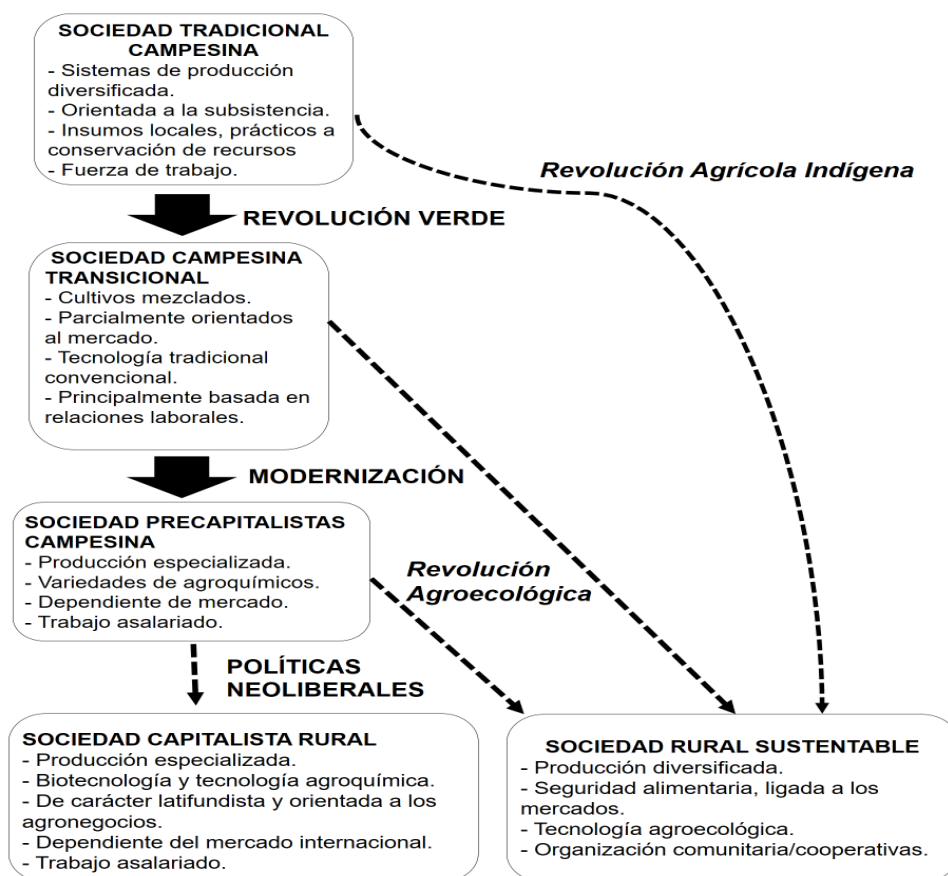


Figura 14. Vías de modernización y transición agroecológica campesina hacia una sociedad rural campesina sostenible.
Fuente: Altieri y Toledo, 2011.

Las propuestas agroecológicas no se limitan a la agricultura. En México se registran experiencias agroecológicas en sistemas socio-ecológicos de gestión de recursos naturales en bosques, en la restauración de tierras degradadas y la conservación de la agrobiodiversidad. En este mismo terreno se ubican los trabajos de rescate de cuencas hidrológicas y otras formas de recuperación de recursos degradados. Por ello, Altieri y Toledo (2011) se refieren a sociedad rural sustentable aquella que tiene una producción diversificada de distintos productos agropecuarios y forestales; al ser el alimento un derecho básico universal, la agroecología trabaja para asegurar que ese alimento siempre esté disponible en

una forma digna, libre y segura; las técnicas agroecológicas que se basan en la agricultura tradicional; y de una forma organizada, que podría ser en cooperativas o como mejor se les facilite a los involucrados.

Para finalizar, aunque son diferentes propuestas agroecológicas las que se han presentado a través de los años, la mayoría buscan transformar los sistemas de producción de la agroindustria mediante la transición de los sistemas alimentarios basados en el uso de combustibles fósiles y enfocados a la producción de cultivos de exportación y biocombustibles a gran escala, en los que se sustenta la agricultura convencional, productivista, frente a lo cual proponen un paradigma alternativo que fomenta la agricultura local y la producción nacional de alimentos por campesinos y familias rurales e incluso urbanas, a partir de innovaciones, del empleo de los recursos locales y la energía solar. Esta visión en común provee a los campesinos la posibilidad de acceder a tierra, semilla, agua, créditos y mercados locales mediante el desarrollo de políticas de apoyo económico, iniciativas financieras, oportunidad de mercados y tecnologías agroecológicas (Altieri y Toledo, 2011). A todas estas tesis se agregan las consideraciones sobre el menor impacto ecológico de la agricultura, la cercanía a mercados de proximidad, el vínculo directo con los productores, los tianguis ecológicos y otras alternativas más.

4.7. Conclusiones

La pérdida de fertilidad del suelo, el cambio climático, la contaminación de cuerpos de agua, la pérdida de diversidad genética, la muerte de especies vegetales y animales, y la exclusión y marginación de los campesinos y pequeños productores son el resultado más inmediato de los modelos productivos rurales que se han venido implementando desde la década de 1940. Pero el problema va más allá de esto, la cuestión radica en la visión etnocentrista, tecnocentrista y unidimensional con el que se diseñan dichos modelos y con el que se estudian las temáticas del campo. Por ejemplo, la ciencia formal fragmenta el

conocimiento y estudia estas temáticas como entidades aisladas y no como un todo.

La agroecología representa una forma diferente de concebir los problemas, un nuevo paradigma teórico metodológico que, aunque su marco teórico conceptual se encuentra en construcción y no tenga una definición consensuada, está muy claro que los sujetos de estudio son los campesinos, indígenas, pequeños agricultores y las familias, y el objeto de estudio los agroecosistemas, los sistemas alimentarios y la soberanía alimentaria. En general una visión distinta de la relación sociedad-naturaleza menos entrópica que rompe incluso con una visión positivista y fragmentaria de la ciencia y el conocimiento, avanzando en visiones holísticas y de valoración de la complejidad socioambiental. El centro de la agroecología se encuentra en revalorizar y conservar los conocimientos y creencias de los campesinos e indígenas, en el diálogo de saberes, en el desarrollo endógeno, en la acción colectiva, en la buena gestión y conservación de los recursos naturales, en el equilibrio de las cosas, en otorgarle un rol protagónico a las culturas rurales para la resolución de la crisis ecológica. Todo ello sin desdeñar los avances del “conocimiento científico” y las bondades que supone la complementación de saberes.

Con la pandemia viral que actualmente asola al mundo, los conceptos y práctica de la agroecología son indispensables y urgentes e incluso la visión de la agricultura y la alimentación están cambiando, poniendo incluso en cuestionamiento los modelos dominantes hasta ahora imperantes. El modelo neoliberal de la producción a gran escala y la agroexportación se ven inviables, tanto desde el punto de vista productivo, de transporte, como desde el mercado, donde las condiciones económicas de la gran mayoría de los seres humanos están yendo al “decrecimiento” (Elizalde, 2009). Desde luego los aspectos ambientales y la valoración de los procesos de salud-enfermedad han saltado al terreno de los debates prioritarios.

Por último, la agroecología no plantea la campesinización o la conversión a la agricultura tradicional de todas las unidades agrícolas del mundo, porque eso sería algo absurdo e imposible de lograr. Más bien la propuesta agroecológica va hacia la forma en que se conciben los procesos productivos, una nueva manera de llevar a cabo la agricultura y el desarrollo rural en general, porque como se ha realizado ha sido un rotundo fracaso, especialmente en materia ecológica y social. Esta nueva vía que propone la agroecología es no perder de vista que los recursos naturales son la base para el desarrollo, que las futuras generaciones dependen de su buen manejo y conservación, y que el conocimiento agrícola de campesinos e indígenas es material valioso para poder lograr esta meta. No se trata propiamente de propuesta sino de acciones colectivas en las que están presentes nuevas formas de vida y de resistencia ante los procesos dominantes y contra el poder de las multinacionales y la agricultura y la alimentación como negocios. Una lucha, en mucho desde abajo y aún en desventaja, frente al food-power.

V. EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA JUSTICIA SOCIAL PARA ENFRENTAR LA SITUACIÓN ACTUAL.

5.1. Introducción

En este capítulo se presentan y analizan las bases teóricas que ayudan a abordar las temáticas que se discutieron en los capítulos anteriores. Porque tanto la visión del concepto de desarrollo sostenible como de la justicia social representan una alternativa a la situación actual. Porque el problema es tan complejo que requiere de soluciones integrales, que no solo se queden como buenas intenciones por parte de los líderes de algunos países y de las Naciones Unidas, en sus diversas iniciativas.

Como primer elemento se incluye el concepto de sostenibilidad, un breve antecedente, los inicios de la discusión sobre medio ambiente y desarrollo a nivel mundial, tales como el trabajo de Rachel Carson, el club de Roma, los Meadows e Ignacy Sachs. Además, se analiza al Desarrollo Sostenible desde un enfoque multidisciplinario, considerando a los tres ejes del concepto: económico, ambiental y social. Después se comparte una descripción del concepto de Justicia Social, su definición, importancia y relación con el Desarrollo Sostenible, y el por qué el segundo no puede concebirse sin incluir al primero.

5.2. Antecedentes del Desarrollo Sostenible

Desde que el ser humano apareció en la tierra se ha caracterizado por adaptarse a las condiciones naturales para poder subsistir. En este proceso el hombre ha modificado a la naturaleza según sus necesidades. En la historia se describen a importantes civilizaciones que explotaron los recursos naturales sin medida. Por ejemplo, Clive Ponting (2009) en su libro *Historia verde del mundo* describe la manera en que algunas sociedades antiguas destruyeron gran parte del mundo natural¹¹. Sin embargo, a partir de 1760, con el inicio de la Revolución Industrial

¹¹ Específicamente en el capítulo 5 “Destrucción y supervivencia” y en el 13 “La segunda gran transición”.

la explotación se volvió intensiva y sistémica, afectando la capacidad de resiliencia de los ecosistemas, originando un serio deterioro ambiental.

La preocupación por temas ambientales se documentó a principios del siglo XX, los primeros en interesarse formalmente fueron académicos de países industrializados y primermundistas. Después de la segunda guerra mundial se comenzó a extender poco a poco al resto del mundo y a diferentes sectores. La preocupación incluyó el deterioro ambiental y el impacto en la salud pública. Por ejemplo, en Londres en 1952 ocurrió “La gran niebla”, que según la cifra estimada terminó con la vida de casi 13 mil personas por exposición a esta espesa capa de humo. Aunque el fenómeno se debió a diversos factores, tales como un frente frío y una actividad anticiclónica, se cree que el uso del carbón en la actividad industrial y en la calefacción fueron determinantes. “La gran niebla” sirvió para concientizar sobre los efectos de la contaminación atmosférica en Inglaterra, después de esto se crearon leyes para reducir el uso de carbón como fuente de energía.

Rachel Carson, una bióloga marina y activista, originaria de una granja de Pensilvania, Estados Unidos, se encargó de concientizar y denunciar la problemática ambiental que existía a mediados del siglo XX. En su trilogía, *Under the Sea-Wind* (1941), *El mar que nos rodea* (1951) y *The Edge of the Sea* (1955), trata sobre la complejidad de los ecosistemas marinos, su sobreexplotación y los efectos en la cadena alimenticia; y *La Primavera Silenciosa* (1962), su obra cumbre, aborda el problema de contaminación que sufre el planeta, denuncia los efectos nocivos para la naturaleza y la salud pública que origina el empleo masivo de algunos químicos, como el DDT, uno de los pesticidas más polémicos. Carson es considerada la fundadora del ecologismo. Es probable que el debate que inició esta bióloga haya sido uno de los factores que influyeron para que Estados Unidos incorporara la política ambiental a su agenda y creara la Agencia de Protección Ambiental (USEPA) en 1970.

La conformación del Club de Roma fue un elemento importante que inició la discusión sobre el desarrollo y medio ambiente. Este club surgió a partir de una reunión exploratoria convocada por el industrial italiano Aurelio Peccei y el científico escocés Alexander King en abril de 1968. Peccei y King expresaron su preocupación por el ritmo del desarrollo socioeconómico, la degradación ambiental y la división entre norte y sur, y decidieron invitar a un grupo de políticos y científicos de diversos países. Sin embargo, la primera reunión fue un fracaso, aunque el astrofísico Erich Jantsch, a petición de King, preparó un documento brillante con los antecedentes para la discusión, resultó ser demasiado abstracto, complicado y controvertido para la mayoría de los participantes (The Club of Rome, 2018). Pero continuaron su trabajo y para 1970 el Club de Roma se legalizó bajo la legislación suiza, y llevaron a cabo su primera reunión formal en Berna. En esta reunión el Club invitó al grupo *Dinámica de Sistemas* del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés), dirigido por el Profesor Jay Forrester, para desarrollar el modelo *World3*.

Dennis Meadows en colaboración con Donella Meadows y Jørgen Randers del MIT se encargaron de hacer el modelo *World3*, que derivó del *World1* y *World2*, elaborado por Jay Forrester. *World3* es un programa computacional donde hicieron proyecciones sobre el crecimiento poblacional, industrial, producción de alimentos y los límites de los ecosistemas de la Tierra. Los resultados se reportaron en *Los límites del crecimiento* en 1972. El libro exponía que la tierra es un planeta limitado, y aseguró si la industrialización, la contaminación ambiental, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos naturales mantienen las tendencias actuales de crecimiento de la población mundial, se alcanzarán los límites en los próximos cien años. El resultado más probable sería un súbito e incontrolable descenso, tanto de la población como de la capacidad industrial. El trabajo es considerado un clásico en el tema de sostenibilidad, porque es el primer estudio en cuestionar la viabilidad del crecimiento continuo en la huella ecológica humana; se tradujo a más de 30 idiomas y ha vendido más de 16 millones de copias (*Ibidem*).

El trabajo de los Meadows fue criticado, porque proponía la detención del crecimiento económico y demográfico, lo que se conoce como “crecimiento cero”. Según el trabajo de Herrera et al., (1976): *¿Catástrofe o Nueva Sociedad?* el problema de la degradación ambiental no se deriva directamente del crecimiento demográfico y económico, más bien, lo determina la distribución desigual del ingreso y las formas de la pobreza. La tesis de Herrera es que los países pobres deben ser considerados en las discusiones sobre ambiente y desarrollo, como importantes protagonistas.

Aunado a la idea anterior, la *Conferencia de Founex* realizada en Suiza en 1969, había logrado reunir a un grupo de 27 personalidades de renombre mundial, principalmente representantes de países pobres y expertos en temas del desarrollo. El objetivo fue alcanzar un acuerdo y consensuar un punto de vista que considerara los intereses de sus países sobre subdesarrollo, miseria y pobreza, y relacionarlo al tema de la crisis ambiental (Estenssoro, 2015). En 1971 presentaron el *Informe Founex*, donde mencionan que el desarrollo y el medio ambiente son dos caras de la misma moneda, y que no puede haber desarrollo si los recursos naturales no son suficientes (Sabogal y Hurtado, 2009).

La *Conferencia sobre Medio Humano* de las Naciones Unidas celebrada en Estocolmo, Suecia en junio de 1972 fue determinante para la inclusión formal del tema ambiental en la agenda de la política mundial. A este evento asistieron 113 representantes de países primermundistas y tercermundistas, 19 organismos intergubernamentales y más de 400 organizaciones no gubernamentales. Aunque es importante resaltar que no se contó con la participación de la entonces Unión Soviética y la mayoría de sus aliados. De los resultados más relevantes de esta conferencia resalta la moratoria de diez años a la caza comercial de ballenas, la prevención de descargas deliberadas de petróleo en el mar a partir de 1975, y un informe sobre los usos de energía para 1975. Asimismo, se recomendó la creación de un pequeño secretariado en las Naciones Unidas para coordinar y llevar a cabo actividades relacionadas con el cuidado del ambiente.

Además, en este año se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

El *reporte de Founex* se tomó como documento base en la *Conferencia sobre Medio Humano de las Naciones Unidas 1972*. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) o simplemente Naciones Unidas, inició la organización de la Conferencia de Estocolmo a finales de la década de 1960; los países en vías de desarrollo o tercermundistas estaban desconfiados respecto a las intenciones que tenían con este evento, y se temió un boicot por parte de ellos. Uno de los principales argumentos de estos países era que la Conferencia estaba enfocada en aspectos característicos de los países primermundistas como la contaminación industrial, la explosión demográfica y el crecimiento urbano, mientras ellos no podían cubrir necesidades elementales como la alimentación. Por lo anterior, Maurice Strong convocó a la reunión de Founex con la intención de hacer lobby con los gobernantes de los países pobres y evitar el fracaso de la Conferencia de 1972 (Estenssoro, 2015).

La discusión sobre ambiente y desarrollo continuó en los años 70. Entonces surgió el ecodesarrollo. Maurice Strong lo presentó en la reunión del Consejo Consultivo del PNUMA realizado en Ginebra en junio de 1973. Pero el economista polaco Ignacy Sachs lo trabajó a mayor profundidad y lo teorizó mejor. Sachs es considerado por algunos como un *ecosocioeconomista*, porque proponía el desarrollo incluyendo el crecimiento económico, con la preservación ambiental y el aumento igualitario de bienestar social.

Según Enrique Leff (2009), Sachs consideró a América Latina un buen lugar para aplicar sus propuestas sobre ecodesarrollo, viajó a algunos países de esta región en la década de los 70, especialmente a Brasil y a México. En agosto de 1973 fue invitado a México al seminario “Medio Ambiente y Desarrollo: Estrategias para el Tercer Mundo”, organizado por la Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en el Colegio Nacional de Economistas de México, donde presentó por primera vez el concepto ecodesarrollo, al que definía como

“un estilo de desarrollo que busca con insistencia en cada ecorregión soluciones específicas a los problemas particulares, habida cuenta de los datos ecológicos, pero también culturales, así como de las necesidades inmediatas, pero también de las de largo plazo” (Sachs, 1974, p.364).

Ignacy Sachs propone un ecodesarrollo adaptado a las regiones rurales de los países pobres. En cierta manera, en su artículo *Ambiente y estilos de desarrollo* (1974) responde al trabajo de los Meadows y su propuesta de crecimiento cero. Porque para Sachs el enfoque no está en la reducción del crecimiento demográfico y económico sino en reorientar la percepción que se tiene de la naturaleza, donde haya un equilibrio durable entre el hombre y la naturaleza. Para Sachs el ecodesarrollo era “un desarrollo socialmente deseable, económicamente viable, y ecológicamente prudente” (Sachs, 1981, p.11). Por ello, para autores como Estenssoro (2015) este concepto es el precursor del Desarrollo Sostenible. Aunque el interés por el primero empezó a declinar cuando surgió el segundo en 1987.

5.3. El Desarrollo Sostenible: origen y discusión del concepto

En otoño de 1983 la Asamblea General de la ONU creó a la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD). La Comisión celebró una serie de reuniones públicas alrededor de todo el mundo, donde pedía observaciones y declaraciones de científicos, dirigentes oficiales, organizaciones no gubernamentales y del público en general. En 1984 llevaron a cabo su primera reunión para establecer una agenda global para el cambio.

En 1987 la CMMAD presentó el informe Brundtland, inicialmente llamado “Nuestro futuro común”, que incluía la definición del concepto Desarrollo Sostenible (DS). El informe fue redactado por la Dra. Gro Harlem Brundtland estando al frente de la CMMAD. El documento resume el Desarrollo Sostenible como aquel que “satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Aunque el concepto surge en 1987, fue a partir de la *Cumbre de la Tierra* de Naciones Unidas llevada a cabo en Río de Janeiro en 1992, cuando se asume formalmente al DS como una forma de integración entre desarrollo y medio ambiente, gracias a la elaboración y aprobación de la *Agenda 21*, un programa global que norma el proceso de desarrollo con base en los principios de la sostenibilidad.

A partir de la *Cumbre de Río* surgen diversas definiciones del “Desarrollo Sostenible”, la mayoría incluyen al eje económico, ambiental y social como pilares centrales del término. Por ejemplo en México, en la Ley General de Equilibrio Ecológico de Protección al Ambiente (LGEEPA, 1998, p.3) se estipula que el desarrollo sostenible es el “proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter ambiental, económico y social que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se funda en medidas apropiadas de preservación del equilibrio ecológico, protección del ambiente y aprovechamiento de recursos naturales, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”.

Cuadro 10. El paradigma del Desarrollo Sostenible en la Agenda 21.

ELEMENTO	CRITERIO
Sostenibilidad Económica	Crecimiento
	Desarrollo
	Productividad
	Trickle Down (Derrama Económica)
Sostenibilidad Social	Equidad
	Empoderamiento
	Accesibilidad
	Participación
	Intercambio
	Identidad Cultural
	Estabilidad Institucional
Sostenibilidad Ambiental	Integridad en los Ecosistemas
	Capacidad de Carga
	Biodiversidad

Fuente: Kahn, 1995 en Basiago, 1999.

Las definiciones que se presentan son diversas, y varían con la disciplina o corriente del autor, pero casi todas hacen énfasis en la equidad intergeneracional, lo que es importante. Sin embargo, para Ben-Eli hablar sobre las necesidades de las futuras generaciones no es fácil de definir o determinar, y recomienda enfocarse más en la capacidad de carga y otros elementos que sean mensurables. Por lo tanto, define al DS como “Un equilibrio dinámico en el proceso de interacción entre la población y la capacidad de carga de su entorno de tal manera que la población se desarrolle para expresar su potencial completo sin producir efectos irreversibles y adversos sobre la capacidad de carga del medio ambiente del que depende” (Ben-Eli, 2005, p. 4).

A través de los años se ha creado un debate alrededor del concepto de sustentabilidad y sostenibilidad. Por un lado, algunos estudiosos del tema como Larrouyet (2015) aseguran que solo es cuestión de traducción, que “Desarrollo Sustentable” es el resultado de la traducción literal de la expresión original: *Sustainable Development*. Mientras que el uso de la palabra “Sostenible” es la resistencia a los anglicismos de algunos países, con esta finalidad, “Sustentable” cumpliría mejor que “Sostenible”. Aunque la ONU la traducción de “*sustainability*” del inglés al español es “Sostenible”, por ello, en sus documentos oficiales aparece “Desarrollo Sostenible” o “Sostenibilidad”.

Por otro lado, para autores como Fernández y Gutiérrez (2013) la diferencia entre estas dos expresiones tiene un análisis más profundo que la cuestión de traducción, consideran que el concepto de Desarrollo Sustentable se relaciona con el crecimiento económico que compra los recursos naturales de los países pobres, mercantilismo ecológico, recursos que difícilmente se regeneran o sustituyen. El uso de los recursos los centra en la tecnología, solo tiene en cuenta el incremento de bienes y servicios sin considerar el deterioro ambiental y el bienestar social de las personas que menos tienen, originando brechas entre los países pobres y ricos, éstos últimos son ejemplo de sistemas sustentables, que mantienen su confort a costa de alimentarse de los recursos de países pobres que se deterioran en el tiempo. Mientras que el Desarrollo Sostenible es integral

con valores, tecnologías limpias y leyes de protección que brindan bienestar a las presentes y futuras generaciones sin daño ambiental, social y económico. Tiene una visión a futuro, una política ecológica ambiental, busca el progreso socioeconómico de los países pobres, es decir, la ecologización de la economía. Está conformado de sistemas y subsistemas, con recursos humanos, naturales y manufacturados que requiere definir principios (Rodríguez y Govea, 2006).

El Desarrollo Sostenible debe entenderse como un proceso dinámico dirigido por la comprensión de las problemáticas ambientales, sus causas y efectos. Pero es determinante una integración o articulación sistémica de los componentes económicos, ambientales y sociales para poder enfrentar los retos que requiere el cambio (ver figura 15).

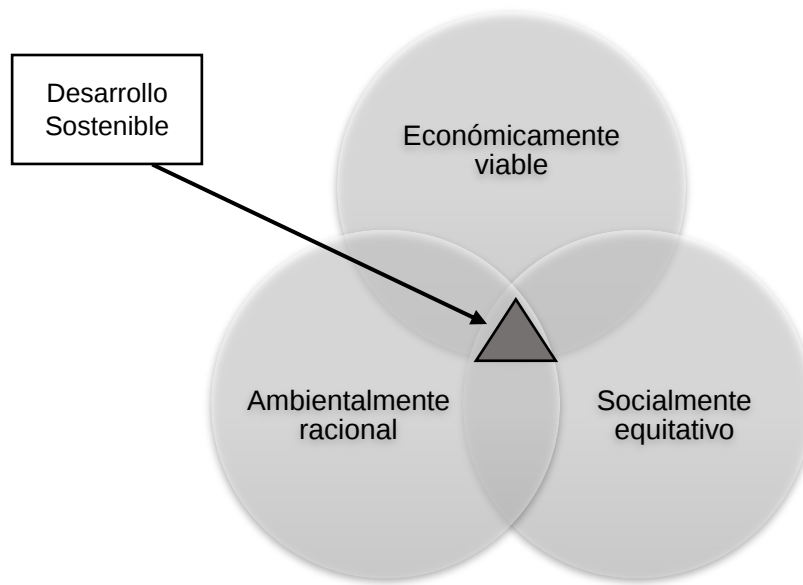


Figura 15. Ejes del Desarrollo Sostenible.
Fuente: elaboración propia.

La “Sostenibilidad Económica” implica al sistema de producción que satisface los niveles de consumo actuales sin comprometer las necesidades futuras. La “Sostenibilidad Económica” busca la sostenibilidad económica en sí misma. Según Basiago (1999) este concepto fue originado por Hicks en su obra *Value and Capital* de 1939, donde define al “ingreso” como la cantidad que uno puede consumir durante un período y aún estar bien al final del mismo. Referirse a

“Sustentabilidad Económica” es romper con los paradigmas clásicos de la economía, donde se asegura que los recursos naturales son infinitos y que se tiene el derecho a disponer de ellos sin limitantes, donde no tiene cabida el consumo descontrolado y el crecimiento exponencial; y se reconoce la existencia e importancia del capital natural, social y humano.

La “Sostenibilidad Ambiental” según el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012 se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Dentro de este componente los recursos naturales se deben gestionar de forma sostenible asegurando la demanda alimentaria de la población y otras necesidades ambientales, sociales y económicas (FAO, 2018b). El cambio climático, la escasez de agua y los conflictos por acceso a los recursos son desafíos a la sostenibilidad ambiental y a la seguridad alimentaria.

La “Sostenibilidad Social” en un sentido básico habla sobre un sistema de organización social que reduce o elimina la pobreza; y establece el nexo entre las condiciones sociales como la pobreza y el deterioro ambiental (Basiago, 1999). La “Sostenibilidad Social” exige un crecimiento económico limitado por los requisitos de la equidad social. Pero para lograr este vínculo se debe crear un entorno propicio que optimice el uso de los recursos, priorice la asignación de recursos y promueva la distribución de los recursos.

Lograr la sustentabilidad en el manejo de los recursos naturales es un gran reto que requiere de trabajo interdisciplinario, así como de participación del estado en los diferentes niveles, y la colaboración entre países. El Desarrollo Sostenible busca encauzar los procesos económicos considerando los límites medioambientales y la justicia social.

5.4. Justicia social

La Justicia Social (JS) es un concepto extenso, que proviene de la palabra “Justicia”, desde un enfoque de lo legal¹², que tiene sus orígenes en los griegos, Sócrates, Platón y Aristóteles. Sócrates no dejó nada escrito pero su conocimiento se transmitió con su discípulo Platón, en su trabajo “La República”, donde asegura que la justicia se basa en la idea del bien, es la virtud del orden, poner a cada ciudadano en su lugar social, según su saber y el papel que puede y debe desempeñar. Aristóteles presenta una descripción más amplia del término; la divide en dos subclases o tipos a) *la justicia legal o general*, por cuanto es coextensiva con toda la virtud, y b) *la justicia particular*, que se divide en i) justicia conmutativa, de los modos de trato voluntarios como la compra, venta o préstamo, e involuntarios como aquella que rige al margen de la voluntad de las partes y busca corregir, por medio del fallo del juez, y ii) justicia distributiva, la definición de esta subclase de justicia se aproxima a la de JS, ésta se refiere a la repartición de bienes y servicios entre los miembros de la sociedad, con base en un criterio de igualdad proporcional o geométrica: a cada uno según sus méritos (Contreras, 2012).

La JS surgió como término religioso, en el sentido que se concibió dentro de este círculo: El primero en desarrollarlo fue el sacerdote jesuita italiano Luigi Taparelli d’Azeglio en su trabajo “Ensayo teórico sobre el derecho natural apoyado en los hechos” en 1843 (Burke, 2010). Este sacerdote lo definió de la siguiente manera “...la justicia social debe igualar de hecho a todos los hombres en lo tocante a los derechos de humanidad...”, (Taparelli, 1949 en Murillo y Hernández, 2011, p. 11). Posteriormente, el término fue retomado y difundido por Antonio Rosmini-Serbati.

La JS ha sido parte de la enseñanza oficial de la iglesia católica romana desde 1931, cuando el Papa Pío XI en su Carta Encíclica *Quadragesimo Anno* abordó

¹² Se concibe la palabra “legal” como aquello que es propio de la ordenación al bien común, de lo establecido en la Ley.

este concepto como un tema donde debe haber distribución de la riqueza en una sociedad, y una reducción en la brecha entre los ricos y los más necesitados.

“A cada cual, por consiguiente, debe dársele lo suyo en la distribución de los bienes, siendo necesario que la partición de los bienes creados se revoque y se ajuste a las normas del bien común o de la justicia social, pues cualquier persona sensata ve cuán gravísimo trastorno acarrea consigo esta enorme diferencia actual entre unos pocos cargados de fabulosas riquezas y la incontable multitud de los necesitados”.

Pío XI, 1931.

Aunque el concepto nació en las esferas religiosas y lo continúan incluyendo como base en algunos de sus documentos, la JS también se utilizó en las últimas fases de la Primera Revolución Industrial: lo aplicaban a los abusos hacia los obreros que surgieron de la sociedad industrializada y del Capitalismo. En este sentido, la JS se convirtió en la bandera de transformaciones económicas, sociales, políticas y culturales, enfocada en los desvalidos. Probablemente fue un principio regulador que estableció el equilibrio entre los poseedores y desposeídos, entre ricos y pobres, entre los socialmente fuertes y socialmente débiles (Olaso, 2008).

La conceptualización de JS ha evolucionado con los años, porque la dinámica de la sociedad ha cambiado desde que Taparelli presentó su trabajo en 1843. Para Burke (2010) podría existir una concepción conservadora del término, una liberal y una socialista, todas con el derecho a llamarse a sí mismas JS. Dentro de los autores actuales que definen este concepto se encuentran Balaceanu, Apostol y Penu (2012, p. 678) que consideran a la JS como “una construcción moral y política dirigida a la igualdad de derechos y la solidaridad colectiva, abogando por una sociedad más justa, asegurada por la redistribución de la riqueza, y realizando su perpetuo estado de injusticia. La justicia social se basa en la igualdad de derechos de cualquier persona y la posibilidad de que todos los seres humanos, sin discriminación alguna, beneficiarse del progreso económico y social, independientemente de la doctrina política o socioeconómica. Garantizar la justicia social va más allá del estado de los ingresos de la actividad económica,

siendo igualmente una expresión de los derechos, la dignidad y la libertad de expresión, de la autonomía económica, social y política”.

Es importante incorporar una variable que analizó Stiglitz (2002) en su trabajo “Empleo, justicia social y bienestar de la sociedad”, donde asegura que el trabajo está antes que el capital. Presenta su desacuerdo con algunos aspectos analizados en la teoría económica neoclásica, porque el trabajo es tratado como cualquier otro factor de producción, como el acero o el plástico, pero él insiste que es diferente a las demás mercancías. Dentro de este marco argumenta que existen factores del trabajo que deben ser considerados, como los salarios justos, el ambiente laboral, los incentivos, el bienestar del trabajador, la libertad sindical y los derechos sindicales.

Además, el concepto tiene tres concepciones o dimensiones que lo explican mejor, la Justicia Social como *Distribución, Reconocimiento y Participación*. La *Distribución* se refiere a la distribución de bienes, recursos materiales y culturales, capacidades. Esta dimensión se basa en que los bienes primarios estén distribuidos en la sociedad, que a su vez se divide en cuatro tipos: a) Justicia igualitaria, a cada persona una parte igual; b) Justicia según sus necesidades, a cada personas de acuerdos a sus necesidades individuales; c) Justicia según el mérito, a cada persona según su contribución a la generación de los beneficios sociales y de riqueza; y d) El principio de diferencia, las desigualdades se justifican si el beneficio es para los menos aventajados. El *reconocimiento* está enfocado en el reconocimiento y el respeto cultural de todas y cada una de las personas, en la existencia de unas relaciones justas dentro de la sociedad. El objetivo es que se acepten las diferencias de un modo amistoso. Como ejemplo se pueden citar la valoración de las minorías étnicas, sexuales y raciales. La *participación* está centrada a la participación en decisiones que afectan a sus propias vidas, es decir, cuando las personas son capaces de tener una activa y equitativa participación en la sociedad. En este sentido la Justicia considera el acceso y la equidad en la vida social, especialmente para aquellos que han sido

excluidos por su etnia, edad, género, habilidad física o mental, educación, orientación sexual o situación económicas (Murillo y Hernández, 2011).

La aplicabilidad de la Justicia Social ha sido cuestionada, especialmente por el economista Friedrich Hayek, ganador del nobel de economía en 1974, quien asegura que es difícil aplicar la JS en un mundo con una economía de mercado. Asimismo, sostiene que no puede haber justicia distributiva (uno de los principios básicos de la JS) porque nadie la distribuye. Para Hayek la JS solo tiene sentido como regla de conducta humana, y ninguna de estas reglas, bienes o servicio en una economía de mercado producirá una distribución que pueda describirse como justa o injusta. Aunado a que no existe una regla general del término, de donde se pueda deducir lo que es “socialmente justo” (Hayek, 1978).

Una vez expuestos algunos argumentos en contra del concepto de Justicia Social provenientes de la teoría liberal de Hayek, es válido poner sobre la mesa trabajos como el de Balaceanu, Apostol y Penu (2012) donde hacen un esfuerzo por *operacionalizar*¹³ o aplicar el término. La aplicabilidad de la JS requiere del involucramiento entre el mercado, instituciones y necesidades. Fortaleciendo la relación entre “Justicia Social” y “Justicia Económica” para garantizar el bienestar, que es la palabra clave para la operacionalización del concepto, considerando que se puede utilizar a los indicadores sintéticos de bienestar social, el Producto Interno Bruto (PIB), los niveles de acceso a educación y a servicios, por mencionar algunos para ayudan a estimar la disparidad económica y social entre diferentes comunidades.

Para Sen (1997) el bienestar se refiere a las libertades y capacidades que la gente realmente disfruta, como lo expone en la economía del bienestar, y que le sirvió para ganar el nobel de economía en 1998. El bienestar se logra con el involucramiento del Estado y del mercado. Por un lado, el Estado puede contribuir

¹³ “Definir las variables para que sean medibles y manejables, significa definir operativamente el concepto. Traducir los conceptos (variables) a hechos observables para lograr su medición. Las definiciones señalan las operaciones que se tienen que realizar para medir la variable, de forma tal, que sean susceptibles de observación y cuantificación” (Ávila, 2006).

mediante las palancas de política económica, a través de mecanismos monetarios y fiscales para asignar recursos económicos. Por otro, con el apoyo de los mecanismos competitivos del mercado, se puede garantizar el uso eficiente de los recursos económicos. Por ende, el bienestar de las personas depende de la efectividad del Estado, de las políticas económicas, de cómo redistribuya la riqueza en la economía combinada con el aumento de la eficiencia del mecanismo del mercado en la producción de ingresos económicos. El bienestar se puede lograr reduciendo el nivel de disparidad económica y social entre las comunidades, utilizando un indicador o índice de disparidad (Balaceanu, Apostol y Penu, 2012).

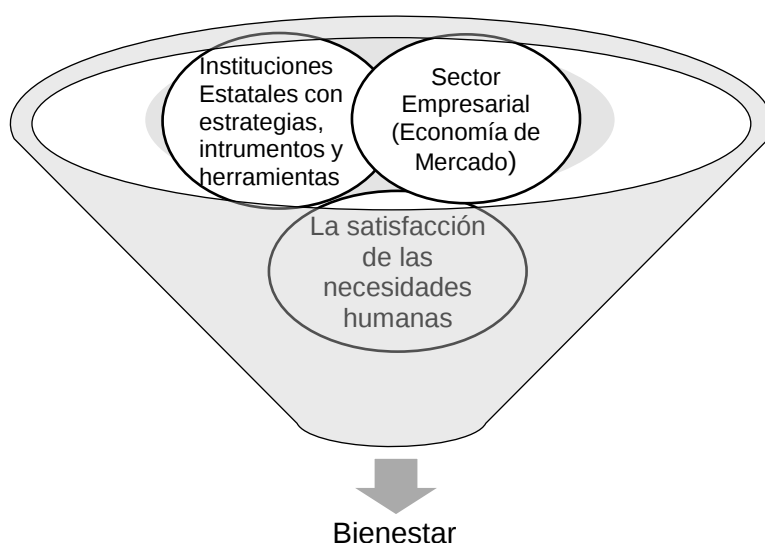


Figura 16. El concepto de Justicia Social.
Fuente: Balaceanu, Apostol y Penu, 2012.

Para finalizar, el concepto de Justicia Social es complejo, ha evolucionado con el tiempo y ha adquirido un carácter multidimensional y multidisciplinar. La JS se identifica como un procedimiento o proceso en la medida que se convierte en una herramienta para lograr una justicia distributiva y un reconocimiento político y cultural (Murillo y Hernández, 2011). Sin embargo, poniéndose estrictos, la JS solamente se encuentra en los documentos y en algunas regiones de países primermundistas, porque el modelo económico actual se ha encargado de ampliar cada vez más la brecha entre los ricos y los más necesitados. Según el

informe La riqueza cambiante de las naciones (*The Changing Wealth of Nations*), la riqueza mundial creció 66 por ciento durante el periodo 1995-2014, pero la *per cápita* se redujo o se estancó en más de 20 países. Además, la riqueza *per cápita* de los países de ingreso alto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) fue 52 veces mayor que la de los países de ingreso bajo (The World Bank, 2018). También existen barreras sociales y culturales que no permiten ejercer este término, abuso o no reconocimiento de los derechos de los niños, mujeres y otros grupos considerados vulnerables por su raza, etnia, preferencia sexual o religiosa, porque JS también incluye valores y costumbres. Por ello, Stiglitz (2002) asegura que para lograr un desarrollo que impulse el bienestar de la sociedad y se ajuste a los principios básicos de la JS se debe reformar la arquitectura económica internacional, pero también la transformación de la sociedad.

5.5. Desarrollo Sostenible y Justicia Social

La ONU ha trabajado en desarrollar iniciativas para incluir al Ambiente y al Desarrollo en la agenda de un gran número de países desde hace más de cinco décadas. Su esfuerzo se ha visto reflejado en diferentes Cumbres de la Tierra como la de Estocolmo (1972), la de Río (1992), la del Milenio (2000), la de Johannesburgo (2002), Río +20 (2012) y Nueva York (2015); y en varios documentos como el Informe Brundtland (1987), Agenda 21 (1992), La Declaración del Milenio (2000) y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (2015), por mencionar algunos. En estos eventos internacionales y documentos se proponen estrategias para acabar con la pobreza, proteger al planeta y asegurar la prosperidad para todos.

No obstante, estas iniciativas y acuerdos se han visto obstaculizados, en cierta forma, porque no son jurídicamente obligatorios, su éxito depende de la voluntad de cada país y de las estrategias de política pública que emita cada nación. Por ejemplo, Donald Trump retiró oficialmente a Estados Unidos del Acuerdo de París sobre cambio climático en 2019, porque según él, es debilitante, desventajoso

e injusto, lo que es lamentable considerando que esa nación es una de las principales emisoras de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Asimismo, estos acuerdos también se ven obstruidos por los intereses de las empresas multinacionales que cada vez influyen más en las tomas de decisiones a nivel global, que inicialmente surgen como propuestas interesantes que generarán fuentes de empleo y no afectarán los recursos naturales, pero la realidad es que ofrecen unos cuantos empleos con salarios mínimos, y con un costo ambiental y social muy alto.

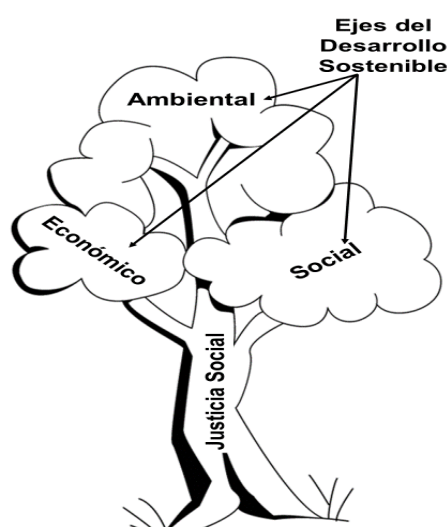


Figura 17. Relación del Desarrollo Sostenible y la Justicia Social.
Fuente: elaboración propia.

Dentro de las temáticas de estas iniciativas mundiales sobresalen tres elementos que son importantes en materia de desarrollo sostenible y justicia social. Temas donde es primordial incrementar esfuerzos porque los daños en su mayoría pueden ser irreversibles:

1) Pobreza, el estudio *Panorama Social de América Latina 2019* de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), aseguró que dentro del periodo 2015-2019 se presentó un incremento en los niveles de pobreza de 30.1 a 30.8 % y de pobreza extrema de 10.7 a 11.5 %. A pesar de una breve reducción de la pobreza en la mayoría de los países de esta región dentro del periodo 2002-2015. Según este estudio la incidencia de la pobreza y de la pobreza extrema es

más elevada entre niños, adolescentes, jóvenes, mujeres y la población que reside en áreas rurales (CEPAL, 2019).

2) Ambiental, se ha documentado que la deforestación de la selva amazónica se ha incrementado en los últimos años. Según la Organización No Gubernamental *Centro de Documentación e Información Bolivia*, en los noventa se deforestaban 148 mil hectáreas anuales de selva, en la década de los 2000 fueron 270 mil, y a partir de 2011 se han estado deforestando cerca de 350 mil hectáreas anuales (Tabuchi, Rigby y White, 2017). Lo que respecta al agua, la Organización Mundial de la Salud anunció que 4 de cada 10 personas sufren de escasez de agua, y 2.1 billones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de manera segura. Además, en México está por aprobarse la Ley General de Aguas que conduce a la privatización de este recurso en el país, privilegiando a la actividad minera, la industrial y al *fracking* (fractura hidráulica), porque ponen el uso industrial por encima del derecho humano al agua¹⁴.

3) En cuanto a la violación de los derechos de los niños, el documento “La guerra contra la infancia: es hora de poner fin a las violaciones de los derechos de los niños y las niñas en los conflictos armados”, demuestra que la cifra de infantes atrapados y afectados por la guerra aumentó 75 por ciento desde 1990 hasta la fecha, es decir, uno de cada seis niños vive en una zona de conflicto. Aseguran que la cifra de niños y niñas que viven en zonas afectadas por conflictos es más alta que nunca, por lo menos 357 millones en el mundo (Save the Children, 2018).

Dentro de las últimas acciones de la ONU sobre Ambiente y Desarrollo se encuentra la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Este documento se aprobó en La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible llevada a cabo en Nueva York del 25 al 27 de septiembre de 2015, donde los 193 Estados Miembros de la Naciones Unidas, actores de la sociedad civil, académicos y sector privado establecieron un proceso de negociación abierto, democrático y participativo para

¹⁴ Los decretos de reserva de agua declarados el pasado 6 de junio de 2018 se fundamentan en la **Ley de Aguas Nacionales** (LAN).

aprobar esta Agenda. El documento tiene 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas que deben alcanzarse durante el periodo 2015-2030. Los ODS son heredados de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), incluidos en la Declaración del Milenio (2000), también realizada en New York. Se espera que con estos nuevos objetivos se consigan los logros que no se obtuvieron con los anteriores (ONU, 2018).

Los ODS de la *Agenda 2030* son iniciativas para acabar con la pobreza, promocionando el crecimiento económico, abordando necesidades sociales como la educación, salud, la protección social y las oportunidades de empleo, al mismo tiempo que se lucha contra el cambio climático y la protección al medio ambiente. Es una propuesta ambiciosa, que representa un gran reto y requiere del esfuerzo de los Estados, sector privado, academia, organizaciones de la sociedad civil y la población en general. Porque lo que se promueve en ese documento no es fácil de lograr en el modelo económico neoliberal en que se encuentran inmersos la mayoría de los países; porque en la Agenda 2030 la igualdad y dignidad de las personas se pone en el centro de los objetivos y hace un llamado a cambiar el estilo actual de desarrollo, respetando el medio ambiente. Mientras que, en el modelo neoliberal, el centro son las multinacionales y el libre mercado.



Figura 18. Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.
Fuente: ONU, 2018.

Para lograr lo que se propone en los ODS o cualquier otro acuerdo internacional que promueve el Desarrollo Sostenible, se requiere que los países pobres y ricos firmen los acuerdos, se responsabilicen para dar seguimiento a lo pactado, y de ser posible, evalúen su cumplimiento. También que los países y estados o provincias integren los ODS en sus planes de desarrollo y en los presupuestos, y que estos recursos sean manejados correctamente para lo que fueron asignados. Para que no parezca que todo se queda como buenas intenciones.

5.6. Conclusiones

La percepción hacia el desarrollo sostenible para algunos puede estar relacionado solo con el cuidado del ambiente. Incluso, al inicio de este capítulo se narró que los orígenes del DS se encuentran en la preocupación ambiental que surgió a principios del siglo XX. No obstante, el DS debe concebirse como un proceso dinámico, que sí tiene una carga ambiental preponderante, pero requiere de una articulación sistémica de elementos económicos y sociales para poder enfrentar cuestiones más amplias y complejas.

No se puede hablar de DS si no incluyen a sus tres pilares (económico, ambiental y social). Aunque algunos autores se refieren a ellas por separado, la sostenibilidad ambiental es aquella que implica al sistema de producción que satisface los niveles de consumo actuales sin comprometer las necesidades futuras. Mientras la sostenibilidad ambiental es aquella que administra de forma eficiente y racional los recursos naturales, donde se mejore el bienestar de la población actual al mismo tiempo que no se comprometa la calidad de vida de las generaciones futuras. Y la sostenibilidad social se refiere a un sistema de organización social que reduce o elimina la pobreza, exige un crecimiento económico limitado para que haya equidad social, considerando la optimización, priorización de la asignación y distribución de los recursos.

En un intento de explicar la relación que existe entre el Desarrollo Sostenible y Justicia Social se puede afirmar que la JS es la base de cada uno de los ejes del DS (ver figura 17). Porque no puede haber sostenibilidad económica, ambiental

y social sin la considerar a los ejes centrales de la JS: igualdad de derechos, solidaridad colectiva, redistribución de la riqueza, no discriminación. Donde todos puedan beneficiarse del progreso económico y social sin importar la doctrina económica, social o política practicada.

Poner en práctica estos dos conceptos, es la parte complicada, y se complejiza más cuando se incluye la variable bienestar o felicidad como lo propone Sen (1997) en su economía del bienestar. Es un gran reto, porque además de las barreras económicas, existen barreras sociales y culturales, como el abuso o no reconocimiento de los derechos de niños, mujeres, y otros grupos considerados vulnerables por su raza, etnia, preferencia sexual o religiosa. Stiglitz (2002) asegura que la respuesta podría estar en reformar la arquitectura económica internacional y la transformación de la sociedad, que probablemente esto pueda llevar más de una generación, pero no es imposible.

VI. METODOLOGÍA

6.1. Introducción

La presente investigación tiene un enfoque de carácter cualitativo. Tiene dos categorías de análisis, en la primera se estudia el contexto socioeconómico, ambiental y productivo de las dos zonas de estudio: Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche y la región Sur del Estado de México. En la segunda se analizan los dos proyectos: Bioaceites del Sureste y Biocombustibles en el Sur del Estado de México. La investigación siguió un proceso inductivo y su alcance fue exploratorio, como un primer acercamiento, para sentar las bases para investigaciones futuras más profundas (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

Con base en los objetivos de la investigación se diseñó una metodología compuesta de tres etapas (ver figura 19): en la primera se planeó la dirección que debía tomar el estudio, se inició con la revisión de la literatura sobre los elementos de análisis económico/productivo, ambientales y socioculturales de la producción de bioenergía y las bases centrales de la agricultura campesina. Posteriormente, se seleccionaron los criterios de los dos proyectos que querían ser conocidos y analizados, después se definieron algunos indicadores que podrían facilitar la interpretación de los resultados. En la segunda etapa se conoció el funcionamiento y las características de los dos proyectos estudiados, y el contexto productivo, económico, ambiental y sociocultural de las zonas donde se están llevando a cabo. Se puso especial atención en los elementos que pudieran verse afectados positiva o negativamente con el proyecto de *Jatropha*. Se hicieron cinco estancias de trabajo en Campeche entre 2017 y 2020, y dos en el Sur del Estado de México entre 2019 y 2020. Detrás de la obtención de la primera información, se regresó a la literatura para redefinir algunos indicadores y se establecieron los parámetros y valoración de los mismos. En la tercera etapa se analizó la información recopilada, primero se hizo un análisis descriptivo de

ciertos elementos detectados y posteriormente el de los indicadores en la gráfica de telaraña.

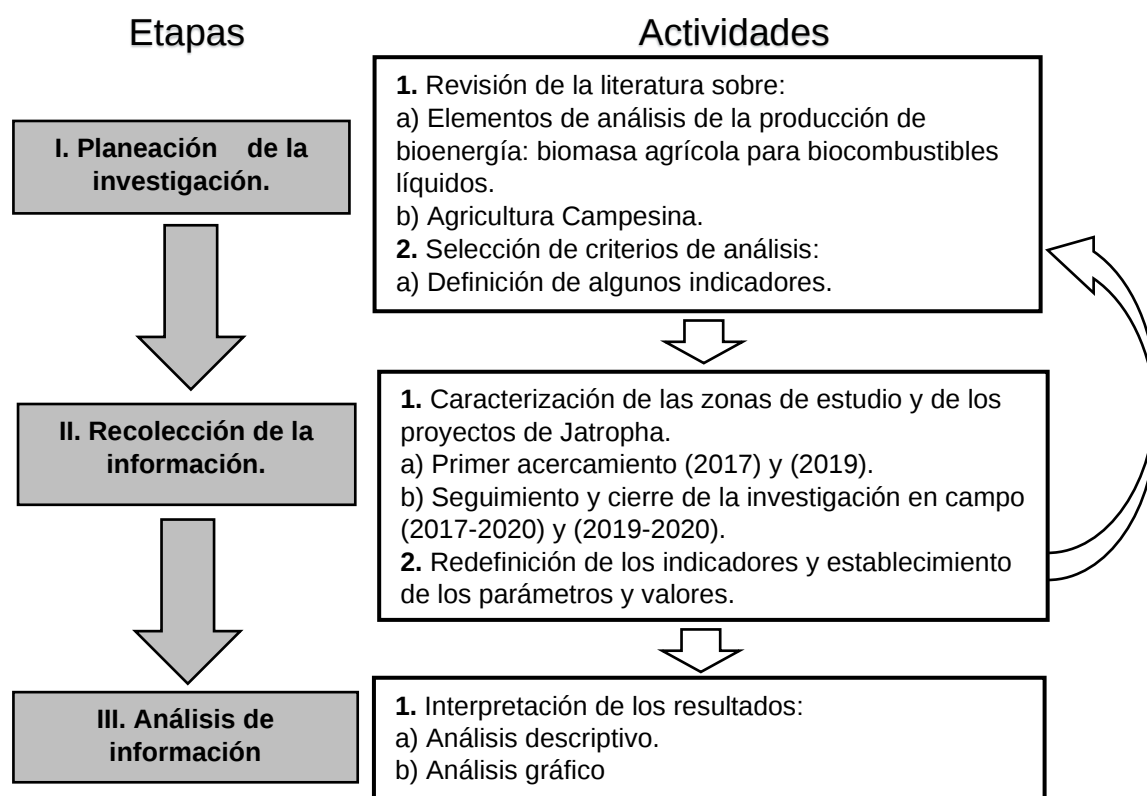


Figura 19. Esquema metodológico para analizar los dos proyectos de producción de Jatropha.

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo sostenible es el concepto central de este trabajo, incluso, el análisis se organizó en los tres pilares de la sostenibilidad: económico, ambiental y social. Sin embargo, el objetivo no fue hacer una evaluación de sostenibilidad de estos dos proyectos porque con base al Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS) de Masera, Astier y López-Ridaura (1999), no se puede medir este concepto *per se*. Solo tiene sentido cuando se hace la comparación entre sistemas teniendo a uno de referencia, que se le conoce como evaluación transversal; o cuando se compara al mismo sistema a lo largo del tiempo, después de haberle implementado ciertas mejoras, que se identifica como evaluación longitudinal. En la presente investigación no se contó con un sistema

de manejo que pudiera fungir como de referencia porque las plantaciones apenas están en proceso de consolidación. Asimismo, la información recolectada en este trabajo será base para llevar a cabo una evaluación longitudinal en un futuro, cuando la producción de *Jatropha* y de sus productos estén establecidos.

6.2. Planeación de la investigación

Para analizar los dos proyectos de *Jatropha*, primero fue indispensable revisar los diferentes elementos de análisis que rigen a la producción de bioenergía a partir de distintos tipos de biomasa a nivel internacional y nacional. Considerando, que esta propuesta coloca a los campesinos y a sus prácticas como pilares centrales, fue necesario incluir diversos conceptos de la agricultura campesina y de la agroecología descrita en el capítulo IV de este trabajo. Para facilitar el análisis los criterios y elementos se organizaron en las cuestiones productivas, económicas, ambientales y socioculturales.

Existen diversos marcos de evaluación de sostenibilidad de la producción de bioenergía a nivel internacional, en esta investigación se consideraron los elementos de análisis que propone el marco analítico de la Bioenergía y la Seguridad Alimentaria (The Bioenergy and Food Security: BEFS) de la FAO y los indicadores de sostenibilidad para la bioenergía de la Asociación Global de Bioenergía (Global Bioenergy Partnership: GBEP), ambos descritos en el capítulo III de este trabajo. Hay una diversidad de elementos, pero esta investigación se diseñó considerando la línea de base triple “P” o Triple Balance, que se enfoca en la gente, el planeta y el beneficio (The triple bottom line: People, Planet, Profit). Aunque los elementos de análisis deben armonizarse a las condiciones de cada producción, de una forma general, los elementos que comúnmente se consideran son los siguientes:

- Social (Gente): competencia del cultivo bioenergético con la producción de alimentos, derechos sobre la tenencia de la tierra, condiciones laborales y creación de prosperidad.

- Ambiente (Planeta): Reducción de gases de efecto invernadero, uso del agua, contaminación de aire, suelo y agua, conservación de la biodiversidad, uso de organismos genéticamente modificados, fertilidad y erosión del suelo.
- Económico (Beneficio): competencia por la tierra, el agua y uso final, análisis de costo-efectividad y seguridad de suministro.

NL Agency, 2012.

Considerando que los dos proyectos de *Jatropha* estudiados se están promoviendo dentro del marco de la agricultura campesina del centro y sureste mexicano, fue indispensable incluir los elementos centrales de este concepto y poder colocar a los campesinos y pequeños productores como los actores principales de este análisis. Dentro de la literatura sobre agricultura campesina actual se buscó que los campesinos sean revalorizados por la sociedad, reconociendo el papel fundamental que tienen en la economía, por la producción de alimentos saludables y la conservación del ambiente (Robles, 2016). Para Bartra (2003) es indispensable que se reconozca la multifuncionalidad del campesino.

En un intento de resaltar la importancia del campesino para la conservación del ambiente surgió la agricultura campesina sostenible. Que según Altieri (2002) es el resultado de la mezcla del descubrimiento y revalorización de los métodos campesinos tradicionales y de la innovación de nuevas prácticas ecológicas. Los principios centrales de la agroecología también son los de la agricultura campesina.

1. Reciclaje de biomasa y equilibrio del flujo y disponibilidad de nutrientes.
2. Asegurar las condiciones favorables del suelo para el crecimiento de las plantas, a través del manejo de la materia orgánica y actividad biótica del suelo.
3. Minimizar las pérdidas de radiación solar, aire, agua y nutrientes a través del manejo del microclima, la recolección de agua y la cobertura del suelo.

4. Mejora de las especies y la diversificación genética del agroecosistema en el tiempo y el espacio.
5. Mejorar las interacciones biológicas beneficiosas y las sinergias entre los componentes de la agrobiodiversidad, lo que resulta en la promoción de procesos y servicios ecológicos clave.

Altieri, 2002b, p. 8.

La revisión sobre agricultura campesina permitió ubicar al proyecto de *Jatropha* dentro de la dinámica económica, ambiental y sociocultural de la ruralidad del centro y sureste mexicano, y detectar elementos muy característicos de estas zonas que la bibliografía sobre los criterios de sostenibilidad no incluye. Por ejemplo, la cuestión de la pluriactividad campesina, migración campo ciudad, nivel organizativo, permanencia de los productores en los proyectos y otros usos y costumbres.

6.3. Recolección de la información

En esta etapa de la investigación se caracterizaron los proyectos de *Jatropha* y las zonas de estudio donde estos dos funcionan. Se centró en aquellos elementos que pudieran verse involucrados de alguna manera con el desarrollo del proyecto. La caracterización se realizó en dos partes, se inició con un primer acercamiento y posteriormente se proporcionó el seguimiento correspondiente. Después del primer acercamiento se hizo una revisión de los indicadores económico-productivos, ambientales y socioculturales que se definieron en la primera etapa de la investigación, se cercioró que cumplieran con las características de los proyectos estudiados. Al contar con mayor información se redefinieron algunos indicadores, se establecieron los parámetros y valores para cada uno, y final se les asignaron los valores durante las actividades del seguimiento.

La recolección de la información se llevó a cabo empleando diferentes técnicas como la revisión documental, encuesta, entrevista semiestructurada y en profundidad, presentaciones, talleres y la observación directa. En esta etapa fue

fundamental el trabajo de campo, se realizaron cinco estancias de investigación en el Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche entre 2017 y 2020 y dos en la región Sur del Estado de México (municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya) en 2019, además, en esta zona, se trabajó vía telefónica y videollamada durante el primer semestre de 2020 debido a la contingencia del COVID-19. Con el objetivo de facilitar la convivencia con los campesinos productores de *Jatropha*, se hicieron estadías de 3 a 5 días, en algunos casos se les acompañó a sus actividades productivas.

Cuadro 11. Recolección de información.

ACTIVIDAD	PROYECTO	
	<i>Bioaceites del Sureste: Ejido Cinco de Febrero</i>	<i>Biocombustibles en el Sur del Estado de México</i>
Primer acercamiento	- 1 encuesta a 33 productores (julio 2017) - 1 entrevista semiestructurada (julio 2017) - 2 entrevistas en profundidad (julio 2017)	- 1 encuesta a 46 productores (agosto-septiembre 2019) - 2 entrevistas semiestructuradas (agosto 2019) - 3 entrevistas en profundidad (septiembre 2019)
Seguimiento	- 5 entrevistas semiestructuradas (octubre 2017) - 5 entrevistas semiestructuradas (abril 2018)- 5 entrevistas semiestructuradas (julio 2019)	- 10 entrevistas semiestructuradas, teléfono y videollamada (noviembre 2019 - junio 2020)
Cierre de investigación	1 encuesta a 33 productores (marzo 2020) - 2 entrevistas semiestructuradas (marzo 2020)	

Fuente: elaboración propia.

Se eligió la revisión documental de bases de datos especializados y de investigaciones de la región para conocer diversos aspectos de las dos zonas de estudio y de sus pobladores, fue de gran ayuda para diseñar las encuestas y entrevistas del inicio. La encuesta permitió hacer un primer diagnóstico de los lugares de estudio y de los participantes del proyecto. La entrevista

semiestructurada se utilizó para dar seguimiento a elementos específicos que se deseaban conocer. La entrevista en profundidad fue útil porque detalló cierta información encontrada en la encuesta y en la entrevista semiestructurada, además, ayudó a detectar la veracidad de algunos datos. Las presentaciones y los talleres permitieron interactuar de cerca con los participantes del proyecto, entablar diálogos abiertos sobre la situación de la producción o algún problema en la comunidad. La observación directa fue una herramienta estratégica en la investigación, especialmente en las visitas a las parcelas, ya que permitió conocer ciertas conductas y actividades cotidianas de los campesinos y también corroborar la veracidad de la información proporcionada en la encuesta y entrevistas.

La investigación de los dos proyectos no se hizo de manera sincronizada. La primera estancia de trabajo en el Ejido Cinco de Febrero se hizo en julio de 2017 y en la región Sur del Estado de México en agosto de 2019. No se comenzó al mismo tiempo porque al inicio se planeó estudiar el proyecto del Ejido Cinco de Febrero y el programa “Quintana Roo es Energía” de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPE) del gobierno de Quintana Roo. Durante 2017 y 2018 se hicieron dos visitas a esa entidad, se conoció la plantación de *Jatropha* que tenía el proyecto Bioaceites del Sureste en el Ejido Cacao del municipio de Othón P. Blanco. Sin embargo, a principios de 2019 se decidió descartar este programa como caso de estudio porque SEDARPE no tenía la fecha de inicio de operaciones.

En el primer acercamiento en los dos proyectos se inició con una encuesta, en el Ejido Cinco de Febrero se le aplicó a 33 de los 35 productores involucrados en el proyecto, y en el Sur del Estado de México a 46 de los 86 participantes que tenían en 2019. Para diseñar la encuesta se utilizó la información recopilada en la etapa previa de la investigación. Además, se hizo una revisión documental de las dos zonas y se aplicaron entrevistas con informantes clave que conocían el funcionamiento del proyecto y de los lugares estudiados. En el caso del Cinco de Febrero, algunos datos fueron proporcionados por un estudiante de Chapingo

que era parte del equipo de trabajo de Bioaceites del Sureste y es originario de esa comunidad. Del proyecto del Sur del Estado de México se consultó previamente vía telefónica al presidente de la Sociedad Productora Rural BIOMESUR para diseñar el cuestionario para hacer la prueba piloto.

Para el proyecto de Campeche no se realizó una prueba piloto porque se tenía información de los productores y de la comunidad que Bioaceites del Sureste recopiló en octubre de 2016 y abril de 2017. Para el Sur del Estado de México, en agosto de 2019 se realizó una prueba piloto con 20 personas provenientes de tres de los cuatro municipios estudiados y después de hacer los ajustes necesarios, se volvió aplicar la encuesta a 26 personas más a finales de septiembre.

A continuación, se presentan los elementos incluidos en la encuesta del primer acercamiento que se le aplicó a los productores de *Jatropha* del proyecto del Ejido Cinco de Febrero y de la Región Sur del Estado de México. Están organizados por categoría de análisis, cuando se refiere a un elemento general de la comunidad o específico del proyecto de *Jatropha*, y por área, ya sea productiva, económica, ambiental y sociocultural.

Cuadro 12. Elementos incluidos en la encuesta en el primer acercamiento.

ÁREA			
Productiva	Económica	Ambiental	Sociocultural
<i>General</i>	<i>General</i>	<i>General</i>	<i>Específico del proyecto de Jatropha</i>
1. Información agrícola: cultivos, superficie, rendimientos.	1. Costos de producción: insumos, semillas y mano de obra.	1. Uso de semillas: nativa, híbrida, OGM's.	1. Escolaridad.
2. Acceso a maquinaria agrícola.	2. Destino de los productos agropecuarios: autoconsumo o venta.	2. Fertilizantes: usos, tipos, dosis, técnicas de aplicación.	2. Ocupación.
3. Información ganadera: tipo, número de cabezas, sistemas de producción, fuente de proteína.	3. Proceso y precio de venta de los productos	3. Pesticidas: Usos, tipos y aplicación.	3. Migración estacional.
		4. Manejo de envases vacíos de agroquímicos y afines.	4. Tenencia de la tierra: productores con parcelas propias y rentadas.
			5. Accesibilidad a los terrenos agrícolas donde está plantada la <i>Jatropha</i> .

4. Información apícola: colmenas, alimentación, producción, forma de venta (solo para el proyecto de Campeche). <i>Específico del proyecto de Jatropha</i>	agropecuarios y apícolas.	5. Manejo de esquilmos agrícolas o rastrojos. 6. Uso del suelo. <i>Específico del proyecto de Jatropha</i> 7. Fertilización: tipos, dosis y técnicas de aplicación. 8. Uso actual o anterior del suelo donde se plantó Jatropha.	6. Participación familiar en las actividades productivas. 7. Interés por el cultivo de Jatropha. 8. Proyección del policultivo en las plantaciones de Jatropha. 9. Proyección de los sistemas agrosilvopastoriles. 10. Proyección de las plantaciones de Jatropha (hectáreas).
5. Superficie plantada. 6. Características de las plantaciones: monocultivo o policultivo. 7. Presencia de plagas y enfermedades.			

Asimismo, en el primer acercamiento se hicieron entrevistas semiestructuradas y en profundidad. En el Ejido Cinco de Febrero se realizaron tres entrevistas, una semiestructurada al comisario ejidal y dos en profundidad a campesinos que llevan viviendo más de 40 años en la comunidad. Mientras que en el Sur del Estado de México se hicieron cinco entrevistas, dos estructuradas y tres en profundidad: una semiestructurada al presidente de BIOMESUR y otra a la administradora; una entrevista en profundidad se le hizo a un profesor-investigador de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) unidad Temascaltepec, otra al delegado de la Delegación Regional Forestal Tejupilco de PROBOSQUE y la tercera al subdelegado de esta misma institución. Los elementos que fueron considerados en estas entrevistas fueron los siguientes:

Cuadro 13. Elementos incluidos en las entrevistas en el primer acercamiento.

ÁREA			
Productiva	Económica	Ambiental	Sociocultural
<i>General</i>	<i>General</i>	<i>General</i>	<i>General</i>
1. Incidencia de plagas, enfermedades y malezas en la región.	1. Acceso a créditos. 2. Costos de la producción agrícola, pecuaria y apícola	1. Prácticas agroecológicas. 2. Disponibilidad de agua en la región.	1. Participación de la mujer en las actividades productivas y reuniones.

2. Uso de maquinaria agrícola. 3. Rendimientos de los cultivos (ton o kg/ha). 4. Problemas fundamentales que afectan la producción agropecuaria y apícola en la región. 5. Papel de la Jatropha en el sistema de producción de los agricultores.	3. Compradores y precios de compra de los productos agropecuarios y apícolas. 4. Vinculación con universidades o centro de investigación.	Fertilizantes y pesticidas más utilizados. 3. Uso del agua en la agricultura. Uso de semillas: nativa, híbrida, genéticamente modificada (OGM).	2. Conflictos en la comunidad. 3. Organización de los productores. 4. Capacitación en las actividades productivas. 5. Mano de obra infantil. 6. Dependencia a insumos externos: semilla, agroquímicos, maquinaria, mano de obra. 7. Accesibilidad a la zona: vías de comunicación terrestre. 8. Autosuficiencia alimentaria. <i>Específica del proyecto de Jatropha</i> 9. Expectativas de los productores respecto de la producción de Jatropha. 10. Participación de mujeres en el proyecto.
---	--	--	---

El seguimiento del proyecto en el Ejido Cinco de Febrero se realizó entre octubre de 2017 y julio de 2019, el trabajo de campo constó de tres estancias en la comunidad (octubre 2017, abril 2018 y julio 2019), se hicieron 15 entrevistas semiestructuradas y diversas visitas a campo, donde estaban las plantas y almácigos, así como la plantación de una parcela demostrativa. El cierre de la investigación fue en marzo de 2020, se aplicó una segunda encuesta a 33 productores para conocer el nivel de avance del proyecto, los obstáculos técnicos y socioeconómicos a los que se enfrentaron, los motivos de deserción y planes a futuro, y también se hicieron dos entrevistas semiestructuradas, una al nuevo comisario y la otra a uno de los campesinos con mayor experiencia en las actividades agropecuarias y silvícolas de la región.

En el Sur del Estado de México las actividades de seguimiento y cierre se realizaron juntas porque la pandemia del COVID-19 no permitió ir a campo. El contacto con los productores fue por teléfono y videollamada. Se realizaron diez entrevistas semiestructuradas: al presidente y administradora de BIOMESUR: se les entrevistó por teléfono en tres ocasiones, se hicieron dos videollamadas con el encargado del vivero de PROBOSQUE Tejupilco, se le consultaron aspectos técnicos del desarrollo de la plántula en el almácigo, y las cinco entrevistas restantes se hicieron a dos campesinos iniciadores del proyecto en la región, con los cuales se consultaron aspectos técnicos de la planta en campo.

Cuadro 14. Elementos incluidos en el seguimiento.

ÁREA			
Productiva	Económica	Ambiental	Sociocultural
<i>Específica del proyecto de Jatropha</i> 1. Germinación de la semilla. 2. Rendimientos iniciales de la planta (fruto por planta/año). 3. Resistencia de las plantas al trasplante y a las plagas. 4. Monitoreo de plagas y enfermedades.	<i>Específica del proyecto de Jatropha</i> 1. Jornales por actividad. 2. Precio del jornal (mano de obra/día). 3. Costos de producción.	<i>Específica del proyecto de Jatropha</i> 1. Condiciones de los terrenos de las plantaciones (terrenos forestales, agrícolas, agostaderos, no utilizados). 2. Sistemas agrosilvopastoriles.	<i>Específica del proyecto de Jatropha</i> 1. Permanencia de los productores en el proyecto: nivel y motivos de deserción. 2. Aprendizaje y participación. <i>General</i> 3. Autosuficiencia alimentaria. 4. Mano de obra infantil.

Asimismo, se realizaron reuniones informativas y talleres de capacitación sobre la producción de *Jatropha*, donde se abordaron cuestiones técnicas del cultivo y de toda la cadena productiva para que los campesinos pudieran vislumbrar aspectos a mediano y largo plazo del proyecto. En el Ejido Cinco de Febrero también se realizaron charlas sobre cooperativismo como un esquema de

asociación para producir, procesar y vender sus distintos productos agropecuarios y apícolas. En el Sur del Estado de México trabajan organizados como sociedad productora rural, y aseguraron no estar interesados en explorar otra forma de asociación.

En el Cinco de Febrero se realizaron un total de cuatro reuniones de este tipo, en una de las cuales se hizo un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) con los campesinos, donde ellos lograron identificar sus fortalezas y debilidades internas, y las oportunidades y amenazas externas como comunidad campesina. Aunque no fue un ejercicio muy profundo, fue de gran utilidad para describir las condiciones del ejido. En el Sur del Estado de México solamente se alcanzó a organizar una reunión informativa. Este tipo de reuniones permitieron conocer y tener mayor acercamiento con los campesinos, porque en las reuniones se interactuó con ellos y algunos compartieron sus experiencias con los demás.

Redefinición de los indicadores y establecimiento de los parámetros y valores

Con la información obtenida en el primer acercamiento se revisaron los indicadores del área productiva, económica, ambiental y sociocultural que se definieron en la primera etapa de la investigación, y se confirmó si coincidían con las condiciones de los proyectos y lugares estudiados. Se tuvieron que hacer algunos ajustes, se redefinieron algunos y se incluyeron unos nuevos. Asimismo, se le asignaron los parámetros y valores.

Paralelamente a las actividades del seguimiento se evaluaron los indicadores. Las herramientas para recolectar esta información para los dos proyectos se encuentra la entrevista a informantes clave (algunos indicadores fueron revisados por ellos), la encuesta a los productores, la observación directa y las reuniones. Los indicadores seleccionados fueron los siguientes:

Cuadro 15. Lista de indicadores.

ÁREA ECONÓMICA/PRODUCTIVA					
	Indicador	Concepto	Parámetro	Valor	Referencia

1	% de germinación de la semilla madre.	Semillas que lograron germinar en los almácigos en los primeros 8 días.	80% o más	100	Cooperativa Biomazatl
			60 – 79%	75	
			40 – 59%	50	
			20 – 39%	25	
			<20%	0	
2	% de plántula resistente al trasplante.	Capacidad de resistencia de las plántulas trasplantadas los primeros tres meses.	≥85% de las plantas resistieron al trasplante.	100	Cooperativa Biomazatl
			65 a 84%	75	
			45 a 64%	50	
			25 a 44%	25	
			<25%	0	
3	Rendimientos del cultivo	Rendimientos de las plantas de Jatropha. Frutos por planta el primer año.	En promedio se cosecharon >25 frutos por planta.	100	Cooperativa Biomazatl
			En promedio se cosecharon entre 20 y 25 frutos por planta.	75	
			En promedio se cosecharon entre 15 y 19 frutos por planta.	50	
			En promedio se cosecharon entre 5 y 14 frutos por planta.	25	
			En promedio se cosecharon <5 frutos por planta.	0	
4	Incidencia de plagas, enfermedades, malezas, y otros factores externos en la plantación.	Incidencia en los predios agrícolas con respecto a plagas, enfermedades, malezas, y factores de estrés, tales como las sequías, las lluvias intensas, calor o frío extremo.	Las plantas de Jatropha son resistentes a plagas, enfermedades, malezas, y factores de estrés, es decir se tienen cultivos siempre vigorosos.	100	Tomado de: Altieri Miguel y Clara Nicholls, 2007; Sánchez, 2010.
			Las plantas de Jatropha son resistentes a plagas, enfermedades, malezas, y factores de estrés, donde menos del 20% presentan síntomas leves, y	75	

			con rápida recuperación.		
			Las plantas de Jatropha son resistentes a plagas, enfermedades, malezas, y factores de estrés, donde entre 20-45% presentan síntomas leves a severos con muestras de recuperación.	50	
			Las plantas de Jatropha son susceptibles a factores externos, donde más del 50% presente síntomas severos, pero con muestra de recuperación	25	
			Las plantas de Jatropha son susceptibles a factores externos, donde más del 50% presenta síntomas con lenta recuperación.	0	
ÁREA AMBIENTAL					
	Indicador	Concepto	Parámetro	Valor	Referencia
5	Aplicación de conocimientos adquiridos (prácticas agroecológicas)	Número de prácticas, saberes y experiencias agroecológicas aplicadas en los predios de los participantes del proyecto.	11 o más prácticas utilizadas permanentemente.	100	Tomado de: Cárdenas, Giraldo, Idárraga, y Vásquez, 2001
			8–10 prácticas utilizadas permanentemente.	75	
			5–7 prácticas utilizadas permanentemente.	50	
			3–4 prácticas utilizadas permanentemente.	25	
			<2 prácticas utilizadas permanentemente.	0	

6	Diversificación de cultivos y competencia alimentaria.	Mide el grado de diversificación de la Jatropha en el proyecto, se privilegia cuando se planta intercalada con otros cultivos que utilizan comúnmente como maíz, frijol y calabaza, o se combina con otras actividades.	>80% de la superficie total de Jatropha está intercalada con otros cultivos o actividades.	100	Elaboración propia.
			50 a 80% de la superficie total de Jatropha está intercalada con otros cultivos o actividades. El resto tiene planeado diversificar en los próximos años.	75	
			1 a 50% de la superficie total de Jatropha está intercalado con otros cultivos o actividades. El resto tiene planeado diversificar en los próximos años.	50	
			Toda la Jatropha está en monocultivo, pero la mayoría de los productores (>50% de la superficie) tiene planeado diversificar en los próximos años.	25	
			Toda la Jatropha está en monocultivo y solo una minoría tienen planeado diversificar.	0	
7	Suelo utilizado para cultivos bioenergéticos.	Suelo utilizado para la producción de Jatropha del proyecto, se privilegia que no se deforeste para introducir este cultivo y que no utilicen	Toda la Jatropha fue plantada en zonas donde no se deforestó y en áreas sin alta biodiversidad.	100	Elaboración propia.
			70 a 99% de la Jatropha fue plantada en zonas donde no se	75	

		áreas reconocidas por su alta biodiversidad.	deforestó y en áreas sin alta biodiversidad.		
			40 a 69% de la Jatropha fue plantada en zonas donde no se deforestó y en áreas sin alta biodiversidad.	50	
			10 a 39% de la Jatropha fue plantada en zonas donde no se deforestó y en áreas con alta biodiversidad.	25	
			<10% de la de la Jatropha fue plantada en zonas donde no se deforestó y en áreas con alta biodiversidad.	0	
8	Uso de pesticidas	Se encarga de medir el grado de contaminación e intoxicación ocasionado por pesticidas, privilegiando a aquellos no enlistados en la categoría <i>Ia</i> y <i>Ib</i> de la Clasificación de los Pesticidas la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2009).	Ningún plaguicida está en la categoría <i>Ia</i> y <i>Ib</i> , y tienen una aplicación controlada en todos o la mayoría.	100	Tomado de: Sánchez, 2010.
			Ningún plaguicida está en la categoría <i>Ia</i> y <i>Ib</i> , pero su aplicación es en su mayoría sin control.	75	
			Algunos están enlistados en la categoría <i>Ia</i> o <i>Ib</i> , pero la aplicación es controlada en estos plaguicidas.	50	
			Algunos están enlistados en la categoría <i>Ia</i> o <i>Ib</i> , y la aplicación es llevada sin control en ningún plaguicida.	25	

			Todos se encuentran en la clase <i>la</i> y <i>lb</i> y su aplicación puede ser o no controlada.	0	
			20 a 40% de los envases de agroquímicas vacíos son depositados en algún centro de acopio.	25	
			<20% de los envases de agroquímicas vacíos son depositados en algún centro de acopio.	0	
ÁREA SOCIOCULTURAL					
	Indicador	Concepto	Parámetro	Valor	Referencia
9	Participación familiar.	Participación activa de cada uno de los integrantes de la familia, apoyando, haciendo, seguimiento y decidiendo para avanzar en el proceso.	>80% de las unidades familiares participan al menos 2 integrantes de la familia.	100	Tomado de: Cárdenas, Giraldo, Idárraga, y Vásquez, 2001; Sánchez, 2010.
			>60 a 80% de las unidades familiares participan al menos 2 integrantes de la familia.	75	
			>20 a 60% de las unidades familiares participan al menos 2 integrantes de la familia.	50	
			1 a 20% de las unidades familiares participan al menos 2 integrantes de la familia.	25	
			<1% de las unidades familiares participan al menos 2 integrantes de la familia.	0	
10	Participación de la mujer	Participación activa de la mujer como responsable o	La mitad o un poco más del 50% de los integrantes del proyecto son	100	Elaboración propia con datos de Muriel J,

		co-responsable del proyecto, toma decisiones y asiste frecuentemente a las reuniones informativas y de capacitación.	mujeres participando activamente.		García M. y Twyman J. (2016).
			35 – 49% de los integrantes del proyecto son mujeres participando activamente.	75	
			20 – 34% de los integrantes del proyecto son mujeres participando activamente.	50	
			1 – 19% de los integrantes del proyecto son mujeres participando activamente ó hay participación de mujeres, pero no es activa (discreta) y no toman decisiones.	25	
			No hay participación de mujeres de ningún tipo (activa o discreta).	0	
11	Permanencia de los productores.	Permanencia de los productores que han ingresado al proyecto durante sus primeros cuatro años de ejecución (2016-2020).	>80% de los productores han permanecido.	100	Elaboración propia.
			>60 a 80% de los productores han permanecido.	75	
			>40 a 60% de los productores han permanecido.	50	
			20 a 40% de los productores han permanecido.	25	
			<20% de los productores han permanecido.	0	

12	Capacidad de organización.	Capacidad organizativa que se tiene en el proyecto para la asesoría y producción.	Existe una organización oficial (documentada). La participación de los involucrados en la toma de decisiones es continua y activa, el productor está involucrado en toda la cadena de producción.	100	Sánchez, 2010
			Existe una organización oficial, la participación de los involucrados en la toma de decisiones es coyuntural.	75	
			Se tiene como objetivo establecer una organización pero no se ha concretado, existe la participación de los involucrados.	50	
			Existe la participación de los involucrados en forma moderadamente organizada.	25	
			No hay organización ni participación de los involucrados.	0	

Referencias para los indicadores:

Prácticas agroecológicas: 1) *biopreparados para el manejo de plagas*, 2) control biológico de plagas y enfermedades, 3) cultivos asociados, 4) recuperación y conservación de semillas, 5) reúso y aprovechamiento de esquilmos agrícolas, 6) alimentación alternativa animal, 7) sistema silvopastoril, 8) cercas vivas, 9) uso de productos subutilizados, 10) protección de nacimientos , 11) uso de coberturas, 12) sombrío diversificado, 13) sombríos permanentes, 14) manejo de trinchos, 15) coberturas muertas, 16) manejo de terrazas, 17) selección de

arvenses nobles, 18) labranza animal, 19) curvas a nivel, 20) barreras vivas, 21) manejo de abonos verdes (utilización) y 22) aplicación de materia orgánica.

6.4. Análisis de la información

Los elementos o criterios de los dos proyectos identificados en la investigación fueron interpretados de dos maneras, los primeros quedaron como descriptivos y los segundos fueron evaluados en 12 indicadores.

Para normalizar los indicadores se utilizó la propuesta de Cárdenas, et al. (2001). Se usó un gradiente de cinco niveles, donde el valor de 100 es la condición deseada y 0 la condición menos favorable.

Rango	0	25	50	75	100
Valoración cualitativa	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Ideal

Descripción de la escala ordinal:

Valor 0: Es el valor más bajo de la normalización, cuando existen condiciones desfavorables o no deseadas del proyecto de *Jatropha* en cualquier de las áreas estudiadas, no hay beneficios. Este valor indica que el tema en cuestión debe ser revisado.

Valor 25: Refleja condiciones casi nada favorables o no deseadas del proyecto de *Jatropha*, puede o no haber beneficios. Este valor indica que el tema en cuestión debe ser revisado.

Valor 50: Este valor muestra pocas condiciones no deseadas, puede haber cuestiones favorables y beneficios del proyecto de *Jatropha*, exhorta a seguir trabajando en las mejoras del tema en cuestión.

Valor 75: Este valor indica condiciones favorables y pocos aspectos no deseados, los beneficios son perceptible, mejoran las condiciones para el proyecto. Se recomienda a no descuidar el tema en cuestión e invita a seguir trabajando en las mejoras.

Valor 100: Este es el valor más alto, muestra las condiciones deseables y óptimas para el proyecto de Jatropha, donde los beneficios mostrados son palpables y reconocidos.

Posteriormente la información fue plasmada en un diagrama conocido como AMEBA (Brink, et al. 1991 en Astier y Macera, 1999), con el objetivo de facilitar la interpretación de los resultados.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación de la producción de *Jatropha curcas* variedad no tóxica Doña Fernanda del proyecto Bioaceites del Sureste en el Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche, entre 2017 y 2020, y del proyecto Biocombustibles en el Sur del Estado de México llevada a cabo en algunas comunidades del municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya del Estado de México, entre 2019 y 2020.

El capítulo está organizado en cuatro partes. En la primera sección se presentan las características socioeconómicas, ambientales y productivas de los dos lugares de estudio donde se llevaron a cabo los proyectos de *Jatropha*, se incluyeron los elementos que se consideran puedan estar relacionadas directa o indirectamente con la producción de este cultivo. En la segunda, con base a la información recopilada del proyecto de Campeche, sur del Estado de México y de la cooperativa Biomazatl, se hace una descripción de la producción de *Jatropha* variedad Doña Fernanda para valorarla como opción productiva para el desarrollo rural sostenible. En la tercera se describe el funcionamiento de los dos proyectos estudiados: inicios, actores, metas, obstáculos, estrategias y pasos a seguir. En la cuarta se presentan los resultados del análisis de los elementos descriptivos y de los indicadores en la gráfica de telaraña.

7.1. Descripción general de las dos zonas de estudio

7.1.1. Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche

El Ejido Cinco de Febrero se ubica a 64 kilómetros al sur de la ciudad de Champotón (cabecera municipal), a 39 kilómetros al noroeste de la ciudad de Escárcega, y a 127 kilómetros al sureste de la ciudad de Campeche.

Colinda al noreste con el ejido Pixoyal, a 13 kilómetros de distancia; al noroeste con el ejido de Xbacab, 17 kilómetros; al sur con el ejido Miguel Colorado, 9 kilómetros; y al suroeste con la ciudad de Escárcega, 39 kilómetros.

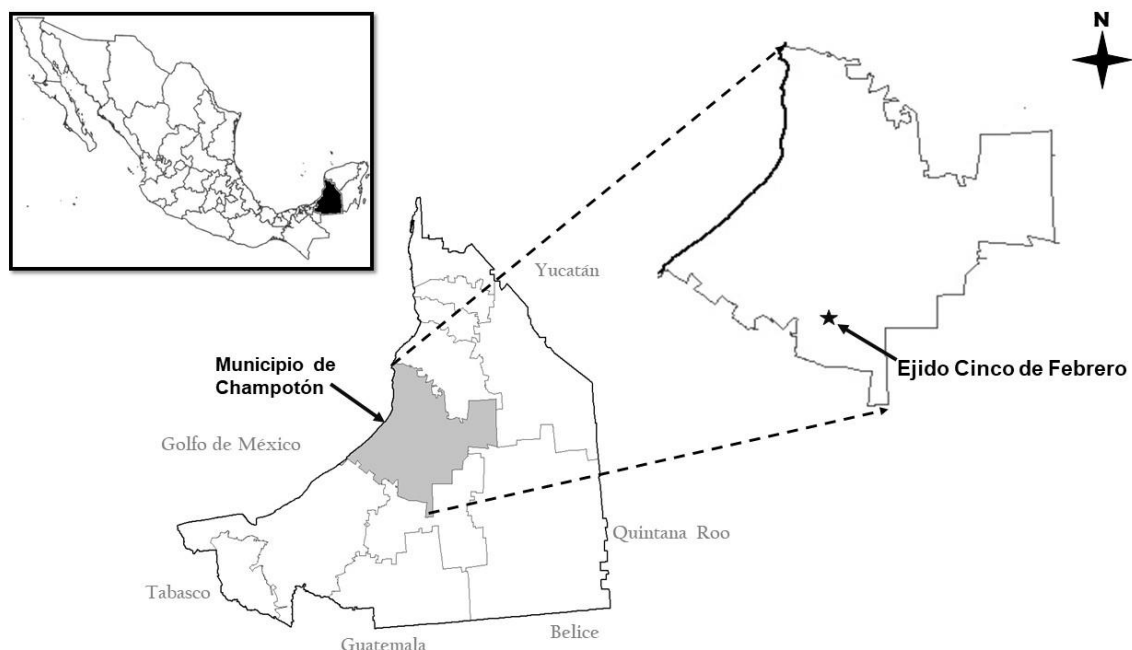


Figura 20. Ubicación del Ejido Cinco de Febrero en Campeche.
Fuente: elaboración propia.

7.1.1.1. Medios de transporte y vías de comunicación

Pocas familias cuentan con servicio telefónico e internet, y no es de buena calidad. No hay cobertura de telefonía celular de ninguna empresa. En la primaria, telesecundaria y centro de salud tienen internet satelital, es lento y solo tienen acceso los profesores, la enfermera y el médico. Hay establecimientos que ofrecen servicio telefónico y de internet, el primero cobra por llamada y el segundo por la renta de la señal *wifi*. También tienen señal de radio y televisión, aunque la señal para la televisión es casi nula y algunos contratan el servicio de televisión vía satelital.

No hay transporte público que lleve directamente al Ejido Cinco de Febrero desde Champotón o Escárcega. Por lo que se debe llegar al crucero de Xbacab, que se encuentra poco antes de llegar al kilómetro 20 de la carretera federal 261 (Champotón-Escárcega), y contratar carros particulares que ofrecen el servicio de taxi que llevan al ejido que se encuentra a 17 kilómetros de este crucero. La mayoría de los conductores son propietarios de los automóviles y vecinos del Cinco de Febrero.

El ferrocarril de carga de la “ruta Chiapas-Mayab” atraviesa por el ejido. Desde 2007 este tren es operado por la empresa paraestatal *Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec, S.A. de C.V. (FIT)*. Esta ruta enlaza algunas ciudades de Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz y Chiapas (ver figura 21). Además, la paraestatal tiene derecho de paso entre la ruta de Coatzacoalcos, Veracruz y Salina Cruz, Oaxaca. El proyecto del Tren Maya considera el tramo que pasa por el Ejido Cinco de Febrero, la identifica como “Tramo Golfo 1”.



Figura 21. Ruta Chiapas-Mayab.

Fuente: Ferrocarriles Chiapas-Mayab S.A. de C.V. (FCCM), 2013.

El medio de transporte más común entre los pobladores del ejido es, por orden de importancia, la motocicleta, bicicleta y vehículo. Algunos pobladores también tienen caballos, pero son contados porque los han ido remplazando por las motocicletas poco a poco. La motocicleta y bicicleta son los más utilizados para trasladarse a los predios agrícolas. Aunque en el periodo de lluvias la mayoría se va caminando, porque hay zonas donde predomina el tipo de suelo conocido como *Ak'al che' rojo* (Estagnosoles), un suelo arcilloso con poca permeabilidad que comúnmente provoca inundaciones y se forman lagunas, solo hay acceso en vehículos de tracción total (4x4), tractor o caballo.

7.1.1.2. Condiciones naturales del entorno

Los suelos que predominan en los terrenos agrícolas del Cinco de Febrero son los vertisoles háplicos, estagnosoles y luvisoles, se caracterizan por ser buenos para la agricultura.

El clima de la región es cálido húmedo. Hace calor la mayor parte del año con lluvias en verano, con un promedio de precipitación anual que oscila entre los 900 y 1,200 mm. La temperatura de abril y mayo es de máxima 40°C, y la mínima de 18°C en meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, aunque el clima ha variado en los últimos años.

El tipo de vegetación que existe en el ejido es de selva baja caducifolia, con diversos árboles de maderas preciosas como caoba, cedro, granadillo, ciricote. Y entre la selva viven animales como el puerco de monte, venado, tepezcuinte, zereque, armadillo, zorro, conejo, ardillas, mono aullador (saraguato), tigrillo, pavo de monte, mapache, víbora de cascabel, cuatro narices (nauyaca), etcétera.

7.1.1.3. Situación social

La localidad tiene un total de 889 habitantes, habiendo 444 hombres y 445 mujeres. El 10.3 por ciento de la población mayor de 15 años es analfabeta, el 9 por ciento no terminó los estudios de primaria, el 13.1 por ciento estudió la primaria, 22 por ciento tiene secundaria incompleta, 1 por ciento terminó la secundaria, 6.8 por ciento completó bachillerato y 1.1 por ciento tiene estudios a nivel licenciatura (Nava, 2018). Con base al catálogo de localidades de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 2013), el ejido tiene un índice de marginación alto.

Hay 226 viviendas, 8 de ellas están abandonadas. La mayoría de las casas tienen una sola habitación y son compartidas por 2 familias, en promedio viven 7 habitantes por casa. Los materiales que utilizan para la elaboración de las viviendas son, por orden de importancia, la madera y block para las paredes, y la lámina de zinc para el techo.

El 91.5 por ciento de las viviendas tiene baño dentro o fuera del domicilio, donde 56.6 por ciento cuentan con fosa séptica y 34.4 letrina. El 100 por ciento tiene agua potable que es llevada por medio de red de tuberías. El 97.7 por ciento tiene electricidad, las familias que no tienen este servicio es porque tienen poco de haber llegado a la comunidad. Desde 2014 tienen una planta purificadora local. La mayoría de los residuos generados en la comunidad son quemados en los patios de las viviendas. Aunque algunas personas tiran su basura a la orilla de la carretera, en la entrada del Ejido. El alumbrado público es escaso, las lámparas están en mal estado o descompuestas (Nava, 2018).

La organización política del ejido está dada por un comisario municipal y un comisario ejidal que son elegidos de manera democrática por la población, ambos cumplen periodos de 3 años.

El idioma predominante es el español (castellano), los habitantes principalmente son provenientes de Tabasco y Chiapas, también se habla la lengua maya, cho'ol y tzeltal. Tzeltal 95 hombres y 83 mujeres, cho'ol 30 hombres y 25 mujeres, maya 15 hombres y 13 mujeres¹⁵.

Los Chiapanecos conforman la comunidad de inmigrantes más importante, llegaron en la década de 1990 a trabajar como jornaleros, y se quedaron en el ejido como avecindados. Aunque con el paso del tiempo, unos pocos han comprado terrenos y se han convertido en posesionarios de pequeñas propiedades, la mayoría continúan dedicándose al jornal dentro y fuera del Cinco de Febrero.

Campeche es uno de los estados que menor afluencia migratoria presentó a nivel nacional (INEGI, 2016). En el Cinco de Febrero no es común la migración permanente a Estados Unidos o fuera de la Península de Yucatán. Durante dos periodos del año escasea el trabajo en la comunidad, y preferentemente los hombres emigran de forma temporal a las ciudades de los alrededores como

¹⁵ Fuente: tarjetas censales del ejido Cinco de Febrero.

Escárcega y Champotón donde trabajan como jornaleros, albañiles, choferes, mecánicos, entre otros. El primer periodo de emigración es durante marzo y abril, por la temporada seca, y el segundo entre septiembre y noviembre, porque no hay trabajo en ninguna de las actividades agropecuarias del ejido. Asimismo, se detectó la migración entre la población joven que sale a estudiar, la mayoría se queda en la misma región, y pocos regresan.

La comunidad cuenta con un Centro de Salud sustentado por la Secretaría de Salud del Gobierno de Campeche desde 1995. Hay un médico, una enfermera y dos Promotoras Asistentes Rurales de Salud (PARS). Hay una escuela preescolar, una escuela primaria y una escuela Telesecundaria. Los estudios de educación media superior se realizan fuera de la comunidad, en el municipio de Felipe Carrillo Puerto y en el ejido de Xbacab.

En el Ejido Cinco de Febrero las mujeres desempeñan un papel importante en la comunidad, son las responsables de la crianza de los hijos y de las labores del hogar. También participan activamente en las actividades productivas: apícolas, agrícolas, ganaderas (pastoreo y venta de ganado ovino en pie). Además, algunas se emplean en diversas actividades dentro del ejido para obtener dinero extra, como la venta de productos por catálogo, carne o tortillas. Una minoría tiene la titularidad de las tierras. De los 85 ejidatarios solo 9 son mujeres. Aunque son las que participan en algunas reuniones de la localidad, las decisiones importantes las continúan tomando en su mayoría los varones.

7.1.1.4. Actividades forestales, agrícolas, pecuarias y apícolas

El ejido tiene un total de 28 mil hectáreas de las cuales 16 mil has son forestales y 12 mil para agricultura y ganadería. Actualmente hay 85 ejidatarios. A cada ejidatario se le asignó una superficie de 150 hectáreas para agricultura y 100 para actividades forestales. La superficie forestal fue sobreexplotada por los ejidatarios durante décadas, a tal grado, que la mayor parte se encuentra en recuperación. Solo una pequeña fracción tiene permiso de explotación, aunque prevalece la extracción no regulada. En 2017, el programa de reforestación de la

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) constaba de especies como caoba (*Swietenia macrophylla* King), ciricote (*Cordia dodecandra*) y ramón (*Brosimum alicastrum*). A finales de 2019 ingresó el programa federal Sembrando Vida de la Secretaría de Bienestar, en 2020 empezaron operaciones en la zona destinada para agricultura y ganadería, están promoviendo únicamente especies frutales, especialmente cítricos.

En las diferentes actividades productivas del ejido predomina la mano de obra familiar. Aunque el trabajo se concentra más en el padre, que comúnmente labora solo durante la mañana, se detectó la participación de la esposa e hijos por las tardes, especialmente en el periodo donde hay mayor carga de trabajo. Existe un grupo reducido, especialmente de campesinos de edad avanzada, que sus hijos son adultos ya no trabajan con ellos, y deben contratar mano de obra asalariada.

La agricultura del ejido es totalmente de temporal, predomina el sistema milpa¹⁶ y con frecuencia utilizan la agricultura de tipo extensivo como el sistema Rosa-Tumba-Quema. En el Cinco de Febrero comúnmente cultivan maíz (*Zea mays* L.), yuca (*Manihot esculenta*), cacahuete (*Arachis hypogaea*) y calabaza chihua o chigua (*Cucurbita argyrosperma* Huber). Todos son para venta, aunque el maíz es más para autoconsumo.

Casi todos continúan usando técnicas tradicionales para conserva la semilla de sus cultivos. En el caso del maíz, es poco común el uso de semilla híbrida, a los campesinos se le dificulta cubrir los costos de producción de esta semilla porque también se debe adquirir el paquete tecnológico que se recomienda. En 2017 se documentó que el costo de producción por hectárea de maíz híbrido oscilaba entre los doce mil y catorce mil pesos. El rendimiento de los híbridos puede alcanzar hasta cinco toneladas por hectárea, mientras que el del maíz nativo anda entre uno y dos.

¹⁶ El “sistema milpa” es un sistema tradicional de policultivo, donde comúnmente se siembra maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita spp.*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) (Ebel et al., 2017).

A pesar de la gran superficie de terreno agrícola con la que cuenta el Ejido Cinco de Febrero, en promedio cada campesino utiliza 3 hectáreas, porque es lo que puede atender porque tiene pocos recursos para los agroquímicos y maquinaria. En el pueblo nadie tiene tractor, gran parte del trabajo se realiza con herramientas agrícolas de forma manual. En el ejido hay una superficie como de 50 hectáreas de mecanizado donde rentan tractor e implementos de otra comunidad.

Se detectó poco uso de prácticas agroecológicas entre los campesinos del ejido. Por ejemplo, gran parte del esquilmo agrícola o rastrojo se quema, especialmente de maíz. No se detectó el reúso de rastrojos para alimentar ganado o elaborar composta, solamente los pocos que rentan maquinaria son los que suelen incorporar los esquilmos al suelo. En general no es frecuente el uso de abonos orgánicos, 7 de cada 10 campesinos del ejido utiliza algún tipo de fertilizante sintético. De los fertilizantes utilizados se identificaron a los siguientes: Fosfato Diamónico ((NH₄)₂HPO₄), Urea (CH₄N₂O) y Triple 18 (18-18-18).

Asimismo, 8 de cada 10 campesinos del ejido utiliza algún tipo de herbicida para controlar la maleza que crece rápidamente durante el periodo de lluvias. También se detectó el uso de pesticidas, pero es mucho menor al de los herbicidas. Se comparte un cuadro con la lista de herbicidas y la categoría toxicológica según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Cuadro 16. Herbicidas utilizados en el Ejido Cinco de Febrero, Campeche.

Nombre comercial	Activo	Categoría o Clase toxicológica OMS 2009
Antorcha/ Dragocson/ Euroquat/ Soplete/ Garraquat super 25/ Secazone/ fuego / Novaquat/ Agroxone/ Secanova/ Paraban/ Quemas/ Dry XT/ Rayoquat/ Reyquat/ Arquero/ Antorcha super/ Paraquat 25 sl/ Paraquat 25 sl agrograma/ Lumbrequat/ Mezferquat/ Templador/ Ixi/ Quatro/ Barrequat 200 sc/ Sharquat/ Quatxone	Paraquat. (1-1'-dimetil-4-4-bipiridilo)	II: Moderadamente peligroso

Gramoxone: Syngenta	Dicloruro de Paraquat. (Dicloruro de 1,1´ dimetil 4,4´ bipyridilo)	II: Moderadamente peligroso
Amina	2,4-D amina (Sal dimetilamina del ácido 2,4- diclorofenoxiacético)	II: Moderadamente peligroso
Esteron	Acido 2,4-D: (Ester butílico del ácido 2,4- diclorofenoxiacético)	II: Moderadamente peligroso
Glifosato: FAENA	Sal isopropilamina de N-fosfonometil glicina.	III: Riesgo ligero

Fuente: elaboración propia con datos de las encuestas; OMS, 2009.

En las diversas estancias en campo que se realizaron entre 2017 y 2020 se detectó que no es común usar el equipo de protección de seguridad que incluye careta, mascarilla respiratoria, guantes, mameluco y botas impermeables de suela gruesa. Solo utilizan las botas, guantes y un pedazo de tela para cubrir boca y nariz. Además, se encontró que la mayoría quema los envases vacíos de herbicidas y fertilizantes o los deja tirados en el campo. Se detectaron diez Centro de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos (CREVAS) y un Centro de Acopio Temporal (CAT) distribuidos en diferentes partes del estado, pertenecientes al Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines. El más cercano se encuentra a hora y media del ejido, aproximadamente a 95 kilómetros, el problema es que gran parte de los campesinos no cuenta con vehículo para trasladar los envases, pocos conocen la existencia de estos centros y una minoría está consciente del riesgo ambiental de los envases.

El cultivo de chihua se ha popularizado en los últimos años en la Península de Yucatán (Loeza-Deloya et al., 2016) y en la comunidad. Los campesinos que no tienen dinero para rentar maquinaria siembran 1 o 2 hectáreas intercaladas con los cultivos de autoconsumo. Pero los que pueden pagar por la maquinaria agrícola, que son un pequeño muy reducido, cultivan entre 3 y 5 hectáreas de

chihua, el costo por hectárea en 2020 fue de mil doscientos y mil trescientos pesos. La semilla de la chihua lavada y con secado casero es un producto que venden los pobladores a los coyotes que entran a comprársela, porque en todo el estado no hay mecanismos de comercialización (Ireta-Paredes, et al., 2018). La falta de mecanismos de comercialización y de organización les está afectando seriamente. Además, se requiere mejorar el proceso de limpieza y secado de la semilla de chihua. Regularmente la semilla se lava en tinas o cubetas, y posteriormente se seca en patios, techos u otros espacios abiertos sin las condiciones de higiene necesarias, aspecto que podría obstaculizar si se está pensando en un mercado nacional o internacional. El periodo de la chihua es de mayo a agosto.

La producción de ganado ovino ha ido creciendo en las últimas décadas. El número de cabezas por familia varía entre 10 y 100, aunque en promedio tienen 20 borregos por familia. La mayoría de los borregos son de la raza conocida como *pelibuey*. La crianza de borregos regularmente se lleva a cabo durante la temporada de lluvias porque en temporada de seca tienen problemas para su alimentación porque se reducen los pastizales, así que durante este periodo reducen su hato. La venta es a diferentes compradores que llegan al pueblo, provenientes principalmente de Escárcega. Los precios dependen del comprador. Un borrego *pelibuey* adulto puede alcanzar hasta los 39 kilogramo el macho y 35 kilogramo la hembra. En 2020, el precio promedio de compra del ganado en pie se redujo 50 por ciento del que habían manejado en los últimos cinco años, lo que ha afectado seriamente los ingresos de los productores de borrego del ejido y la región.

La apicultura es una actividad económica importante para la mayoría de los pobladores de la comunidad. Aunque no hay un censo de cuántas colmenas existen en la comunidad y el número de familia que se dedican a esta actividad, cada familia tiene entre 10 y 150 colmenas, con una producción aproximada de 30 kilogramos de miel por colmena al año. La Península de Yucatán se distingue por producir miel de buena calidad, su principal mercado se encuentra en la Unión

Europea y en Asia (Martínez-Puc, *et al.* 2018). El periodo de recolección de miel inicia en enero y finaliza en mayo, la mayoría de los apicultores del pueblo entregan su miel en el Centro de Acopio de Champotón. En 2019, la producción de miel en Campeche se redujo en un 50 por ciento en comparación con años anteriores (Magaña, 2020). Dentro de las principales causas se pueden señalar a la deforestación, siembra de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), uso de pesticidas tóxicos, el cambio climático y las quemas agrícolas. Además, los precios han ido a la baja y se enfrentan al mercado chino que ofrece a los europeos un jarabe hecho a base de arroz con alta fructuosa que venden como miel (El Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, 2020).

7.1.2. Región Sur del Estado de México

La Región Sur del Estado de México o región suroeste, es una de las cuatro regiones geográficas en que se divide el estado (Valle de México, Noroeste, Valle de Toluca y Suroeste). Se ubica dentro de la región hidrológica del Balsas. De la superficie estatal (22,499.9 km²), esta región cubre 7,213.5 km², es decir, el 32 por ciento del total. La zona sur colinda con Morelos al este, con Guerrero al sur y con Michoacán al oeste.

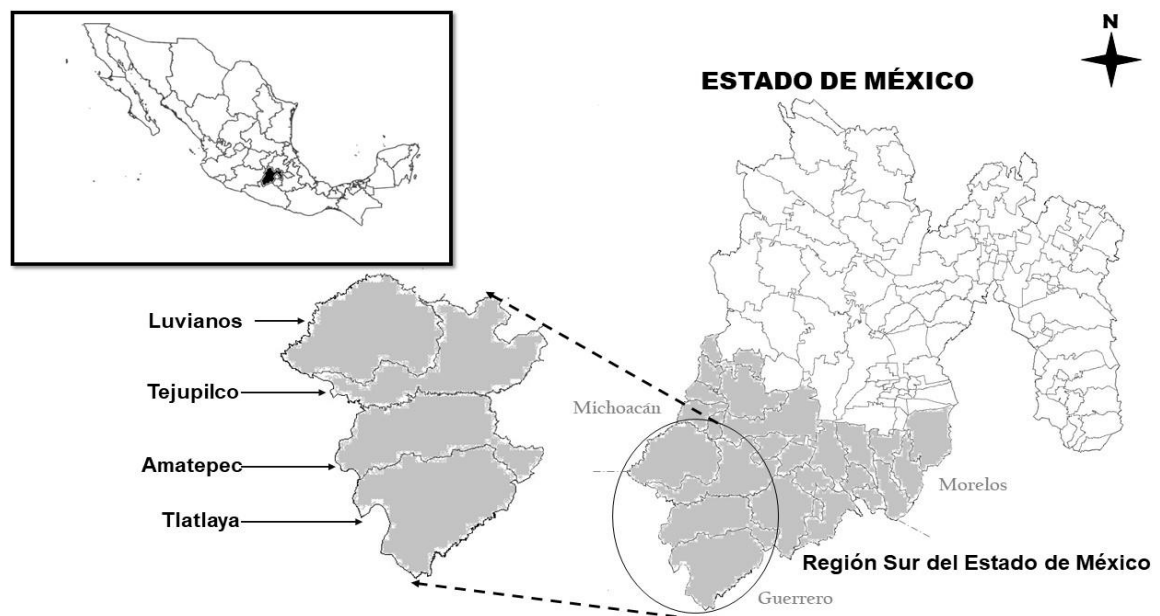


Figura 22. Ubicación de los cuatro municipios estudiados del Estado de México.
Fuente: elaboración propia.

Los municipios que conforman la región sur del estado de México son 24: 1) Almoloya de Alquisiras, 2) Amatepec, 3) Coatepec Harinas, 4) Donato Guerra, 5) Ixtapan de la Sal, 6) Ixtapan del Oro, 7) Luvianos, 8) Malinalco, 9) Ocuilán, 10) Oztolapan, 11) San Simón de Guerrero, 12) Santo Tomás de los Plátanos, 13) Sultepec, 14) Tejupilco, 15) Temascaltepec, 16) Tlatlaya, 17) Tonatico, 18) Tenancingo, 19) Texcaltitlán, 20) Villa Guerrero, 21) Valle de Bravo, 22) Zumpahuacán, 23) Zacualpan y 24) Zacazonapan. A su vez, ocho municipios ubicados en el lado oeste de la región sur también forman parte de otra región conocida como “Tierra Caliente”, que comparten con el noroeste de Guerrero y del centro-este de Michoacán, éstos son: 1) Amatepec, 2) Luvianos, 3) San Simón de Guerrero, 4) Santo Tomás de los Plátanos, 5) Sultepec, 6) Tejupilco, 7) Tlatlaya y 8) Zacazonapan.

La presente investigación hace énfasis en los cuatro municipios donde se ha estado desarrollando el proyecto de Jatropha Biocombustibles en el Sur del Estado de México, y es donde se realizó la investigación de campo en 2019 y 2020: 1) Amatepec, 2) Luvianos, 3) Tejupilco y 4) Tlatlaya, la superficie de estos cuatro municipios es de 2,751 km², 12 por ciento de la extensión estatal. Aunque en la descripción general se consideró a toda la región sur porque el proyecto tiene planeado expandirse a más municipios de la zona.

7.1.2.1. Medios de transporte y vías de comunicación

Las cabeceras municipales de la región sur del Estado de México cuentan con cobertura de telefonía celular sin problemas, pero es muy limitada en las carreteras, caminos y áreas rurales. Pocas familias cuentan con servicio telefónico y de internet. Algunas escuelas cuentan con internet satelital. Hay negocios que ofrecen el servicio de internet para la población. La señal de televisión también es limitada, pero es común que se contrate el servicio de televisión por cable (solo en las ciudades) o vía satelital.

La red carretera de la región no es muy extensa, el acceso a la mayoría de las comunidades se limita a caminos rurales, en ocasiones poco accesibles e

inseguros por la presencia del crimen organizado. La columna vertebral de la región sur es la carretera federal libre número 134 (Naucalpan- Zihuatanejo) que atraviesa el municipio de Temascaltepec, San Simón de Guerrero y Tejupilco. La 134 solamente tiene dos carriles, de ella se desprenden diversas carreteras estatales como la número 83 que te lleva hasta Tlatlaya, la 32 que pasa por Luvianos y la 36 que va hasta Sultepec. A su vez, de estas carreteras se bifurcan en diversos caminos rurales. El transporte público cubre gran parte de las comunidades más importantes de la región, son autobuses y camionetas tipo combi.

9.1.2.2. Condiciones naturales del entorno

En la región sur del Estado de México predominan diferentes tipos de suelo. Con base a la investigación de Sotelo et al., (2011) se pueden encontrar suelos donde se puede desarrollar la agricultura sin problemas como los cambisoles, andosoles y feozems. También suelos delgados que tienden a ser áridos como los litosoles o con baja retención de humedad como los regosoles donde el desarrollo de la agricultura es un poco limitado.

La región sur se encuentra en el subtrópico seco, predominan los climas cálidos. Los municipios del suroeste tienen el clima cálido subhúmedo, especialmente en Luvianos, Tejupilco, Amatepec, Tlatlaya, Oztoloapan, Zacazonapan y San Simón de Guerrero. El clima semicálido subhúmedo también está en una pequeña parte de Tejupilco y Amatepec, y en la parte de Tonatico, Zumpahuacan, Malinalco y Ocuilan, colindando con Morelos. En la franja norte de la región está la sierra Xinantécatl, ahí hay clima templado subhúmedo y frío. La temperatura media anual en los climas cálidos varía en entre 18°C y 22°C, las más bajas se presentan en diciembre y enero. La temporada de lluvias es en verano durante junio y septiembre, la precipitación anual oscila entre los 900 y 1,100 mm (Lizcano, 2016; SEMARNAT/CONAFOR, 2014).

La región se caracteriza por las selvas bajas caducifolias, matorral xerófilo y pastizal, especialmente en la parte suroeste. Esta zona está dominada por

árboles de baja estatura (8 m – 12 m), predominan los elementos de origen neotropical (Zepeda, et al., 2017). Las coníferas y latifoliadas se encuentran especialmente en la parte noreste de la región, las latifoliadas también están presentes de forma discreta en los municipios del suroeste. El municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco, Tlatlaya y Sultepec son los que concentran el área forestal más grande del estado con 28.8 por ciento. La región sur se localiza en un rango altitudinal entre 1,300 y 1,850 metros (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2014).

En la región sur se encuentran los municipios con el mayor nivel de precipitación pluvial media anual del estado, lo que contrasta con sus condiciones de pobreza. Porque donde hay mayor disponibilidad natural de agua el Índice de Desarrollo Humano es Menor (Montesillo-Cedillo, 2011). La región sur está en la región hidrológica del Balsas, ésta pertenece a la cuenca del río Cutzamala, río Atoyac, río Grande de Amacuzac, río Balsas-Zirándalo y río Balsas-Mezcala (SEMARNAT, 2014). Desde hace décadas la región sur es una de las zonas donde se extrae agua para abastecer a la población de la Ciudad de México y Zona Metropolitana mediante el sistema Cutzamala (CONAGUA, 2017).

7.1.2.3. Situación social

La Región Sur del Estado de México cuenta con el 32 por ciento de la superficie estatal, pero solo el 4.5 por ciento de la población habita en ella. Mientras que los cuatro municipios donde está desarrollándose el proyecto de *Jatropha* concentran solamente el 1 por ciento del total estatal (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015). Gran parte de esta población vive en ámbitos rurales, en comunidades dispersas, con problemas de pobreza, rezago social y de inseguridad por la presencia activa del crimen organizado. La mayoría de los municipios con los grados de marginación más altos del estado de México se concentran en esta región. Luvianos, Amatepec y Tlatlaya tienen un grado de marginación alto, y Tejupilco medio (CONAPO, 2015).

En el Estado de México habitan cinco diferentes etnias: Mazahuas, Otomí, Nahuas, Matlazincas y Tlahuicas. La mayoría de la población que se identifica como indígena está en el municipio de San José del Rincón, San Felipe del Progreso, Temoaya, Ixtlahuaca y Toluca. En la región sur del estado no se concentra la mayor parte de los pueblos originarios. Algunas comunidades Mazahuas se ubican en el municipio Donato Guerra, Ixtapan del Oro y Valle de Allende; Una parte de la población Nahuas está en Tejupilco, Tenancingo, Temascaltepec y Sultepec; los Matlazincas tienen el cuarto lugar de la población indígena del estado, 0.41 por ciento (909 personas), casi todos están en Temascaltepec; el grupo étnico de Tlahuicas es el menos numeroso con 719 personas que radican en el municipio de Ocuilan (Padilla, Robles y Miranda, 2018).

La migración es común en la región sur del estado, frecuentemente la población rural migra de forma temporal o permanente en la busca de empleo a las ciudades de la región, pero también a Toluca, Ciudad de México, Cuernavaca y Estados Unidos. Ixtapan del Oro fue el municipio que presentó la cifra de emigración más elevada de la región sur, pérdidas de 100 residentes por cada 1 000 (INEGI, 2010). La investigación de campo permitió identificar que, en los últimos años, la presencia del crimen organizado en la región ha orillado el desplazamiento de familias enteras, especialmente en los municipios que colindan con Guerrero y Michoacán.

Por otro lado, el trabajo de Martínez-Caballero y Montes de Oca-Vargas (2012) expone que la distribución territorial del proceso de envejecimiento en el Estado de México se concentra en los municipios rurales y semi-rurales de la zona sur de la entidad.

Casi todas las mujeres rurales del sur del estado se dedican a la crianza de los hijos, las labores del hogar y también colaboran en las actividades productivas, especialmente en la agricultura y ganadería. Indudablemente, son un sector clave para el desarrollo de la comunidad y de la región entera. Empero, una minoría

tiene la titularidad de las tierras, también participan poco en la toma de decisiones de las actividades productivas y solo algunas asisten a las reuniones de las autoridades de la comunidad. Aunque en la actualidad la mujer rural está mejor posicionada que en el pasado, en las comunidades de la región aún predominan usos y costumbres que no permiten hablar de una equidad de género.

La población rural se distingue por la pluriactividad, casi todos dividen sus ingresos entre la agricultura, ganadería y otra actividad económica que practican en la misma comunidad o en los alrededores. Durante la investigación en campo se detectó que ambas actividades destacan por igual, la agricultura porque la mayoría es para subsistencia que practican entre toda la familia, la ganadería también es para autoconsumo, pero gran parte para venta.

7.1.2.4. Actividades agrícolas y pecuarias

En la región sur predomina la propiedad ejidal entre los campesinos, que en promedio tienen predios de cinco hectáreas cada uno, también hay pequeños propietarios que pueden tener desde tres hasta 60 hectáreas, pero la superficie promedio es de 25.

En el proyecto de Biocombustibles en el Sur del Estado de México se estimó que 17 municipios de la región sur cuentan con un potencial de 110,000 hectáreas donde se pueden consolidar diversas plantaciones de *Jatropha*, todas estas tierras categorizadas como ociosas o de agostadero, la mayoría de ellas con niveles altos de erosión. En los municipios donde ya se está trabajado tienen identificadas la siguiente superficie con potencial para este cultivo: Amatepec 24,000 hectáreas, Luvianos 17,000, Tejupilco 22,000 y Tlatlaya 26,000.

Las actividades agropecuarias que sobresalen en el Sur del Estado de México son la agricultura y la ganadería. La agricultura predominantemente es de temporal, de subsistencia y emplean mano de obra familiar, en este tipo de agricultura el uso de maquinaria agrícola es casi nula. Aunque también se producen cultivos comerciales como la cebolla (*Allium cepa*), chile (*Capsicum nahum*), fresa (*Fragaria linn*), jitomate (*Lycopersicum esculentum*), aguacate

(*Persea americana*), pepino (*Cucumis sativus*), sandía (*Citrullus lanatus*), la mayoría de éstos con riego y maquinaria agrícola. Luvianos es el municipio de la región sur con mayor superficie de agricultura tecnificada.

En la agricultura familiar y de subsistencia, gran parte de los campesinos practican el sistema tradicional de policultivo milpa. Las especies agrícolas que frecuentemente incluyen en la región son, por orden de importancia: maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita* spp.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), en algunas comunidades de la parte norte también siembran haba (*Vicia faba* L.). En la investigación de campo se encontró que también suelen intercalar diferentes tipos de pasto para alimentar el ganado, como el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), u otros cultivos para venta como cacahuate (*Arachis hypogaea*) y chícharo (*Pisum sativum*). Es importante destacar, que, aunque en la región predomina la mano de obra familiar, también hay casos donde el padre es el único que trabaja y debe contratar mano de obra asalariada. Asimismo, existe un grupo reducido que se dedica a actividades no agrícolas y contrata jornaleros para trabajar sus tierras.

Se detectó que practican poco la quema de esquilmos agrícolas o rastrojos. Gran parte de esta biomasa es utilizada para alimentar ganado bovino, pero también una minoría es incorporada al suelo, cuando se cuenta con maquinaria agrícola. De los cultivos de la región, el maíz es el que más esquilmo genera.

En la investigación en campo se detectó que gran parte de los campesinos conserva la semilla de sus cultivos, especialmente la del maíz. En la región sur predominan los maíces nativos, que presentan rendimientos entre una y dos toneladas por hectáreas. Aunque también hay presencia de híbridos, aunque el costo de producción es más alto por el paquete tecnológico, puede llegar a rendir a cinco toneladas por hectárea.

La aplicación de fertilizantes y pesticidas es alta en la región, 9 de cada 10 productores utiliza al menos un tipo de fertilizante sintético como Urea ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$), Fosfato Diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), Sulfato de Amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) y Sulfato

Potásico (K_2SO_4), algunos campesinos utilizan la ceniza como abono, en promedio 2 de 10. Además, es poco común contar con algún Manejo Integrado de Plagas (MIP), 9 de cada 10 productores optan por el uso de pesticidas, especialmente insecticidas y herbicidas, a continuación, se presentan los usados más frecuentemente, se incluye la categoría toxicológica según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Cuadro 17. Pesticidas más utilizados en la Región Sur del Estado de México.

Nombre comercial	Activo químico	Tipo	Categoría o Clase toxicológica OMS, 2009
Gramoxone: Syngenta	Dicloruro de Paraquat. (Dicloruro de 1,1' dimetil 4,4' bipiridilo)	Herbicida	II: Moderadamente peligroso
Amina	2,4-D amina (Sal dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	Herbicida	II: Moderadamente peligroso
Glifosato: FAENA	Sal isopropilamina de N-fosfonometil glicina.	Herbicida	III: Poco peligroso
Gesaprim, Autosuspensible: Syngenta	Atrazina (6-Cloro-N ₂ -etil-N4-isopropil-1,3,5-triazina-2,4-diamina)	Herbicida	III: Poco peligroso
Dragón	Picloram + 2.4 D amina (Sal dimetilamina del ácido 2,4-diclorofenoxiacético)	Herbicida	III: Poco peligroso
Pounce/ Echelon 340 ce / Geminis 340 ce / Pirestar 340 ce / Izzo 340 ce / Katrina / Sifagard / Sifagard 340 ce / Ambush 34	Permetrina 3-Fenoxibencil (IRS)-cis, trans 3- (2,2-diclorovinil)-2,2 dimetil ciclopropano carboxilato (60% de isómero trans y 40% de isómero cis)	Insecticida	II: Moderadamente peligroso
Lorsband/ Dursban	Clorpirifos etil: 0,0-dietil 0-(3,5,6-tricloro 2-piridinil) fosforotioato	Insecticida	II: Moderadamente peligroso
Foley: Syngenta	Paration metílico (0,0-Dimetil-0,4-nitrofenil fosforotioato	Insecticida	Ia: Sumamente peligroso
Karate/Rayo 50 EC	Lambdacialotrina: mezcla de isómeros (ZR cis S y ZS cis R) del α – ciano-3 fenoxibencilcis-3(Z-2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropano carboxilato	Insecticida	II: Moderadamente peligroso

Aldrin	1,2,3,4,10,10-Hexacloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-endo-1,4-exo-5,8-dimetanonaftaleno; HHDN; Octaleno	Insecticida	Prohibido en el convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes, que entró en vigor en el 2004.
--------	--	-------------	--

Fuente: elaboración propia con datos de las encuestas; OMS, 2009.

En la región es poco común entre los campesinos utilizar el equipo de protección de seguridad (careta, mascarilla respiratoria, guantes, mameluco y botas impermeables de suela gruesa). Solo utilizan las botas, guantes y un pedazo de tela para cubrir boca y nariz. Además, también se encontró que la mayoría quema los envases vacíos de herbicidas y fertilizantes o los deja tirados en el campo después de utilizarlos. En el municipio de Coatepec Harinas hay un Centro de Acopio Temporales (CAT) para este tipo de envases del Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines, pero los campesinos deben ir a entregarlos hasta allá, algunos aseguraron desconocer la existencia de este CAT.

En las actividades ganaderas destaca el ganado bovino, aunque también el ganado caprino, porcino y ovino tiene una discreta participación, especialmente los campesinos se dedican a la crianza de este tipo de ganado en pequeña escala para venta y autoconsumo.

En la región sur del estado de México se concentra alrededor del 70 por ciento de todo el ganado bovino del estado, específicamente en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Tejupilco, Coatepec Harinas y Valle de Bravo (SIAP, 2020). Casi el 80 por ciento de la producción de bovinos del DDR de Tejupilco se aglomera en el municipio de Tejupilco, Tlatlaya, Amatepec y Luvianos (*Ibidem*). La ganadería es de doble propósito, satisface la demanda de carne y leche, el primero tiene mejor integración comercial y tecnológica que el segundo. Destaca la raza cebuinos y sus cruza con Simmental, Pardo Suizo y Holstein.

Asimismo, se practican los sistemas de producción extensivos que basan su alimentación en pastizales nativos, con manejos pocos sustentables, y una reducida utilización de alimentación suplementaria (Hernández, et al., 2011). Con

base en el estudio de Hernández et al., (2016) la engorda de ganado bovino en corral para pequeños, medianos y grandes productores de la región es una actividad rentable y competitiva. La mayoría construye sus corrales de material económico y disponible en la región, como alambre de púas, láminas de acero inoxidable y de postes de madera que a veces son reciclados de otras actividades.

7.2. Producción agrícola sostenible basada en *Jatropha curcas* no tóxica

En esta sección se describe la experiencia de producir *Jatropha* no tóxica variedad Doña Fernanda para valorarla como opción productiva para el desarrollo rural sostenible o desarrollo local. La producción descrita es el resultado del trabajo de campo de tres años (2017-2020) en la cooperativa Biomazatl en Morelos, del proyecto Bioaceites del Sureste en Campeche y de la Producción de Biocombustibles en el Sur del Estado de México.

Se divide en cinco partes: primero se presenta la descripción taxonómica y botánica de la *Jatropha*, y los productos que se ha demostrado que pueden obtenerse de ella. Después, las etapas para el establecimiento del cultivo, se incluye un paquete tecnológico general, porque algunas actividades dependen de las condiciones edafoclimáticas y socioculturales de cada lugar. Le sigue una presentación de las actividades con las que se puede combinar la producción de *Jatropha*, ya que se busca desarrollar sistemas resilientes y rentables. Posteriormente se describe el proceso de postcosecha del fruto de *Jatropha* (con base en la experiencia de Biomazatl) las actividades realizadas para poder obtener los productos, co-productos y sub-productos. Al final, se analizan las formas de organización en que se ha estado trabajando con esta producción y las ventajas que hay cuando están organizados.

Esta producción parte de lo siguiente:

1. El proyecto Bioaceites del Sureste de la Universidad Autónoma Chapingo planteó en 2016 promover esta producción bajo un sistema agrosilvopastoril, considerando la experiencia de *Biomazatl*.

2. Hasta el momento no se ha detectado otra variedad no tóxica que demuestre tener los rendimientos de Doña Fernanda.
3. Por ser una variedad no tóxica, además del biodiésel, glicerol, aceite para bioturbosina y aceite dieléctrico (considerados los productos con mayor valor económico), se pueden obtener productos comestibles sin necesidad de detoxificar la semilla previamente, para alimentación humana y animal.
4. Se está promoviendo dentro del sistema de la agricultura campesina, donde los pequeños productores son los dueños de las plantaciones, que producen a pequeña escala, de temporal, en policultivo y en pluriactividad.
5. Algunas producciones están iniciando en una de las modalidades de la agricultura por contrato, donde la *Biomazatl* se comprometió a comprarles la cosecha mientras ellos establecen las plantaciones y puedan procesar los productos.

Biomazatl S.C. de C.V. de R.L. se formó en Morelos en 2013, aunque venían trabajando con la selección y mejoramiento de *Jatropha* desde 2006. Primero fueron un grupo interesado en producir este cultivo como una alternativa para unos cuantos campesinos de este lugar, pero poco a poco se fue consolidando la producción. Algunos campesinos del pueblo conocían la *Jatropha*, pero nunca se había plantado comercialmente.

Los promotores del cultivo, en su mayoría jóvenes campesinos liderados por el Dr. Jaime Salinas (actual presidente de la cooperativa), empezaron a hacer demostraciones del proceso de obtención de aceite de la semilla de *Jatropha* con un equipo rudimentario y obtención de biodiesel a partir de este aceite. Continuaron con la investigación agronómica y de manejo del cultivo, hasta que el Doctor estabilizó la variedad Doña Fernanda, una semilla no tóxica, hermafrodita y con rendimientos significativos en suelos pobres y con pocos requerimientos de agua. Dicha variedad actualmente se encuentra en proceso de registro.

La producción se originó bajo el concepto agroecológico, a menudo intercalado principalmente con cultivos alimenticios como maíz. En 2020, *Biomazatl* reportó

tener una superficie de 922 hectáreas de *Jatropha* distribuidas en Mazatepec, Tetecala, Coatlán del Río, Miacatlán y Puente de Ixtla.

7.2.1. Descripción taxonómica, botánica y productos de la *Jatropha*

La *Jatropha* o también conocida como piñón, piñoncito, coquito, capate, tempate, *naxtli* en nahúatl, *chu'ta* en totonaco, *sikil-té* en maya, entre otros nombres más. Es un cultivo oleaginoso, caducifolio que tiene su origen en el sur de México y Centroamérica, específicamente en zonas tropicales y subtropicales (Heller, 1996). Aunque también se cultiva en países latinoamericanos, asiáticos y africanos.

Taxonomía

- Reino: Plantae
- Subreino: Tracheobionta
- Filo/división: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Euphorbiales
- Familia: Euphorbiaceae
- Género: *Jatropha*
- Especie: *Jatropha curcas* L.

Morfología vegetal:

- Es un arbusto-árbol de rápido crecimiento, puede alcanzar de 4 hasta 6 metros de altura.
- Los tallos tienen forma de cilindro de color verde, crecen con una discontinuidad morfológica en cada crecimiento.
- Comúnmente desarrollan 5 raíces, 1 principal y 4 laterales, y abundantes raíces finas.
- Las hojas tienen de 5 a 7 lóbulos acuminados poco profundos y grandes. Con pecíolos largos que miden de 10 a 15 centímetros de largo y de 9 a 15 centímetros de ancho. Produce látex blanquecino.
- La flor se forma en la axila de las hojas en las ramas. Es monoica¹⁷ porque produce flores masculinas y femeninas, pero las segundas en mayor

¹⁷ Otras variedades de la misma especie son dioicas.

número, son de color verdosas o blanco-amarillas de 10 a 25 mm de largo y con un pedúnculo de 4 a 10 centímetro de largo.

- El fruto es una cápsula drupácea y ovoide. Al inicio es de color verde, después amarillo, y café claro o negro en la madurez, mide 4 centímetros de largo por 3 centímetros de ancho. Los frutos se producen en invierno, se necesitan 90 días desde el proceso de floración hasta la maduración. Pueden haber de 1 hasta 3 cosechas al año, depende de la humedad y de la temperatura.
- Cada fruto produce en promedio 3 semillas de color negro que mide 2 centímetros de largo y 1 centímetro de diámetro. En promedio 1 kilogramo tiene 1,500 semillas, cada semilla pesa 0.50-0.66 gramos, contiene aproximadamente 50-60 % de aceite y 60-66 % de lípidos. La semilla también contiene minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio.

(Jaime-Salinas et al. 2012, p. 129)

Es un cultivo perenne, tiene una etapa de dormancia inducida por las variaciones de temperatura, intensidad luminosa y precipitación (Heller, 1996). Es una planta que desde el primer año empieza a producir fruto y semilla, pero hasta el cuarto o quinto año se estabiliza su producción. Los rendimientos dependen de cada región, variedad y manejo agronómico que se le proporcione (ver cuadro 18). Por ejemplo, Biomazatl reportó que en Morelos una planta de la variedad Doña Fernanda en condiciones de temporal puede alcanzar una producción de 2 a 2.5 kilogramos de semilla el cuarto año, mientras que una planta con un sistema de riego produce 5.5 kilogramos.

Cuadro 18. Producción promedio de fruto y semilla por planta, condiciones de temporal.

Año	No. de frutos promedio	No. de semillas promedio
Primero	30	90
Segundo	150	450
Tercero	500	1,500
Cuarto	1,000	3,000

Fuente: Consulta directa con Biomazatl, 2020.

La planta es considerada una especie rústica porque tiene una alta resistencia a condiciones extremas, se ha demostrado que puede crecer en suelos pobres¹⁸, arenosos y pedregosos, es resistente a plagas y enfermedades, tolera temperaturas que van de 10 a 34 grados centígrados y aguanta bajas precipitaciones de hasta 200 mm por año. La *Jatropha* puede desarrollarse en estas condiciones marginales de suelo y clima, y presentar rendimientos aceptables. Empero, los mejores rendimientos los tiene en suelos fértiles, con texturas media y gruesa, en lugares donde hay precipitaciones entre 300 y 1,800 mm (Jaime-Salinas et al., 2012), en elevaciones menores de 1,500 msnm, y en donde la temperatura promedio oscile entre los 18 y 28 grados centígrados.

En México hay genotipos de *Jatropha* tóxicas y no tóxicas: las primeras contienen ésteres de forbol en su semilla, compuestos identificados por su toxicidad en humanos y animales, pero también es una sustancia que puede emplearse como insecticida y antihelmíntico (Djamin y Adris, 2012; Ratnadass y Wink, 2012); y las segundas se pueden utilizar para alimentación humana y usos medicinales en diversas partes del país. Por ejemplo, en la región del Totonacapan (al norte del estado de Veracruz) hay variedades no tóxicas o con baja toxicidad que se han empleado como alimento humano desde la época prehispánica (Makkar et al. 1998). Se comen las semillas solas o las incorporan en algunos platillos típicos de la región como pipián o frijoles de olla (Nolasco-Guzmán et al. 2016). Sin embargo, nunca se han realizado plantaciones comerciales.

¹⁸ Se ha demostrado tener un desarrollo limitado en suelos con problemas de drenaje superficial, o cuando se estanca el agua por más de una semana, se corre el riesgo de pudrición de raíz y tallo.

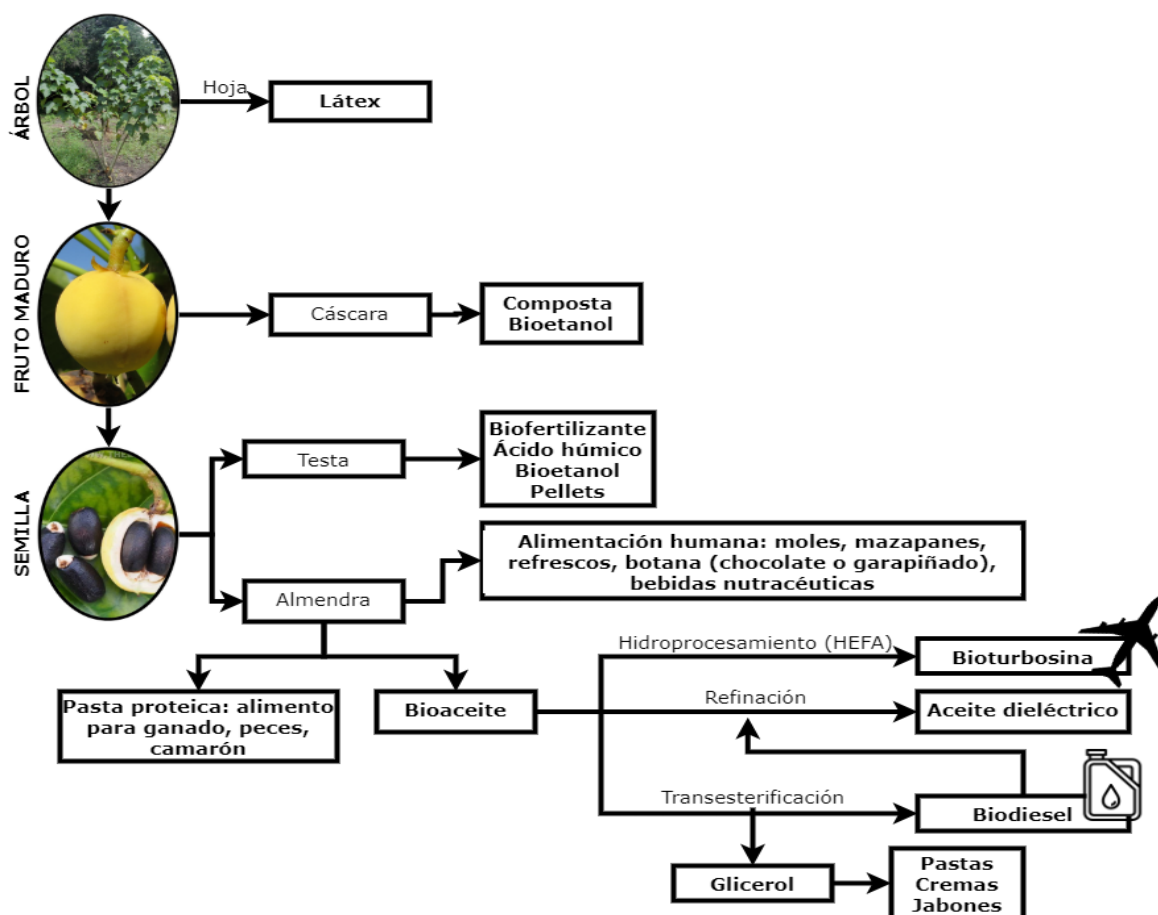


Figura 23. Principales productos de la *Jatropha* no tóxica.

Fuente: elaboración propia con datos del trabajo de campo y revisión documental.

Las variedades de *Jatropha* no tóxicas son consideradas una especie multiusos (Behera et al., 2010). El producto más popular es el bioaceite que se extrae de la semilla, de donde se puede producir principalmente biodiesel, bioturbosina o aceite dieléctrico¹⁹ (el cual puede reciclarse y convertirse en biodiesel). Pero también hay una cantidad de co-productos y sub-productos que se pueden obtener de su hoja, fruto y semilla (ver figura 23). Dentro de los co-productos se encuentra la pasta proteica para alimentos balanceados destinado a ganado, camarón y peces; y como sub-productos se pueden obtener bebidas nutraceuticas, moles, mazapanes, glicerol, pomadas, cremas, dentífricos, látex, lombricomposta, biofertilizantes y biogás de la cáscara (Falasca y Ulberich,

¹⁹ El Dr. Edgar Jaime Salinas de Biomazatl y la empresa KSH Innovación Automotriz tienen la patente de un proceso de refinación para transformar el bioaceite en aceite dieléctrico.

2008). Asimismo, desde hace años se está estudiando la viabilidad del proceso para obtener bioetanol a partir de la cáscara de la semilla y del fruto, un tipo de biomasa rica en materiales lignocelulósicos (Abduh et al., 2013; García et al., 2014).

Además, la *Jatropha* destaca por su gran capacidad de absorción de dióxido de carbono (CO₂): las hojas de una planta con sistema de irrigación absorben un promedio de 8 kilogramos de CO₂ por año, y una sin este sistema 1.6 kilogramos (Openshaw, 2000). Posee notables características melíferas (ayuda a la producción de miel), como lo asegura Fernández (2016) debido a su largo período de floración. Pero de igual forma, puede utilizarse para recuperar suelos erosionados²⁰ (Ratree, 2004).

En 2009, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) incluyó a la *Jatropha* en su “catálogo de recursos forestales no maderables” como una especie para reforestación en Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (CONAFOR, 2009). Para poder considerarla como especie para reforestación se debe tener en cuenta los requerimientos edafoclimáticos de la planta. Maes et al. (2009) definió las condiciones climáticas del área de distribución natural de la *Jatropha* en México y encontró que la mayoría de los especímenes se encontraron en climas tropicales de sabanas y monzones y en climas templados sin estación seca y verano caluroso; también en climas semiáridos, aunque en una menor proporción. Esto incluye al sureste mexicano, entre otras regiones del país.

7.2.2. Establecimiento del cultivo de *Jatropha*

Semilla

La semilla de *Jatropha* variedad Doña Fernanda es proveída por la cooperativa Biomazatl, son semillas recientes y que estuvieron en las condiciones adecuadas

²⁰ Esto es muy importante ahora que, de acuerdo al Informe sobre la agricultura mundial (IAASTD) de las Naciones Unidas, para poder migrar a sistemas agroecológicos sostenibles, es indispensable la restauración de los suelos erosionados.

de temperatura y humedad, y no fueron dañadas por insectos o algún tipo de hongo que pudiera provocarles alguna enfermedad.

Germinación de la semilla

La germinación de las semillas se recomienda hacer a partir de la primavera, porque la temperatura ideal para una mejor germinación oscila entre 30 y 35 grados centígrados (Nolasco-Guzmán et al., 2016), aunque puede germinar sin problemas hasta los 40 grados. La semilla variedad Doña Fernanda tarda en germinar de cinco a 10 días, el porcentaje de pérdida en la germinación oscila entre el 2 y el 15 % dependiendo del manejo que se le brinde.

Antes de sembrar se recomienda tratar la semilla con algún fungicida de alto espectro. Biomazatl recomienda humedecer la semilla durante 12 horas a temperatura ambiente con una solución con micorrizas (para un mejor desarrollo de raíces), aunque no todos los productores eligen esta opción. La siembra es manual, la tierra debe estar húmeda, pero si no se mojó la semilla previamente con las micorrizas se debe humedecer un poco más. Es recomendable que el ápice (punta blanquecina) se coloque hacia abajo a una profundidad de 1 o 2 centímetros.

Se recomienda mantener las plantas en el vivero o almácigo durante tres meses para conseguir un óptimo desarrollo para sobrevivir en campo. Aunque Doña Fernanda ha demostrado estar lista para trasplante a partir de la sexta semana, va a depender del manejo que se le proporcione a la plántula en el vivero o almácigo.

Desarrollo de las plantas

La propagación de las plantas de *Jatropha* se puede hacer por semilla (reproducción sexual) y por partes vegetativas (reproducción asexual), que comúnmente se le conoce como esquejes o vareta. Aunque es importante aclarar que cuando se hace por esquejes, algunas de las plantas no desarrollan un sistema radicular fuerte, porque no les crece la raíz pivotante, si bien, empiezan a producir más pronto se desarrollan más lento que las propagadas por semilla.

En el Centro Regional Universitario Península de Yucatán (CRUPY) de la Universidad Autónoma Chapingo, por parte del Proyecto Bioaceites del Sureste, se han realizado distintas investigaciones de propagación mediante Cultivo de Tejidos Vegetales (CTV) o *in vitro* con la variedad Doña Fernanda, pero hasta el momento no se aplica en campo.

La reproducción por semilla se recomienda llevarse a cabo en viveros o almácigos para tener mayor control de la germinación y desarrollo de las plántulas. Porque con la siembra directa se puede perder hasta el 80 %, ya que se requiere sembrar 3 semillas por golpe, asegurar el riego y controlar la presencia de animales que se pueden comer la semilla. Los viveros pueden ser rústicos o tecnificados, depende del recurso de cada productor o del nivel organización que se tenga en la producción.

Las plantas se pueden desarrollar en: 1) cama de cultivo, 2) charola o 3) bolsa de plástico forestal. La cama de cultivo puede hacerse en el patio o en las parcelas, regularmente hacen camas elevadas de al menos 2.5 metros de largo por 1.2 - 1.5 metros de ancho para poder trabajar todo el espacio; se pueden elaborar de madera, bloques de hormigón, ladrillos o sólo de tierra. De las opciones es la más económica y disponible para casi todos los productores. Las charolas han demostrado ser muy efectivas en el momento de la germinación, pero son más costosas y poco accesibles para los productores. La preparación de la tierra y los cuidados del almácigo son los mismos que para cualquier otro cultivo.

Densidad de plantación

Comúnmente con Doña Fernanda se recomienda plantar a una distancia de 3 metros entre planta (3 x 3), esto cuando se cultiva sin la ayuda de maquinaria agrícola, en marco real de 4 x 4 y de 5 metros por 2 (5 x 2) cuando se utiliza maquinaria o se tiene planeado utilizarla en un futuro. Estas distancias pueden variar cuando se planea intercalar un cultivo anual, preferentemente de una leguminosa, lo cual es altamente recomendable en los 3 primeros años de la plantación.

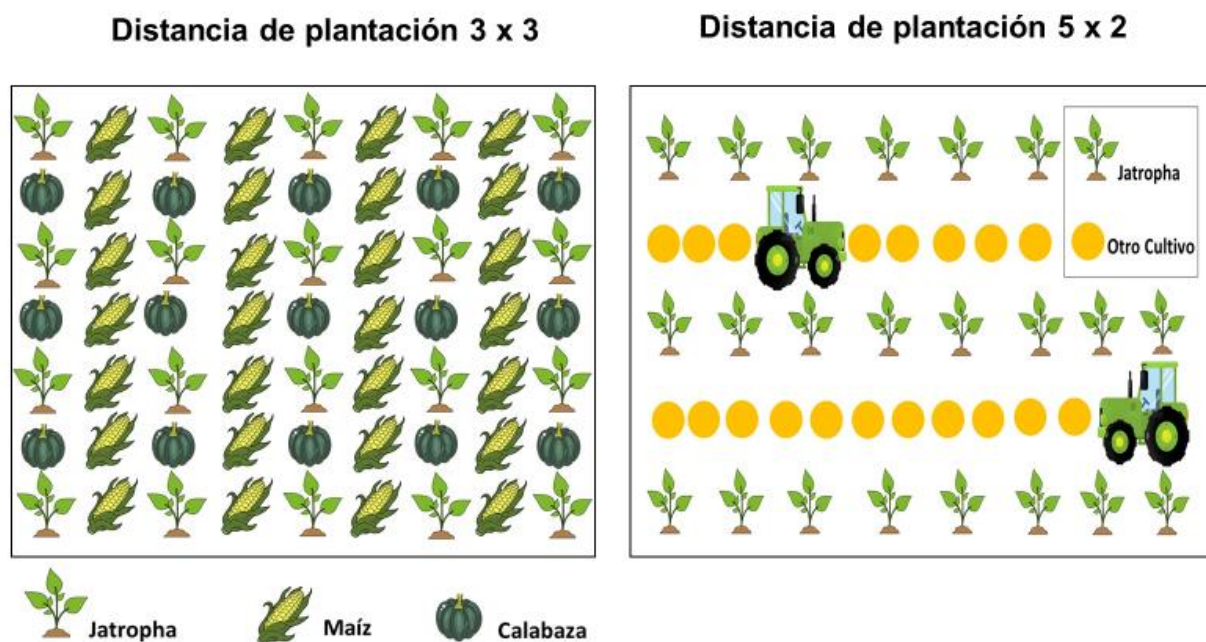


Figura 24. Ejemplo de diseño de la plantación de Jatropha.
Fuente: elaboración propia con información obtenida en campo.

Trasplante

La planta puede estar lista para el trasplante una vez que alcance 30- 40 centímetros de altura, siempre y cuando los tallos estén totalmente lignificados. Las plantas variedad Doña Fernanda han demostrado poder alcanzar ese desarrollo a partir de la séptima semana, todo dependerá del manejo que se le brinde en el vivero o almácigo.

El trasplante se recomienda hacer cuando las lluvias están establecidas, porque las plantas requieren de agua las primeras dos semanas después de plantarlas. Cuando las plántulas se desarrollan en cama de cultivo, las plantas van a raíz desnuda, lo que facilita su traslado porque pueden manipularlas sin problemas, pero al quedar la raíz expuesta, el trasplante requiere mayor cuidado y debe ser preferentemente el mismo día de la extracción. Considerando ese detalle, la plantación es más sencilla con la bolsa porque solo se requiere remover la bolsa y depositar la planta en el agujero. No obstante, las raíces de las plántulas desarrolladas en bolsas pueden formar nodos y casi no se desarrollan raíces finas. En cada producción o cada productor elige la técnica de su preferencia.

Para plantar, se hacen agujeros en el suelo de profundidad requerida para cubrir el total de las raíces y 15 centímetros de diámetros. Si se utilizaron bolsas, el agujero deberá ser mayor del tamaño de la bolsa. Si la planta está a raíz desnuda, se debe alinear y cubrir los espacios sobrantes, y presionar la tierra para eliminar el exceso de aire.

Fertilización

Los requerimientos nutricionales de la *Jatropha* dependen de las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se encuentre el cultivo. Aunque *Biomazatl* recomienda un programa de fertilización base, cada productor tiene la libertad de elegir el fertilizante y dosis que considere más adecuado.

Biomazatl recomienda en la etapa inicial, en el vivero o almácigo, una dosis de 100 gramos por metro cuadrado (g/m^2) de fosfato diamónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) por planta, se aplica directamente a la tierra (sustrato) cuando las plantas tengan 20 días de haber emergido, lo que les ayudará a fortalecer el sistema radicular. La segunda fertilización se hace con nitrógeno (N), se aplican de forma localizada 40 gramos por planta de urea, 20 días posterior al trasplante. Se realiza una tercera fertilización con lombricomposta al inicio de la floración; se recomiendan 500 kilogramos por hectárea. Este tipo de composta alto en nutrientes ayudará con el llenado de fruto.

Floración

La floración de la *Jatropha* depende altamente de las condiciones de humedad, en los lugares muy húmedos o con sistema de riego florecen casi todo el año, y en los climas más secos y en condiciones de temporal lo hacen solo en su temporada de lluvias. La floración puede propiciarse con la aplicación de nitrógeno (urea) y fósforo.

Control de malezas, plagas y enfermedades

Es importante tener control del crecimiento de hierbas, especialmente después del trasplante, porque la maleza compite por la luz con las plantas de *Jatropha*. El problema de malezas se agudiza durante la temporada de lluvias y puede

controlarse de forma mecanizada o manual. El uso de maquinaria es la forma más rápida, porque con una o dos pasadas con la rastra es suficiente, pero no todos los productores tienen acceso a maquinaria y no en todos los terrenos pueden ingresarla. El control manual es tardado y costoso, por ejemplo, en el sureste mexicano en temporada de lluvias se pueden requerir hasta 11 jornales para una hectárea porque las condiciones edafoclimáticas de la región permiten que la maleza se desarrolle con facilidad. Otra forma de deshierbe manual es utilizando ganado ovino para que ellos se coman la hierba, solo que esto se puede hacer a partir del tercer año para que los borregos no maltraten la *Jatropha*. El control químico con herbicidas inorgánicos es el más rápido, pero actualmente buscamos opciones agroecológicas para reducir el uso de sustancias como el glifosato, altamente dañino a los seres humanos y al ambiente.

Doña Fernanda se ha enfrentado a diferentes problemas de plagas y enfermedades, la planta es más vulnerable a ciertas plagas y enfermedades en algunas zonas que en otras, también las condiciones en que se desarrolla la planta determinan el grado de ataque. Por ejemplo, en el sureste se han detectado menos plagas que en el centro del país; en el centro se encontró, específicamente en la región sur del Estado de México que la planta es atacada por diversas plagas, pero logra resistir a los ataques. La humedad del sureste permite la presencia de enfermedades en los tallos ocasionadas por hongos. Asimismo, algunos productores demostraron que la planta en asociación con otros cultivos o al dejar un poco de maleza, es menos atacada por grillos u otros insectos que le comen la hoja.

Cuadro 19. Algunas plagas y enfermedades detectadas con Doña Fernanda.

Proyecto	Plaga/enfermedad	Ataque
Campeche	Gusano verde de la familia <i>limacodidae</i> .	Ataca a la plántula en el almácigo.
	Tuza (<i>Geomyidae</i>).	Se come la raíz de la planta adulta.

	Hongo (<i>Pythium aphanidermatum</i> ²¹).	Pudrición en la base del tallo de plantas mayores de 1 años.
Morelos	Picudo (<i>Scyphophorus acupunctatus</i>) Diabrotica o catarina	Perfora el tallo Corta el follaje de plantas jóvenes
Sur del Estado de México	Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>).	Se come la planta recién trasplantada.
	Grillo (<i>Gryllidae</i>)	Se come la hoja.
	Gusano cabezudo (<i>Capnodis tenebrionis</i>) Larva del gusano barrenador (<i>Cochliomyia hominivorax</i>)	Atacan el tallo de las plantas adultas.
	Cuinique (<i>Spermophilus adocetus</i>)	Se come la semilla cuando el fruto está maduro.

Fuente: elaboración propia con los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado en Campeche, Morelos y el Sur del Estado de México entre 2017 y 2020.

Biomazatl utiliza algunas opciones ecológicas en sus producciones para controlar plagas y enfermedades que les afectan comúnmente. Una de ellas es el caldo bordelés (sustancia preparada con sulfato de cobre, hidróxido de calcio y agua) para prevenir enfermedades causadas por hongos o para repelar ataques de insectos en etapas tempranas.

Cosecha

La variedad Doña Fernanda puede tener de 2 a 3 cosechas al año; el periodo de colecta puede ser de septiembre a marzo, pero tanto la cantidad de frutos como los meses de cosecha depende del clima y humedad del lugar, y del manejo agronómico que se le brinde. El fruto está listo para cosecharse (maduro) cuando se torna de color café claro hasta negro.

Los frutos no maduran al mismo tiempo, por ello se recomienda hacer la recolección de manera manual. Aunque se conocen opciones de cosecha mecanizada y manual/mecánica que son aparentemente más económicas: 1) el agitador de árboles que tumba los frutos maduros, 2) la aspiradora de frutos en el suelo y 3) la instalación de redes en la base de los arbustos para que los frutos caigan cuando estén listos. Hasta el momento, todo indica que la cosecha manual

²¹ Para las variedades no tóxicas, muy poco documentadas, se ha detectado daño por *P. aphanidermatum* en raíces y tallos según el trabajo de Valdés-Rodríguez, et al. 2011.

es la mejor opción en cuanto al cuidado de la planta y de la cosecha, que incluye la calidad y cantidad de aceite.

El fruto maduro debe ser secado o deshidratado al sol o por medios artificiales para poder obtener la semilla. Se recomienda secar en un lugar ventilado para evitar el crecimiento de hongos o bacterias. El despulpado (extracción de la semilla del fruto) regularmente se obtiene de forma mecanizada con la ayuda de algún equipo rudimentario.

7.2.3. La *Jatropha* en combinación con otros cultivos y actividades

Se recomienda que la producción de *Jatropha* se combine con otros cultivos y actividades, para lograr un sistema de producción más resiliente y rentable económicamente. Gran parte de las producciones que se han hecho con Doña Fernanda se han promovido dentro de la agricultura campesina, así que la mayoría de los productores están acostumbrados a la diversidad de especies.

Para combinar con otros cultivos se recomienda una densidad de plantación de 1,111 plantas por hectárea, puestas a una distancia de 3 metros (3 x 3). Con este diseño se puede aprovechar el espacio para sembrar en asociación con otros cultivos que comúnmente siembran, como maíz, calabaza, frijol, u otros. Cada productor tiene la libertad de diseñar sus plantaciones según sus necesidades, el maíz es el cultivo más común con el que intercalan.

La mayoría de las producciones que se han promovido en el centro y sureste del país es agricultura no mecanizada, por eso se recomienda la densidad de 3 x 3, pero en los casos donde sí utilicen maquinaria o tengan planeado usarla en el futuro, se propone plantar a una distancia de 5 metros por 2 (5 x 2), logrando una densidad de 1,000 plantas por hectárea. Entre las hileras de 5 metros puede ingresar un tractor para sembrar otro cultivo. Es importante destacar que con esta densidad (5 x 2), se le debe brindar un trabajo de poda especial por la cercanía de 2 metros, además, es probable que las plantas reduzcan hasta un 20% su producción anual, pero no se perdería la rentabilidad del proyecto.

Asimismo, con el cultivo de *Jatropha* pueden desarrollarse sistemas silvopastoriles a partir del tercer año, se conocen casos de éxito con *Jatropha* Doña Fernanda, ganado ovino y forraje. Es importante mencionar que se han probado sistemas silvopastoriles con *Jatropha* que no han funcionado, como el caso donde introdujeron borregos el primer año y bovinos en el tercero, aunque el ganado no se comió la planta, sí la maltrató: el borrego adulto la pisó, el bebé borrego mordisqueó los tallos tiernos y el bovino le quebró ramas con el cuerpo y con la cornamenta. Con base en las experiencias reportadas hasta el momento, los sistemas silvopastoriles solo se recomiendan con ovinos a partir del tercer año, cuando la *Jatropha* alcanzó cierta altura y desarrollo; cualquier otro tipo de ganado es poco compatible con este sistema, al menos que los animales estén bajo supervisión.

Además, también pueden explorarse escenarios donde se utilice a la *Jatropha* para la reforestación de suelos erosionados, preferentemente dentro de un sistema agroforestal, las especies que se alternen con la *Jatropha* dependen de las condiciones edafoclimáticas y socioculturales de cada región. Aunque no hay un estudio formal de la capacidad de captación de dióxido de carbono (CO_2) de Doña Fernanda, con base en el trabajo de Openshaw (2000), un árbol de *Jatropha* de temporal puede absorber en promedio 1.6 kilogramos de dióxido de carbono (CO_2) al año, considerando la densidad de plantación de 1,111 plantas, una hectárea con *Jatropha* estaría secuestrando 1.7 toneladas de CO_2 en un año, a esta cifra se le sumaría la captación de los otros árboles.

Por último, la apicultura es otra actividad que puede combinarse con la producción de *Jatropha*. Aunque se recomienda más para regiones húmedas con periodos largos de lluvia, porque la planta florece casi el todo el año, caso contrario de las regiones secas. En el Ejido Cinco de Febrero en Campeche, una zona caracterizada por la producción de miel de calidad internacional y una temporada de lluvias de 11 meses, han estado probando intercalar estas dos actividades, algunos han colocado las cajas con colmenas de abeja alrededor de sus pequeñas plantaciones de *Jatropha*.

7.2.4. Postcosecha y procesamiento de los productos

La etapa de postcosecha (después de la recolección hasta la obtención de los productos) también juega un papel preponderante en la producción de *Jatropha*, pues requiere de una gestión óptima para minimizar pérdidas y garantizar la buena calidad de los productos, subproductos y coproductos.

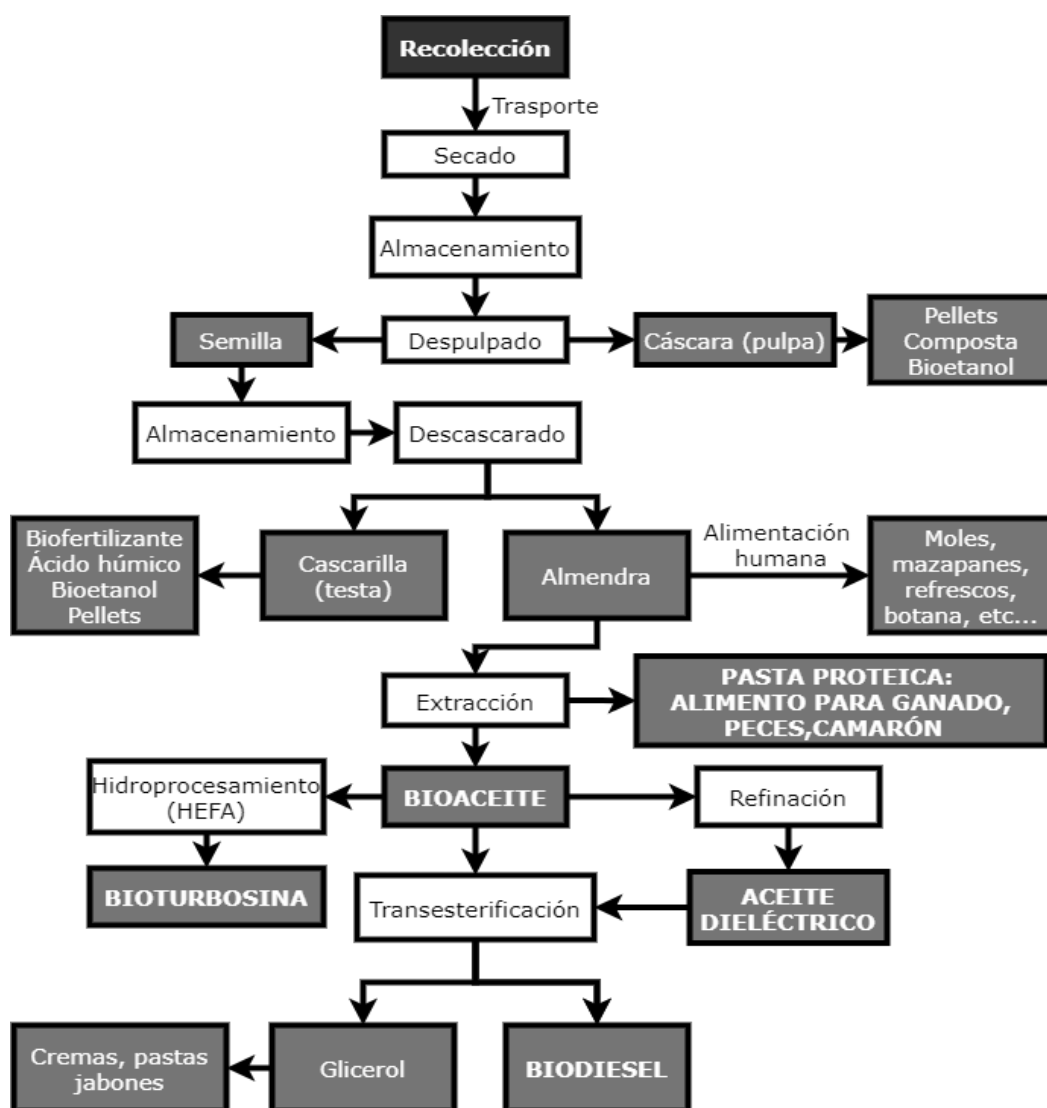


Figura 25. Diagrama del proceso de postcosecha de *Jatropha curcas* Doña Fernanda.
Fuente: elaboración propia con datos del trabajo de campo y revisión documental.

Para poder establecer una cadena agroindustrial de *Jatropha* variedad Doña Fernanda se requieren como mínimo 500 hectáreas consolidadas, es decir, tener aproximadamente la producción estable de 555,500 plantas mayores de cuatro

años en una región o zona. Las producciones que están en proceso de establecerse pueden vender su cosecha a Biomazatl²² o aprender a procesar la semilla a pequeña escala para consumo humano, pueden preparar botanas, dulces, moles o incluirla a la dieta regional. Por ejemplo, BIOMESUR en el Sur del Estado de México ha estado explorando incorporar la semilla de *Jatropha* en algunos alimentos regionales, incluso en colaboración con la Universidad elaboró un queso y le agregó pedazos finos de semilla de *Jatropha*.

Hasta el momento, de las diferentes producciones de esta variedad no tóxica que hay en el país, solamente la cooperativa Biomazatl en Morelos tiene las condiciones para poder procesar la semilla y obtener la diversidad de productos, co-productos y sub-productos que se ha demostrado que se pueden obtener de este cultivo. La cooperativa tiene como eje central al cultivo de *Jatropha*, pero también practican otras actividades donde utilizan los diferentes productos. Por ejemplo, se dedican a la crianza de ganado ovino, caprino, porcino y aviar en cuyas dietas incluyen la pasta proteica; tienen huertos orgánicos de especias, tomate, pepino y papaya que han logrado colocar en el mercado nacional e internacional donde utilizan la composta, biofertilizantes y el biodiesel en los tractores; además, preparan cremas, pomadas, moles y mazapanes. Comercializa en los mercados locales y regionales: biodiesel, lombricomposta, composta, biofertilizantes, alimento para ganado, glicerol, cremas, pomadas, moles y mazapanes. Se capacitó a un grupo de señoras de la comunidad para preparar las cremas, pomadas, moles y mazapanes. Gran parte del bioaceite se vende, durante algunos años estuvieron vendiendo el aceite filtrado a Aeropuerto y Servicios Auxiliares (ASA) de la Ciudad de México que era enviado a Estados Unidos para su transformación en bioturbosina. La rentabilidad de la cooperativa proviene por la venta de todos los productos.

²² En algunas producciones de la variedad Doña Fernanda, Biomazatl ha firmado cartas de compromiso de compra de la semilla, a un precio de doce mil pesos la tonelada puesta en Morelos.

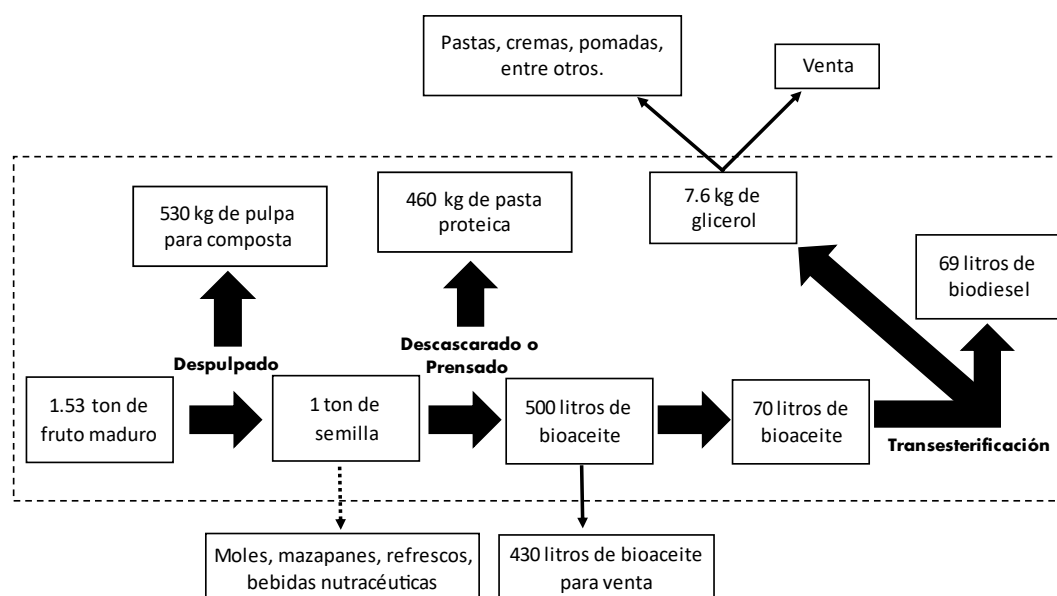


Figura 26. Proceso general para la obtención de productos, co-productos y sub-productos más importantes de la Jatropha.

Fuente: elaboración propia con datos reportados por Biomazatl en 2020.

Los rendimientos de la variedad Doña Fernanda dependen de las condiciones edafoclimáticas y del manejo agronómico que se le proporcione. En Morelos se reportó entre 2 y 3 toneladas de semilla por hectárea, plantadas a una distancia de 3 metros (3 x 3), bajo el régimen de temporal.

Producción de una tonelada de semilla de Jatropha:

- 500 litros de bioaceite: 430 para venta y 70 para la producción de biodiesel.
- 69 litros de biodiesel.
- 7.6 kilogramos de glicerol como subproducto del biodiesel
- 460 kilogramos de pasta proteica para preparar el concentrado para el alimento para ganado.
- 530 kilogramos de pulpa del fruto para composta y biofertilizantes.

Equipo rudimentario para procesar la semilla de Jatropha

Existen diversos equipos que se han diseñado para los procesos de obtención de los productos, co-productos y sub-productos de la Jatropha. Hasta el momento, Biomazatl ha diseñado algunos equipos rústicos para obtener los diferentes productos. Tienen una despulpadora mecánica para la separación de la semilla del fruto (despulpado), una extractora donde se obtiene aceite y pasta

proteica y el proceso de transesterificación para producir el biodiesel es realizado en unos bidones metálicos de 200 litros.

Jatropha para alimentación humana

Como se mencionó en la descripción del cultivo, existen genotipos de *Jatropha* tóxicos y no tóxicos, los segundos se han utilizado como alimento humano desde hace tiempo. En 2018, en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán se comprobó que la pasta descascarillada de Doña Fernanda es una fuente de proteína adecuada para consumo humano.

Estos estudios muestran que esta semilla descascarada tiene entre 17.35 y 24.16 %, de 17.87 a 23.49 de fibra dietética, y 17.97 a 19.91 de grasa saturada (ácido oleico 41.33 por ciento de grasa monoinsaturada), se considera que los subproductos alimenticios obtenidos de la semilla antes y después de ser procesada para obtención de aceite para usos industriales, puede ser de gran valor alimentario a nivel humano y animal. Es importante mencionar que el nivel de la proteína se incrementa en la pasta procesada de 29 a 32 %.

7.2.5. Formas de organización para la producción de *Jatropha*

Para la producción, procesamiento y beneficio de la *Jatropha*, tomando como ejemplo la experiencia de Biomazatl, SC de RL y CV, tanto BIOMESUR como Bioaceites del Sureste han considerado promover la organización. Las organizaciones comunitarias o rurales, promueven los objetivos económicos o sociales que tienen en común sus integrantes. Comúnmente, los campesinos o pequeños productores se organizan para facilitar el acceso a créditos, capacitación o insumos, para negociar mejores precios para sus productos o para colocarlos en mejores mercados. En estos casos, la idea del desarrollo va “de abajo hacia arriba”.

Existen diversos tipos de organizaciones comunitarias o rurales. Dentro de las más populares se encuentran: 1) las cooperativas, 2) uniones de ejidos o comunidades, 3) sociedades de producción rural, 4) uniones de sociedades de producción rural y 5) asociaciones rurales de interés colectivo. Las cooperativas

agrarias son las más comunes, especialmente en el caso de aquellas que ofrecen servicios a los agricultores, pero también las sociedades de producción rural (SPR) se han popularizado en los últimos años. La producción de *Jatropha* se ha promovido mayoritariamente entre grupos de campesinos, algunos acostumbrados a trabajar organizados y otros no.

En todas las producciones de *Jatropha* Doña Fernanda se recomienda a los productores trabajar organizados. Se les proporciona información sobre las cooperativas y las sociedades productoras rurales, pero cada grupo decide la forma en que se organiza. Los objetivos de trabajar organizados son los mismos de cualquier organización campesina, en el caso de la producción de *Jatropha* también se busca facilitar la integración de la *Jatropha* con sus otros cultivos y otras actividades, y aprovechar los diversos productos que se obtienen de ella.

7.3. Funcionamiento de los dos proyectos de *Jatropha* estudiados

7.3.1. Bioaceites del Sureste en el Ejido Cinco de Febrero

La producción de *Jatropha curcas* en el Ejido Cinco de Febrero forma parte del proyecto Bioaceites del Sureste operado con los apoyos de la Dirección General de Investigación y Posgrado (DGIP) de la UACH, que aprobaron en 2015. La coordinación y los estudios del área social son realizados por la Dra. Ibis Sepúlveda González, apoyada de dos tesisistas del Doctorado en Ciencias en Ciencias Agrarias y un estudiante de la Maestría en Sociología Rural del Departamento de Sociología Rural. Mientras los estudios técnicos, especialmente de carácter agronómico, están a cargo de la M.C. Elsa Cervera Backhauss y del Dr. Edgardo Escalante Rebolledo en el Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán (CRUPY) de la UACH. En el presente trabajo se profundizó en la investigación de carácter social. Asimismo, se ha contado con la asesoría de Biomazatl.

Al inicio Bioaceites del Sureste se presentó a la DGIP como un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico con la finalidad de investigar la factibilidad del

cultivo *Jatropha* en los tres estados de la Península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán). El objetivo de este proyecto es promover una opción productiva para pequeños productores para los que sus actividades económicas hicieran difícil su permanencia en la agricultura y estuvieran propiciando el cambio de uso del suelo y migración.

Al principio se encontraron e investigaron cuatro diferentes variedades de *Jatropha*: tres de ellas desarrolladas por el Dr. Alfredo Zamarripa Colmenero y su equipo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Rosario Izapa, Chiapas, las tres variedades son tóxicas (ésteres de forbol); y la cuarta se detectó en Morelos, desarrollada por el Dr. Edgar Jaime Salinas de la Cooperativa Biomazatl, una variedad no tóxica y hermafrodita llamada Doña Fernanda.

En el CRUPY se desarrollaron una serie de estudios agronómicos de las cuatro variedades, encontrando a Doña Fernanda como la mejor variedad por sus rendimientos y características. A partir de ese momento inició una colaboración entre la UACH y la Cooperativa Biomazatl, quien ha participado de una forma activa en la ejecución del presente proyecto.

Durante 2016 se inició trabajos de campo en el municipio 1) Champotón y Escárcega, Campeche, 2) Othon P. Blanco, Quintana Roo, y en 3) Muna, Yucatán. La UACH proporcionó la semilla certificada comprada a Biomazatl, los bioproductos como las micorrizas y la asesoría. Sin embargo, el proyecto solo continúa vigente en el Ejido Cinco de Febrero, los campesinos de Quintana Roo y Yucatán decidieron no participar casi desde el principio, aunque argumentaron diversos motivos, el más importante fue porque ellos debían cubrir la mano de obra. Con las plantaciones que se lograron hacer se comprobó que la planta se adapta a las condiciones edafoclimáticas de la región. En noviembre de 2018 se visitó una pequeña plantación de *Jatropha* en el Ejido Cacao, en una hectárea se plantó *Jatropha* intercalada con plátano, maíz y calabaza. A pesar de no haber

contado con el manejo agronómico requerido, las plantas estaban dando fruto y no habían presentado plagas o enfermedades que representaran daños serios.

El objetivo general de Bioaceites del Sureste es promover la producción de *Jatropha* variedad no tóxica Doña Fernanda, así como la producción de sus productos, co-productos y sub-productos a mediano y largo plazo, buscando impulsar el desarrollo local en las comunidades donde se implemente. Se propone trabajar bajo el sistema de producción de la agricultura campesina: primero, no se debe deforestar para introducir *Jatropha*; segundo, se recomienda el uso de la tecnología agroecológica; tercero, se propone plantar en asociación con otros cultivos o actividades, especialmente aquellos cultivos que ellos siembran normalmente; por eso los sistemas agroforestales, incluido el agrosilvícola, forman parte estratégica de este tipo de proyectos. Además, es un cultivo que tiene mercado seguro porque la Cooperativa Biomazatl firmó un contrato de intención de venta en 2016, para garantizarles la compra de semilla a los productores de la comunidad, el precio pactado es de doce mil pesos la tonelada puesta en el estado de Morelos.

El proyecto Bioaceites del Sureste en el Ejido Cinco de Febrero tuvo una participación de 35 campesinos pluriactivos, 17 son ejidatarios, 12 hijos de ejidatarios con pequeña propiedad, la mayoría heredadas de sus padres, y 5 son avecindados con tierras prestadas o rentadas. Predomina la mano de obra familiar.

Entre 2016 y 2017 la UACH entregó a 35 productores un total de 60.5 kilos de semilla certificada variedad no tóxica Doña Fernanda. En octubre de 2016 se repartieron 6.5 kilos entre 13 personas, y en abril de 2017 se dieron 54 kilos a 22 personas más. De la semilla entregada en 2016 solamente sobrevivieron entre 100 y 200 plantas, porque se empezó a trabajar en octubre cuando finalizaba el periodo de lluvias, pocas plantas sobrevivieron por la falta de agua.

Durante el trabajo de campo entre 2017 y 2020 se detectó lo siguiente: de los 35 productores a los que se les entregaron 60.5 kilos de semilla, 30 hicieron el

almácigo (49 kilos); 17 trasplantaron a campo; 7 cuidaron las plantas trasplantadas; y solamente 6 recolectaron las semillas. El interés por el cultivo fue decayendo conforme se requería mayor cuidado.

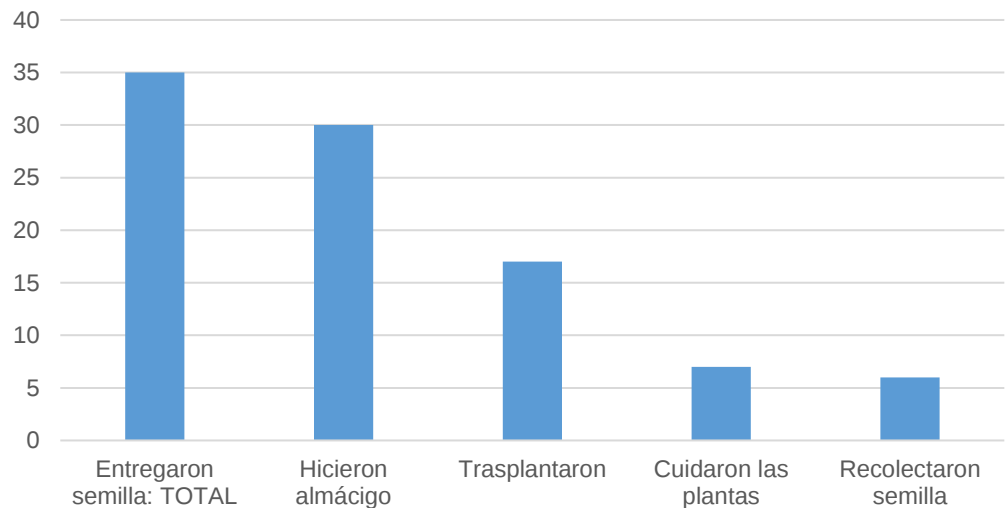


Figura 27. Nivel de participación de los productores en las etapas del proyecto.
Fuente: elaboración propia con datos del trabajo de campo.

De las 90,750 semillas entregadas (60.5 kilos), se desarrollaron 40,890 plántulas: 39,990 en los diferentes almácigos y 900 de siembra directa en una hectárea. A causa de plagas, enfermedades o descuidos de los campesinos se perdió el 30 por ciento de las plántulas en los viveros, quedaron 28,623 plantas listas para trasplante a campo, pero solamente se trasplantaron 8,400 distribuidas aproximadamente en 8 hectáreas. En los primeros tres meses después del trasplante, se perdieron cerca de 3,000 plantas por poco mantenimiento, les faltó agua (trasplantaron en días no lluviosos), fertilizante y control de maleza. En marzo de 2020 se contabilizaron en promedio 3,895 plantas pertenecientes a 13 productores.

7.2.2. Biocombustibles en el Sur del Estado de México

El proyecto Biocombustibles en el Sur del Estado de México inició a operar en 2015 bajo la coordinación de la Sociedad Productora Rural Bioenergéticos Mexicanos Sustentables (BIOMESUR). El objetivo central del proyecto es

promover la plantación de *Jatropha Curcas* variedad Doña Fernanda para la producción de bioaceite, biodiésel y demás subproductos y coproductos que se ha comprobado que se pueden obtener de la semilla, fruto y hojas de la planta.

BIOMESUR surgió como una forma para facilitar la operación de Biocombustibles en el Sur del Estado de México, como SPR han podido conseguir recursos y apoyos del gobierno estatal y federal. Comenzaron con 18 socios, productores del municipio de Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya. El presidente de BIOMESUR, el Ing. Raúl Domínguez Vences, compartió que en el transcurso de los últimos cinco años han tenido bajas y altas de socios, a principios de 2020 reportaron una lista de 100.

La misión de BIOMESUR:

Satisfacer las necesidades energéticas del país, creando valor enfocado en conocimiento e innovación para lograr la producción de bioenergéticos así como el aprovechamiento de toda la red de valor de BIOMESUR.

La visión:

Crear una SPR bioenergética que sea capaz de distinguirse por su calidad humana y lograr una sostenibilidad y estabilidad para cada uno de los socios, así como para la región, estado y país.

Biocombustibles en el Sur del Estado de México estimó un potencial para la producción de *Jatropha* de 110,000 hectáreas de tierras de agostadero u ociosas distribuidas en 17 municipios de la región sur. El proyecto inició a operar en 2015 con recursos de los 18 socios fundadores de BIOMESUR, lograron plantar aproximadamente 111,000 plantas distribuidas en 100 hectáreas con una distancia de 3 metros entre hileras y entre plantas (3 x 3). El método de propagación fue mediante estaca o vareta que adquirieron de la Cooperativa Biomazatl y que trasladaron de Morelos al Sur del Estado de México, en los primeros tres meses solamente sobrevivieron cerca de 50,000 plantas (45%) en una superficie de 50 hectáreas.

En 2016, BIOMESUR consiguió que PROBOSQUE los apoyará con la compra de 66,660 plantas, donde 44,440 se utilizaron para replantar 40 hectáreas del año anterior y 22,220 (20 has) fueron para nuevas plantaciones. En esta ocasión, se volvió a propagar por estaca y también se compró plántula, pero lamentablemente se secó la mitad. Los productores mencionaron que las plántulas traídas de Morelos no se habían desarrollado lo suficiente y por eso no pudieron soportar el cambio. Aunque PROBOSQUE pagó las plántulas, los productores corrieron con los gastos del traslado y la mano de obra para el trasplante y cuidado de las plantas.

En 2017, la desaparecida Dirección General de Fibras Naturales y Biocombustibles de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Alimentación (SAGARPA) autorizó recursos para la adquisición de 450,000 plántulas. Para ese año, solamente habían podido consolidar 100 hectáreas, tenían cerca de 111,000 plantas distribuidas entre Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya. En septiembre se plantaron 397 hectáreas, pero por cuestiones administrativas y técnicas, para diciembre se habían secado casi todas las plantas. Se cree que las plántulas no resistieron el cambio porque estaban pequeñas, medían cerca de 10 centímetros, cuando el mínimo recomendado para trasplantar es de 30 centímetros.

A finales de 2017, el nuevo Delegado Regional Forestal de PROBOSQUE en Tejupilco, el Ing. Miguel Ángel Romero Morales, integró formalmente el proyecto Biocombustibles en el Sur del Estado de México al programa estatal “Plantaciones forestales comerciales”. Este programa se encarga de promover la reconversión de terrenos agrícolas de baja productividad a su vocación forestal con el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Sin embargo, se debían hacer ciertos ajustes operativos y administrativos al proyecto de *Jatropha*. Primero, la planta debía germinarse en el vivero que tiene PROBOSQUE en la comunidad de San Miguel Ixtapan en Tejupilco, porque la propagación por esqueje y por plántula desarrollada en Morelos no había resultado. Segundo, PROBOSQUE se encargaría de la supervisión y asesoría técnica, aunque ésta

última la compartiría con BIOMESUR y la Cooperativa Biomazatl. Tercero, los nuevos participantes del proyecto podían ser miembros o no de BIOMESUR, pero la cosecha no puede ser vendida a terceros. Cuarto, los primeros años se venderá la semilla a Biomazatl, pero en cuanto haya viabilidad, se empezarán a procesar en la región.

El objetivo de PROBOSQUE es establecer las plantaciones de *Jatropha* en campo, por ello, en 2018 empezó a ofrecer apoyo y acompañamiento los primeros cuatro años de la planta, el apoyo consiste en lo siguiente: Desarrollar la plántula en su vivero, el costo de producción por cada planta es de seis pesos; además de la planta, el primer año también se le da cinco mil pesos por hectárea a cada productor para cubrir los costos del trasplante, los siguientes tres años se les apoya con tres mil pesos por hectárea para mantenimiento de las plantas; los técnicos de campo de PROBOSQUE son los responsables de verificar que se haga el trasplante y monitorear el cuidado de las mismas.

Entre 2015 y 2019 se lograron establecer 250 hectáreas de *Jatropha* distribuidas en Amatepec, Luvianos, Tejupilco y Tlatlaya. En abril de 2020 se adquirió semilla para 300 hectáreas más, en el vivero de PROBOSQUE se desarrollaron cerca de 333,000 plantas durante los meses de abril y junio. La meta para 2021 es tener establecidas 1,200 hectáreas distribuidas en toda la región sur del Estado de México.

De los 18 socios fundadores de BIOMESUR solamente continúan 8, entre 2015 y 2020 han desertado 30 productores. Los inicios del proyecto Biocombustibles en el Sur del Estado de México fueron complicados, porque los socios comenzaron con recursos propios y el desconocimiento del cultivo provocó la pérdida de cerca de 430,000 plantas trasplantadas en casi 400 hectáreas. PROBOSQUE tiene un registro actual de 112 usuarios del proyecto de *Jatropha* adherido al programa “Plantaciones Forestales Comerciales”. Solamente 76 son socios de BIOMESUR, es decir, el 68 por ciento. Durante la ejecución del proyecto, 10 socios de la SPR han incumplido con sus responsabilidades como

socios. Por ejemplo, no plantan todo lo que solicitan a PROBOSQUE, no las cuidan o simplemente de la nada abandonan el proyecto. Por lo anterior, BIOMESUR considera ser más cuidadoso al aceptar a los nuevos socios, pueden ingresar al programa, recibir el apoyo, pero deberán esperar para poder ser socios de la SPR.

El proyecto Biocombustibles en el Sur del Estado de México ha funcionado bajo diversos criterios: se prohíbe deforestar para introducir *Jatropha*, una Consejo Técnico de PROBOSQUE previamente revisa vía satélite el área a cultivar y sus técnicos van a revisar los terrenos personalmente. Toda la producción ha sido de temporal, hasta el momento la planta ha logrado desarrollarse con la disponibilidad de agua de la región. Aunque al inicio no utilizaron pesticidas, el rápido crecimiento de la hierba y la serie de plagas y enfermedades que se han presentado, los orillaron a utilizar herbicidas e insecticidas.

Cerca del 90 por ciento de los participantes del proyecto son campesinos, pluriactivos, algunos también se dedican a actividades no agropecuarias, no tienen más de 50 cabezas de ganado, son ejidatarios o pequeño propietario, pero no superan las 25 hectáreas. El resto son productores entre 25 y 70 hectáreas, tienen entre 50 y 100 cabezas de ganado y pueden o no dedicarse a actividades no agropecuarias. A principios de 2020, el productor más joven tenía 25 años y 86 el mayor, aunque la media es de 55 años. La superficie promedio de *Jatropha* por productor es de 3 hectáreas. Predomina la mano de obra familiar, pero también se contrata, especialmente cuando los hijos ya no viven con sus padres o cuando tienen otras actividades no agropecuarias.

7.4. Análisis de la información

En total se identificaron 23 elementos o criterios de análisis de los dos proyectos de *Jatropha* estudiados. Se muestran a continuación:

Cuadro 20. Elementos analizados.

Criterios y elementos descriptivos	Indicadores
<i>Económica</i>	<i>Económica/productiva</i>

1. Compromiso de compra de la semilla. 2. Generación de empleo. 3. Establecimiento del proyecto. 4. Accesibilidad a la comunidad. Ambiental 5. Uso y disponibilidad del agua para riego agrícola. 6. Uso de OGM 7. Generación o captura de Gases de Efecto Invernadero. Sociocultural 8. Mano de obra infantil. 9. Ingresos diversificados. 10. Prosperidad local. 11. No uso de cultivos alimenticios.	1. Germinación de la semilla. 2. Resistencia de la plántula en el trasplante. 3. Rendimientos del cultivo. 4. Resistencia a plagas y enfermedades. Ambiental 5. Aplicación de conocimientos adquiridos. 6. Diversificación de cultivos y actividades 7. Suelo utilizado para cultivos bioenergéticos. 8. Uso de pesticidas. Sociocultural 9. Participación familiar. 10. Participación de la mujer. 11. Permanencia de los productores. 12. Capacidad de organización.
---	---

La interpretación de resultados se hizo de dos maneras: 11 elementos quedaron mencionados de manera descriptiva (cualitativa) y 12 fueron evaluados en indicadores (cuantitativa).

7.4.1. Elementos descriptivos

Área económica

1. Compromiso de compra de la semilla

Un cultivo nuevo genera incertidumbre y desconfianza del productor si no tiene un mercado seguro²³. Los productores de los dos proyectos estudiados pueden vender su cosecha a la cooperativa *Biomazatl*, quien firmó una carta de compromiso de compra, a un precio de doce mil pesos la tonelada de semilla puesta en Morelos. También tienen la opción de procesar la semilla ellos mismos de forma artesanal a nivel ejido o región, lo que dependerá del nivel de organización de los productores.

2. Generación de empleo

²³ Si no se tiene un mercado seguro previamente gestionado, no se debe proponer un cultivo nuevo a los pequeños productores.

En las dos zonas estudiadas, gran parte de las actividades agropecuarias son cubiertas por la familia. Sin embargo, se identificaron casos aislados de campesinos mayores de 60 años que se quedaron sin la mano de obra de los hijos, que no pueden trabajar mucho y deben contratar mano de obra para poder cubrir las actividades.

Las plantas de *Jatropha* requieren especial atención en los primeros dos años, porque están en desarrollo y son más vulnerables al ataque de plagas, por tanto, es donde se centra el mayor número de jornales. Estos proyectos fueron oportunidad de empleo en la comunidad, particularmente en el Sur del Estado de México donde PROBOSQUE apoyó a los productores con recursos para el mantenimiento de la planta en los primeros cuatro años. Cada proyecto requiere de diferente cantidad de jornales por las condiciones climáticas y socioeconómicas de la región.

Cuadro 21. Número de jornales por hectárea al año en el Ejido Cinco de Febrero, Campeche.

Año	Actividad	Cantidad de jornales por hectárea	Cantidad al año	Total por actividad	Total jornales/ha/año
1	Vivero o almácigo	2	1	2	38
	Trasplante	12	1	12	
	Limpieza del terreno	11	2	22	
	Fertilización	2	1	2	
2	Limpieza del terreno	8	2	16	25
	Fertilización	2	1	2	
	Poda	3	1	3	
	Cosecha	2	2	4	
3	Limpieza del terreno	6	2	12	25
	Fertilización	2	1	2	
	Poda	3	1	3	
	Cosecha	4	2	8	

Cuadro 22. Número de jornales por hectárea al año en el sur del Estado de México.

Año	Actividad	Cantidad jornales hectárea	de por	Cantidad al año	Total por actividad	Total jornales/ha/año
1	Vivero almácigo	1		1	1	21
	Trasplante	8		1	8	
	Limpieza del terreno	5		2	10	
	Fertilización	2		1	2	
2	Limpieza del terreno	5		2	10	19
	Fertilización	2		1	2	
	Poda	3		1	3	
	Cosecha	2		2	4	
3	Limpieza del terreno	5		2	10	23
	Fertilización	2		1	2	
	Poda	3		1	3	
	Cosecha	4		2	8	

Los salarios se adecuaron a lo que se está pagando en la región. El salario diario en el Ejido Cinco de Febrero oscila entre ciento veinte y ciento cincuenta pesos, dependiendo del grado de complejidad de la actividad. Por ejemplo, la aplicación de agroquímicos es mejor pagado que otras actividades. La costumbre en el ejido es que se trabaja por las mañanas y por las tardes, porque las condiciones climáticas de la región de temperatura y humedad dificultan el trabajo entre las 11:00 y 17:00 horas. La mano de obra asalariada comúnmente solo trabaja por las mañanas entre 6:00 y 11:00 horas. El salario diario en el Sur del Estado de México oscila entre doscientos y doscientos cincuenta pesos por día, también dependiendo de la actividad a realizar. La jornada de trabajo en la región sur es de 8 horas, desde el amanecer hasta la tarde, con su hora de descanso para comer.

3. Establecimiento del proyecto

La *Jatropha* es un cultivo perenne que desde el primer año da fruto, aunque el mejor rendimiento lo presenta entre el cuarto y el trigésimo quinto año de vida (4 al 35). La percepción del productor sobre la durabilidad de este proyecto en general es positiva, algunos demostraron su optimismo al responder que esperan poder heredar las plantas a sus hijos y nietos.

Empero, el periodo de establecimiento de cuatro a cinco años es un factor crítico, más cuando no tienen apoyo económico para cubrir la mano de obra, como se encontró en el Ejido Cinco de Febrero, ya que se requieren hasta 11 jornales para limpiar una hectárea (terrenos donde no se utilizan herbicidas). Así que este aspecto es decisivo, porque la falta de financiamiento provoca que algunos productores se desesperen y abandonen el proyecto. Además, este tiempo sin producción estable puede provocar incertidumbre entre los productores, aunque tengan apoyo económico, porque es un cultivo que la mayoría desconoce. Por ello, es indispensable la realización de talleres informativos sobre las características agronómicas del cultivo y de su cadena de producción y darles el seguimiento correspondiente en cada una de las etapas, porque si no es así, pueden salirse del proyecto, como sucedió con unos pocos del sur del Estado de México.

4. Accesibilidad a la comunidad

El buen acceso a la zona donde se lleva a cabo algún proyecto facilita el desarrollo del mismo. Sin embargo, en el caso de las dos zonas estudiadas es un poco limitado, hay pocas vías, algunos son caminos rurales en mal estado, que empeoran en la temporada de lluvias, especialmente en el Cinco de Febrero y sus alrededores, donde también adolecen de transporte público. En el caso del sur del Estado de México, además de la falta de caminos en buen estado, es inseguro transitar por ellos.

Es importante resaltar que las condiciones de los lugares donde se encuentran los dos proyectos analizados es un elemento externo al proyecto de *Jatropha*, pero se señaló con el objetivo de vislumbrar que es un aspecto que podría

mejorarse de alguna manera con la ejecución de esta producción, ya que podría ligarse con el factor “prosperidad local” que se describirá más adelante en el área sociocultural.

Área ambiental

5. Uso y disponibilidad del agua para riego agrícola

La agricultura es una de las actividades económicas que más demanda agua y también donde hay grandes desperdicios por la infraestructura hidroagrícola en mal estado, que está obsoleta o con fugas. En México, el 75 por ciento del total de agua concesionada en 2018 le correspondió a la agricultura (CONAGUA, 2020).

El uso de agua para la producción de *Jatropha* o cualquier otro cultivo energético puede incrementar la presión hídrica de la zona donde se produce. Los dos proyectos estudiados se encuentran dentro de la agricultura de temporal, pues ninguna parcela del Ejido Cinco de Febrero y solo cerca del 20 % de la Región Sur del Estado de México tiene infraestructura de riego. La precipitación promedio anual de los dos lugares permite producir *Jatropha* con rendimientos rentables.

La disponibilidad del agua en las dos zonas estudiadas es distinta. En el estudio de Vega (2019), se muestra que en la región donde se encuentra el Ejido Cinco de Febrero la presión hídrica es baja, no señaló actividades económicas que causen presión extra hacia este recurso. Mientras que el sur del Estado de México, el grado de presión hídrica es muy alto, porque se extrae de sus diferentes cuerpos de agua para abastecer a una parte de la población de la Ciudad de México y zona metropolitana. Aunque en los dos lugares, no se vislumbra que este tipo de proyectos promuevan la instalación de infraestructura para riego agrícola, es un aspecto que debe considerarse en futuras evaluaciones, especialmente en el Estado de México, donde la disponibilidad de agua es una cuestión más sensible.

6. Uso de Organismos Genéticamente Modificados en el cultivo energético

En los diferentes sistemas de certificación que existen para la producción de biocombustibles a partir de cultivos energéticos, está prohibido el uso de Organismos Genéticamente Modificados (OGM), o se permiten bajo ciertas restricciones. La variedad de *Jatropha* que se está utilizando en estos proyectos no es un OGM. Doña Fernanda es un híbrido desarrollado por el Dr. Edgar Jaime Salinas de la Cooperativa Biomazatl, es una variedad no tóxica y hermafrodita.

7. Generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Los biocombustibles líquidos como el bioetanol y el biodiésel se han promocionado como una opción para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y óxidos de azufre, uno de los principales precursores de la lluvia ácida. Asimismo, también como aditivos en las gasolinas o diésel. Por ejemplo, el bioetanol como oxigenante es una opción más amigable que el éter metil tert-butílico o metil tert-butil- éter (MTBE). Sin embargo, para lograr ser una opción viable, todo su proceso de producción debe demostrar una menor generación de GEI que los combustibles de origen fósil. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que permite cuantificar la cantidad de emisiones que se generan durante todo el proceso de producción del bioenergético (Vidal-Benavides, Quintero-Díaz y Herrera-Orozco, 2017). El proceso del ACV se detalla en la ISO 14040 e ISO 14044:2006 (Organización Internacional de Normalización).

El ACV considera los flujos de entrada y salida de materiales y energía del biocombustible. Se divide en la producción de la biomasa (cultivo energético), en su proceso de conversión a biocombustible y en su uso. Las actividades con más GEI detectadas durante la fase de producción del cultivo son: 1) el bombeo del agua para riego que genera dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), 2) uso de fertilizantes nitrogenados que produce óxido nitroso, y 3) uso de maquinaria agrícola que produce dióxido de carbono y óxido nitroso.

Con base en la información anterior, la única actividad de donde se generarían GEI de la producción de *Jatropha* de los dos proyectos estudiados es en el uso

de fertilizantes. Considerando que estas producciones son de temporal y con el uso mínimo o nulo de maquinaria agrícola se descartan las emisiones de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso por el bombeo de agua para riego y del combustible de la maquinaria.

Área sociocultural

8. Mano de obra infantil

El trabajo infantil se define como el trabajo que no es apropiado para el niño, que afecta a su educación, que pone en riesgo su salud, seguridad o moral (FAO, 2020). Aunque es importante señalar que no todos los trabajos realizados por niños son catalogados como trabajo infantil, especialmente cuando se realiza para apoyar a la familia, no interfiere con su educación y no lo pone en riesgo. En la ruralidad, los niños comúnmente ayudan a sus padres en las actividades agropecuarias. En la investigación de campo realizada en Campeche y Sur del Estado de México se encontró que algunos menores cooperan con ciertas actividades cuando no están en la escuela. En las visitas a campo no se detectó que a los niños se les asignaran tareas como de aplicación de agroquímicos o cualquier otra que fuera perjudicial para ellos, tampoco se encontró que hubiera contratación de mano de obra infantil en ninguno de los dos proyectos de *Jatropha* estudiados.

9. Ingresos diversificados

Otra característica de las dos producciones analizadas, es que gran parte de los participantes son campesinos pluriactivos, se dedican a actividades agrícolas²⁴ y no agrícolas en diferentes periodos del año, las primeras tienen una participación más sobresaliente que las segundas. Por ejemplo, en el caso del Ejido Cinco de Febrero el 50 % de los campesinos afirmó que la agricultura es su sustento económico más importante, 30 % la apicultura, 10 % la ganadería ovina y el 10 % la explotación maderable y otras actividades no agrícolas; mientras que, en la Región Sur del Estado de México, la agricultura es la actividad más importante

²⁴ Incluye la agricultura, ganadería, apicultura y silvicultura.

del 58 %, la ganadería bovina del 21 %, el comercio del 3 % y otras actividades no agrícolas del 18 %. Una parte importante de la producción de ambas zonas es para autoconsumo, por ejemplo, la mayoría del maíz, calabaza, frijol (solo en el Estado de México) y carne que producen forma parte de su canasta básica. Asimismo, obtienen ingresos de la venta de miel, de la semilla de la calabaza chihua y del ganado en pie.

El objetivo en ambos proyectos es integrar a la *Jatropha* como un cultivo más de la milpa, o bien para ocupar terrenos desmontados que no se utilizan y vender la semilla a Biomazatl o procesarla artesanalmente. La *Jatropha* podría incrementar la diversificación en que funcionan la mayoría de los productores, y proveer mayor resiliencia a este tipo de sistemas.

10. Prosperidad local

En alguna literatura sobre criterios de sostenibilidad de la producción de bioenergía, abordan un aspecto que identifican como “prosperidad local”, que se refiere a que la producción de biomasa debería mejorar la economía local. Aunque la formulación de este criterio puede ser controversial (Vis, Vos, y Van Der Berg, 2008), especialmente si se quiere cuantificar. Pero es un criterio que vale la pena analizar, porque considera los efectos positivos de este tipo de proyectos, evalúa si esta producción directa o indirectamente pueda impactar para que la población de la región tenga una mejor calidad de vida.

Aún es temprano para poder afirmar en cualquiera de los dos proyectos estudiados que la producción de *Jatropha* ha traído prosperidad local en algún ejido o región. En el caso del sur del Estado de México, una zona afectada por el crimen organizado desde hace años, se detectó que este cultivo representó una opción para los jóvenes que por falta de oportunidades habían considerado reclutarse en estos grupos delictivos.

11. No uso de cultivos alimenticios

Con base al primer artículo de la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB), se puede utilizar como materia prima para bioenergía biomasa proveniente de las actividades agropecuarias, forestales, algas,

procesos biotecnológicos y enzimáticos. Siempre y cuando no pongan en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria nacional, en el artículo 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable señala como cultivos básicos y estratégicos para la seguridad alimentaria al maíz, caña de azúcar, frijol, trigo, arroz, sorgo y café.

Considerando que el cultivo de *Jatropha* no sustituye a ningún cultivo considerado básico ni estratégico para la seguridad alimentaria del país, en los dos proyectos estudiados no se pone en riesgo la seguridad ni la soberanía alimentaria.

7.4.2. Indicadores y gráfica de telaraña

A continuación, se presentan los resultados de los 12 indicadores analizados en la gráfica de telaraña o AMEBA:

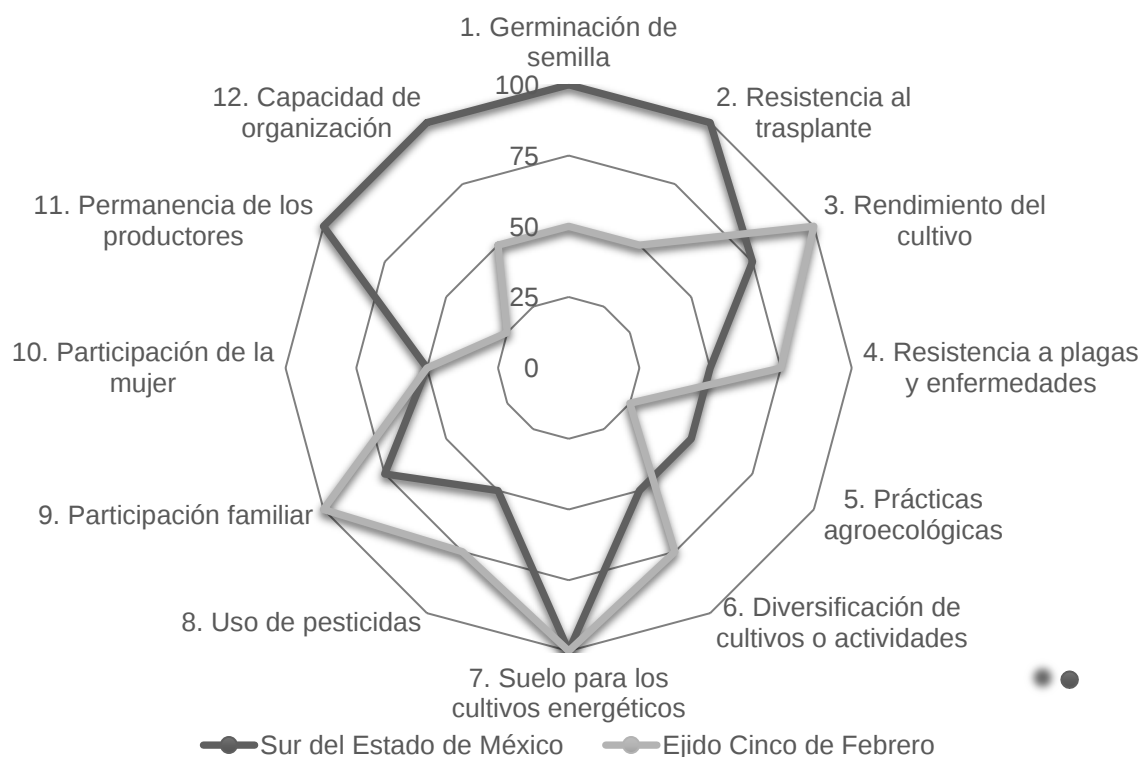


Figura 28. Gráfica de AMEBA del Ejido Cinco de Febrero, Campeche y de la región Sur del Estado de México.

Área económica-productiva

1. Germinación de semilla

La cifra óptima de germinación que reportó Biomazatl es mayor al 80 %. En el proyecto del Ejido Cinco de Febrero se le asignó 50 de la escala porque se obtuvo una germinación promedio del 55 %, mientras que en el Sur del Estado de México fue de 95 %, por lo que se le dio 100. La diferencia en los resultados se debe a que en el primer proyecto cada productor hizo su propio almácigo en el patio o terreno en camas de cultivo, y la mayoría no le dio el manejo adecuado, por ejemplo, no los protegieron de los ataques de las gallinas, no regaron lo suficiente o se inundaron en periodo de lluvias, lo que les dio un resultado bajo. En el Sur del Estado de México el proceso de germinación lo hicieron los técnicos de PROBOSQUE en bolsas en las instalaciones de su vivero, con las condiciones necesarias para esta actividad. Aunque es importante mencionar que los técnicos de PROBOSQUE obtuvieron ese alto porcentaje de germinación hasta el segundo año, porque en el primero solo les germinó el 15 %, por ser una semilla nueva para ellos.

2. Resistencia al trasplante

El trasplante es uno de las etapas más importante en el proceso de producción del cultivo, los primeros tres meses de la planta en campo son estratégicos para su óptimo desarrollo. En el proyecto del Ejido Cinco de Febrero solo el 64 % de las plantas lograron resistir al trasplante, por lo que se le asignó un valor de 50 en la escala diseñada. De 8,400 plantas se perdieron 3,000, principalmente por un mal manejo, porque no mantuvieron el terreno libre de maleza y ésta creció más rápido que la *Jatropha*, lo que afectó su óptimo desarrollo; otras las trasplantaron al final del periodo de lluvia, lo que provocó que la planta se secara por falta de agua; y unos cuantos no le aplicaron ningún tipo de fertilizante (químico u orgánico), y la planta no logró desarrollarse bien. En el Estado de México se ha logrado obtener una eficacia del 90 % en el trasplante, gracias a la supervisión de los técnicos de PROBOSQUE y de BIOMESUR. Gran parte de las

plantas han recibido el manejo adecuado, las pérdidas en este proyecto han sido por las plagas, se le asignó el valor de 100 de la escala diseñada, porque de las 124,432 plantas solo se registró una pérdida del 10 % (12,443), en gran parte por el ataque del grillo y el conejo, el daño del primero es casi insignificante por su rápida recuperación, el segundo es un poco más severo, aunque se detectó que la planta vuelve a brotar.

3. Rendimientos del cultivo:

La rentabilidad de este tipo de proyectos la definen diversos elementos, donde destaca el rendimiento del cultivo y las condiciones de venta. Para evaluar el rendimiento de la *Jatropha* en su primer año se utilizaron las cifras de la cosecha de 2019.

Cuadro 23. Rendimientos del fruto en el primer año.

Proyecto	Frutos promedio por planta el primer año (2019)
Ejido Cinco de Febrero	35
Sur del Estado de México	25
Biomazatl, Morelos.	30

En el Ejido Cinco Febrero se obtuvieron en promedio 35 frutos por planta distribuida en dos cosechas, por lo que se le asignó 100 en la escala diseñada. Mientras que en el proyecto del Sur del Estado de México se le asignó 75 porque se obtuvo en promedio 20 frutos por planta.

4. Resistencia a plagas y enfermedades

La variedad Doña Fernanda es una especie nueva en las dos zonas estudiadas, al inicio de la producción se desconocía el tipo de plagas y enfermedades que podrían atacar a este cultivo. En el proyecto del Ejido Cinco de Febrero se le asignó 75 en la escala diseñada, porque en promedio solo el 4 % fue afectada por plagas y enfermedades con síntomas leves y rápida recuperación: se identificó la presencia de un gusano verde de la familia *limacodidae* que se comió la hoja, la tuza (*Geomyidae*) que atacó la raíz y un tipo de hongo (no se identificó género ni especie) que causó la pudrición de una parte del tronco. En el caso del

Estado de México, se le asignó el valor de 50 en la escala porque los síntomas son de leves a severos y son algo susceptibles al ataque de diversas plagas en cada etapa de crecimiento. Se reportó que la *Jatropha* cuando está recién trasplantada el grillo (*Gryllidae*) se come la hoja y el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) la planta entera. En el segundo año son atacadas por una cochinilla negra que aparece en temporada de lluvias y se come la hoja, también la empieza dañar el gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis*) y la larva del gusano barrenador (*Cochliomyia hominivorax*) que en ocasiones atacan asociados y dañan el tallo, específicamente durante los meses secos (de noviembre a mayo). En periodo de cosecha, una ardilla terrestre conocida en la región como cuinique (*Spermophilus adocetus*), se come la semilla, probablemente una de las plagas que más han afectado el proyecto. Además, en temporada de lluvias, algunas plantas son afectadas por la presencia de diferentes hongos del género *Phytophthora*, *Fusarium* y *Pythium*. La detección de plagas y enfermedades continúa bajo observación; hasta el momento las plagas detectadas son comunes en la región.

Área ambiental

5. Aplicación de conocimientos (prácticas agroecológicas)

En el proyecto del Ejido Cinco de Febrero se asignó un valor de 25 de la escala diseñada, porque solo se identificaron tres prácticas agroecológicas aplicadas en los predios: 1) cultivos asociados, 2) recuperación y conservación de semillas, y 3) sistemas silvopastoriles. En el Sur del Estado de México este indicador tiene un valor de 50 porque comúnmente aplican: 1) cultivos asociados, 2) reúso y aprovechamiento de esquilmos agrícolas, principalmente lo utilizan combinado con otros materiales para alimentar ganado bovino 3) sistemas silvopastoriles, 4) cercas vivas, 5) curvas de nivel, y 6) aplicación de abono orgánico, aunque son minoría.

En las dos áreas estudiadas se detectó que es poco común el uso de algún abono orgánico, microorganismos benéficos como las *Micorrizas* o *Trichoderma* o cualquier otra estrategia considerada como ecológica para mejorar la calidad de

los suelos e incrementar los rendimientos de los cultivos. Los resultados de las encuestas mostraron que en el proyecto de Jatropha del Ejido Cinco de Febrero, solo el 6 % utilizó estiércol de borrego de forma ocasional como abono, el 13 % empleó fertilizantes sintéticos y 81 % no aplicó nada, asegurando que tuvieron la intención de aplicar fertilizantes sintéticos, pero no lo hicieron por falta de recursos. En el sur del Estado de México, una minoría utilizó algún abono orgánico, en la encuesta se detectó que solo 8 % aplicó ceniza como abono, pero todos aseguraron haber usado fertilizantes sintéticos.

En 2020, BIOMESUR empezó a probar un fertilizante de origen orgánico a base de silicio (Si) en las plantas de Jatropha, algunas a partir de su germinación en el vivero y otras cuando ya están trasplantadas en campo. Se busca que con este fertilizante la planta desarrolle un sistema radicular más fuerte y endurezca el tallo, para que pueda sobrevivir a los ataques en etapas tempranas de algunas plagas. Hasta el momento no se han obtenido los resultados de estas pruebas.

6. Diversificación de cultivos y actividades

Una de las cuestiones más polémicas de la producción de biocombustibles líquidos a partir de cultivos energéticos es que gran parte de éstos se llevan a cabo en sistemas productivos de monocultivo. En ambos proyectos estudiados se plantó en asociación con otros cultivos o actividades, específicamente con la ganadería ovina. Por ello, se les recomendó plantar a una distancia de 3 metros entre hileras y plantas (3 x 3). En el Ejido Cinco de Febrero, el 69 % de la superficie se plantó en asociación con otro cultivo o actividad, por lo que se le asignó 75 de la escala. El 33 % de la producción se intercaló con maíz y calabaza chihua, y el 77 % se plantó en potreros para combinarla con la crianza de borregos. En el caso del proyecto del Sur del Estado de México, solo el 50% de la superficie estaba intercalada con maíz, calabaza y frijol, y unos cuantos casos aislados con ganadería ovina. Se le asignó 50 de la escala diseñada porque el programa obliga a los productores a diversificar el cultivo de Jatropha en el primer o segundo año posterior a la plantación, lo que garantiza la diversificación de cultivos en un futuro. El 64 % de la superficie está intercalada solamente con

maíz, 22 % con maíz y frijol, y 14 % con maíz y calabaza. Cerca del 50 % de los productores está considerando asociar en un futuro la plantación de *Jatropha* con la crianza de borregos.

7. Uso de suelo

Bajo ninguna circunstancia se permite que la producción de *Jatropha* fomente la deforestación o que se plante en áreas con alto valor por su biodiversidad. En el Ejido Cinco de Febrero se le asignó un valor de 100 de la escala diseñada porque se utilizaron terrenos agrícolas y potreros en uso, donde se combinaron cultivos y la actividad ganadera. En el proyecto de Sur del Estado de México, los técnicos de PROBOSQUE son los responsables de verificar que no se deforesten terrenos o que no sean áreas con altos niveles de biodiversidad, por lo que también tiene un valor de 100 en la escala analizada.

8. Uso de pesticidas

La utilización de pesticidas en la agricultura, especialmente de insecticidas y herbicidas, es una de las prácticas que más impacto genera en el ambiente y en la salud. En las dos zonas estudiadas se detectó que es común que utilicen herbicidas para controlar la maleza, particularmente en el periodo de lluvias. Pero en el sur del Estado de México es donde hay mayor arraigo en el uso de pesticidas (ver cuadro 17), en el caso específico de la producción de *Jatropha*, ha habido un alto uso de pesticidas, especialmente insecticidas como el *paratión metílico*, porque el cultivo ha presentado diferentes plagas. Es importante mencionar que BIOMESUR en la producción de 2020, empezó a probar la efectividad del caldo bordelés, una opción considerada ecológica que se utiliza principalmente para prevenir el ataque por hongos, pero en este caso también probarán su efectividad para repelar insectos.

Al proyecto del Ejido Cinco de Febrero se le asignó 75 de la escala diseñada, porque, aunque ningún herbicida de los que utilizan se encuentra en la categoría *Ia* y *Ib* de la clasificación de los pesticidas de la Organización Mundial de la Salud (ver cuadro 16), la aplicación se hace con poco control, sin el material de

protección adecuado y no les proporcionan el manejo adecuado a los envases vacíos, los dejan tirados en el terreno o los queman. Es importante mencionar que en los sistemas silvopastoriles que se están empezando a desarrollar, el uso de herbicidas fue casi nulo, porque gran parte de la maleza fue controlada por los borregos.

En la producción del sur del Estado de México se obtuvo 50 en el indicador de aplicación de pesticidas porque se identificó el uso del *Paration metílico*, un insecticida que se encuentra dentro de la lista Ia de la clasificación de los pesticidas de la OMS. También se detectó el uso del Aldrin, un insecticida que fue prohibido en el convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Además, tanto la aplicación de pesticidas como la disposición de los envases vacíos no son los adecuados, porque la mayoría no utiliza el equipo completo de protección, y los envases vacíos de pesticidas no son depositados en algún centro de acopio especial.

Área sociocultural

9. Participación familiar

Los dos proyectos de *Jatropha* estudiados tienen su base en la agricultura familiar, que la FAO (2018, p. 10) define como “un modo de producción agrícola, forestal, pesquera, ganadera y acuícola que se administra y opera por una familia y que depende predominantemente de la mano de obra familiar, incluidos hombres y mujeres”. En el proyecto del Cinco de Febrero se asignó un valor de 100 porque se documentó en la encuesta que en 92 % de las unidades familiares participantes trabajaron al menos 2 integrantes de la familia, el papá y la esposa o el papá y un hijo, en el 8 % restante solamente trabajó un integrante de la familia. En el sur del Estado de México este indicador tiene un valor de 75 porque en 65 % de las unidades familiares reportaron la participación de al menos dos integrantes de la familia, en el 15 % solamente trabaja el padre, y en un 20 % de las unidades no hay participación familiar, contratan mano de obra. Estos casos son personas mayores de 70 años que ya no pueden trabajar en el campo, o que

tienen otras actividades (ganadería y no agrícolas) que no les permite atender las plantaciones de *Jatropha*.

10. Participación de la mujer

La participación activa de la mujer como responsable o co-responsable en las actividades productivas cada vez es más frecuente. A este indicador, en el proyecto del Ejido Cinco de Febrero se le asignó un valor de 50, porque hubo una participación femenina del 40 %, sin embargo, solamente 26 % tuvieron una participación activa, tomando decisiones y asistiendo a las reuniones de capacitación. En el sur del Estado de México la participación es ligeramente más baja, solamente 23 % de los miembros son mujeres que participan activamente en la producción de *Jatropha*, como responsables o co-responsables, por lo que también se dio el valor de 50 en la escala diseñada.

11. Permanencia de los productores

La permanencia de los productores en cualquier proyecto de desarrollo agrícola depende de diversos factores productivos, económicos y socioculturales. Dentro de los económicos/productivos está que el cultivo no presente los rendimientos esperados; en el caso del proyecto de *Jatropha* el periodo de establecimiento del cultivo es de 4 años, los productores pueden llegar a desesperarse, más cuando no hay seguimiento y algún apoyo económico que les ayude a cubrir los costos; y dentro de los socioculturales está el desconocimiento del cultivo: el productor debe conocer el proyecto para que pueda sentirse seguro de lo que está produciendo.

En el caso de la producción de *Jatropha* en el Ejido Cinco de Febrero, ésta fue parte del proyecto Bioaceites del Sureste de la Universidad Autónoma Chapingo, que incluía la compra de la semilla, algunos bioproductos y la capacitación. Los productores debían cubrir la mano de obra para todas las actividades, desde el almácigo hasta el cuidado de la planta en campo. Por ello, solo el 37 % de los productores continúan en el proyecto después de cuatro años, se le asignó el valor de 25 en la escala diseñada. En el sur del Estado de México, tienen la

ventaja de contar con el apoyo de PROBOSQUE y de BIOMESUR, que brindan apoyo económico y asesoría. Los productores de este proyecto reciben la plántula lista para el trasplante, cinco mil pesos para la mano de obra, y la asesoría y seguimiento por parte de los técnicos de PROBOSQUE. La permanencia de los productores hasta 2019 era de 85%, por lo que se le asignó el valor de 100.

12. Capacidad de organización

La capacidad organizativa de los participantes de un proyecto es fundamental para definir la durabilidad del mismo. Porque trabajar de una forma organizada brinda una serie de ventajas en la parte productiva y de comercialización de los productos. Gran parte de los campesinos del Ejido Cinco de Febrero no están acostumbrado a trabajar organizados; se documentó la existencia de sólo una organización, llamada “Sociedad de Producción Apícola del Cinco de Febrero”, y ni la mitad de los productores de miel del ejido forman parte de ella. La mayoría prefiere vender al coyote sus productos. A este proyecto se le asignó un valor de 50 en la escala diseñada porque existe un grupo de seis personas que están considerando la opción de formar una cooperativa para producir y vender sus diferentes productos como la miel, la semilla de la calabaza chihua, ganado en pie (borrego) y los diferentes productos de la *Jatropha*. Aunque aún no se ha concretado, se documentaron diferentes reuniones para registrarla como cooperativa. Asimismo, planean utilizar la cooperativa para atender otras cuestiones de la comunidad, como el mejoramiento de los caminos o el servicio de transporte público. En el sur del Estado de México se organizaron en SPR desde el inicio de la producción, por eso se le asignó un valor de 100 en la escala diseñada. Solo el 68 % de los productores inscritos en el programa “plantaciones forestales” de PROBOSQUE forman parte de BIOMESUR, porque ésta pone como requisito mantener al menos un año las plantas para poder ingresar a la organización, como una manera de verificar su compromiso con el proyecto.

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los 23 elementos analizados (económicos, productivos, ambientales y socioculturales), permitieron detectar los puntos críticos y fortalezas durante el establecimiento de esta opción de producción basada en *Jatropha curcas*. Los dos proyectos coincidieron en cuatro puntos críticos: 1) problemas en el acceso a la zona donde se realiza el proyecto, 2) poco conocimiento y utilización de prácticas agroecológicas, 3) alto uso de biocidas químicos y 4) baja participación activa de la mujer como tomadoras de decisiones²⁵. Los puntos número 2 y 3 son el resultado de la industrialización de la agricultura, de la revolución verde que todavía predomina a pesar de sus efectos descritos en la sección 4.2 de este trabajo. La emigración masculina rural ha propiciado el aumento de la participación de la mujer en el trabajo del campo. Sin embargo, en las dos zonas de estudio la migración masculina mayoritariamente es temporal, por lo que la participación activa de las mujeres es discreta. Los dos lugares estudiados se encuentren preponderantemente en zonas con un nivel de marginación alto, por ello, el acceso a la comunidad o región es limitado.

Gran parte de las producciones de *Jatropha* que se documentaron en el país, además de tener al biodiesel como principal producto, también utilizaron variedades de semilla tóxicas, poco productivas, con requerimientos de arreglos topológicos de acuerdo al sexo de cada planta, con poca adaptabilidad, y, por tanto, baja rentabilidad. La variedad no tóxica y única hermafrodita Doña Fernanda de la cooperativa Biomazatl demostró en los dos proyectos rendimientos rentables y pocos problemas de adaptación. Además, las prácticas de la agricultura campesina permitieron resultados positivos en el elemento de análisis: 1) usos y disponibilidad del agua para riego agrícola, 2) generación de empleo, 3) mano de obra infantil, 4) ingresos diversificados, 5) no reemplazo de

²⁵ En el Ejido Cinco de Febrero una mujer estuvo a cargo del seguimiento en campo y algunas otras mujeres participaron como jornaleras en el deshierbe manual.

cultivos alimenticios, 6) suelo utilizado para cultivos bioenergéticos y 7) participación familiar.

En el análisis por separado, el proyecto del Ejido Cinco de Febrero mostró dificultades para: 1) el establecimiento del proyecto, 2) germinación de la semilla, 3) resistencia al trasplante, 4) permanencia de los productores y 5) la capacidad de organización. Aunque tuvo las condiciones deseables en el indicador de 1) rendimiento del cultivo y 2) resistencia a plagas y enfermedades. Hasta el momento, las condiciones edafoclimáticas del Ejido Cinco de Febrero han demostrado ser idóneas para el desarrollo de las plantas en los primeros cuatro años, el ataque por plagas es mínimo. Empero, la falta de organización y recursos de algún programa gubernamental fueron limitantes para el establecimiento del proyecto, permanencia de los productores y cuidados en el proceso de germinación y el establecimiento de la planta en campo, los campesinos argumentaron no contar con el tiempo para atender el proyecto, porque necesitaban trabajar fuera para sacar el gasto diario de sus familias.

Mientras que en el sur del Estado de México los puntos críticos estuvieron en el tema relacionado con 1) presencia de plagas y enfermedades, y que aún está pendiente 2) la diversificación del cultivo en gran parte de los productores; pero se obtuvieron resultados positivos en el 1) establecimiento del proyecto, 2) prosperidad local, 3) germinación de la semilla, 4) permanencia de los productores en el proyecto y 5) capacidad de organización.

Las debilidades del proyecto en el Ejido Cinco de Febrero fueron las fortalezas en el sur del Estado de México: estar organizados les permitió ingresar al programa de PROBOSQUE y obtener recursos y capacitación constante, lo que ayudó a tener mejores resultados en la germinación y establecimiento de la planta en campo. Aunque las condiciones de la región incrementaron el ataque de plagas y como resultado, un alto uso de plaguicidas.

IX. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos de los 23 elementos analizados (cualitativos y cuantitativos) se concluye que la propuesta de desarrollo rural sostenible basado en *Jatropha* tiene el potencial económico/productivo, ambiental y sociocultural para promover el desarrollo local/regional de las zonas estudiadas. Tiene características para ser una opción rentable, inclusiva, resiliente, con la capacidad de adaptarse a las particularidades físicas y socioculturales de la región, sin comprometer los recursos naturales. Aunque también se detectaron algunos puntos críticos que podrían poner en riesgo dichas características. A continuación, se describen tanto los aspectos positivos como los negativos de esta propuesta productiva, esperando que se les dé seguimiento en futuras investigaciones:

Área económica/productiva:

- El compromiso de compra de toda la semilla producida que hizo Biomazatl en ambos proyectos, es un aspecto que le brinda seguridad al productor.
- En el sur del Estado de México demostró ser una oportunidad de empleo, por ejemplo, para el establecimiento de una hectárea de *Jatropha* en el primer año se requieren 21 jornales. Con el recurso que les da PROBOSQUE pudieron pagar mano de obra y en casos, se autoemplearon.
- Las dos zonas estudiadas cubrieron gran parte de las características edafoclimáticas que la *Jatropha* requiere para su desarrollo. En el primer año en Campeche se obtuvieron las cifras más altas (35 frutos por planta²⁶), mientras que los resultados del sur del Estado de México (25 frutos) son considerados aceptables hasta el momento, se cree que esa cifra se deba a la altura de la región (arriba de 1,000 msnm), pero está bajo estudio.

²⁶ Durante los primeros 3 años la planta “ensaya” producción, pero llega a su óptimo a partir de los 5 años.

- El periodo de cuatro a cinco años para el establecimiento de las plantaciones de *Jatropha* es una limitante para el desarrollo del proyecto. Se requiere de apoyo económico y capacitación especialmente en el área técnica porque el manejo agronómico de la planta es indispensable, así como seguimiento para asegurar la permanencia del proyecto.
- Los problemas de acceso y comunicación en las dos zonas de estudio puede ser un área de mejora en ambos proyectos. Aunque es importante considerar que el asunto de seguridad podría ser una limitante en la Región Sur del Estado de México.

Ambiental:

Al inicio del trabajo se mencionó que gran parte de los participantes de los dos proyectos estudiados son campesinos y pequeños productores, muchos practican la agricultura de subsistencia. Pero los resultados muestran que la mayoría tienen diversas prácticas de la agricultura industrial como el uso de plaguicidas, fertilizantes sintéticos y semillas mejoradas (particularmente en el sur del Estado de México). Las cuales se describen a continuación con mayor detalle:

- La mayoría utiliza más fertilizantes sintéticos en lugar de abonos orgánicos; los pocos que utilizan algún tipo de abono lo hace esporádicamente y los que no usan fertilizantes sintéticos es por falta de recursos y no por conciencia ambiental.
- Se requiere un manejo integrado de plagas y maleza especializado en esta producción donde se incluyan diversos cultivos y actividades para reducir el uso de insecticidas como el *paratión metílico* y el aldrín, y el *glifosato* como herbicida, todos considerados como muy peligrosos.
- Se queda a la espera de los resultados de BIOMESUR y sus pruebas con el fertilizante de origen orgánico a base de silicio (Si) para fortalecer las plantas

del ataque de plagas en etapas tempranas y el uso del caldo bordelés para el control de plagas, especialmente aquellas ocasionadas por hongos.

Sociocultural:

- La diversificación de cultivos y actividades que propone esta opción productiva le brinda mayor resiliencia, lo que se estima pueda incrementarse cuando empiecen a procesar de forma artesanal los productos, co-productos y sub-productos de la *Jatropha*.
- La preponderancia de la mano de obra familiar brinda mayor fortaleza y cohesión a la producción.
- El uso de la *Jatropha* no tóxica no pone en riesgo la seguridad alimentaria, por lo siguiente: 1) la *Jatropha* no reemplaza a ningún cultivo básico, 2) la asociación de *Jatropha* con los cultivos que ellos siembran comúnmente (principalmente maíz) diversifica las opciones, 3) las producciones se hacen en pequeñas unidades de producción (en promedio <5 hectáreas) y 4) hay antecedentes de que la *Jatropha* se utiliza como alimento humano. La calidad alimentaria de la *Jatropha* curcas Doña Fernanda se validó dentro del proyecto Bioaceites del Sureste con un estudio del INN Salvador Zubirán.
- Los suelos donde se plantó la *Jatropha* son terrenos que no fueron deforestados ni tienen especies con valor de conservación. El desarrollo de sistemas agroforestales o silvopastoriles con ganado ovino son una opción con beneficios ambientales y socioeconómicos para los productores, principalmente en Campeche.
- Estas producciones no pueden considerarse totalmente incluyentes si la participación activa de la mujer en los dos proyectos estudiados no supera el 25 %.

- La falta de organización de los productores en el proyecto del Ejido del Cinco de Febrero ha afectado diversos aspectos de la producción como el cuidado en la germinación y en el trasplante. Asimismo, ha limitado la búsqueda de recursos gubernamentales.

Por último, es preciso mencionar que estos resultados corresponden mayoritariamente a la etapa agrícola de la cadena productiva, porque los dos casos analizados se encuentran en proceso de establecimiento de sus plantaciones. Aunque en la sección 7.2 de este trabajo se mostraron los diversos productos, co-productos y sub-productos que la cooperativa Biomazatl obtiene del cultivo de *Jatropha*, habrá que esperar el establecimiento y plena producción de las plantas de Campeche y del sur del Estado de México para poder analizar los efectos económicos y sociales de su proceso agroindustrial y de venta.

LITERATURA CITADA

- Abduh, M. Y., van Ulden, W., Kalpoe, V., van de Bovenkamp, H. H., Manurung, R., y Heeres, H. J. (2013). Biodiesel synthesis from *Jatropha curcas* L. oil and ethanol in a continuous centrifugal contactor separator. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 115(1), 123-131.
- Aguilar, E. y Serrano, P. (2012). *Posrevolución y estabilidad: Cronología 1917-1967*. México: Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México.
- Aguirre, A. (2019). El sargazo en el caribe mexicano: de la negación y el voluntarismo a la realidad. *Sustentabilidad*, (2), 1-12.
- Alfaro, R., Caicedo, A., Castro, H. y Amezquita, E. (1996). La rotación de cultivos en el Valle cálido del alto Magdalena: un enfoque conservacionista de alto rendimiento. *Nataima*, 2, 5-18.
- Alonso-Gómez, L., y Bello-Pérez, L. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7), 967-990.
- Altieri, M. (1994). Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems. En Altieri, M. (1999). The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74, 19-31.
- _____. (1999). *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable (4ta ed)*. Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad.
- _____. (2002a). Agroecología: principios y estrategias para diseñar sistemas agrarios sustentables. En Sarandón, S. (ed.). *Agroecología: el camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 27-34). La Plata, Argentina: Ediciones Científicas Americanas.
- _____. (2002b). Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 93(1-3), 1-24.
- _____. (2015). Breve reseña sobre los orígenes y evolución de la agroecología en América Latina. En Altieri, M. (ed). *Historia de la Agroecología en América Latina y España* (pp. 7-8), Lima, Perú: Editorial Gama Gráfica.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. México: Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- _____. (2009). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Barcelona, España: Icaria editorial.
- _____. (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. *Agroecología*, 7(2), 65-85.

- Altieri, M. y Toledo, V. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612.
- Araujo-Ferrer, S. C., De Almeida, A., Zabala, A., y Granados, A. (2013). Uso de catalizadores en los procesos Fischer-Tropsch. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(2), 257-269.
- Arellano-Aguilar, O., García, E., Thompson, K., y Tirado R. (2016). Zonas muertas: Los ecosistemas del mundo amenazados por la contaminación con fertilizantes. México: Greenpeace México A. C.
- Astier, M., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S., Morales, H., Gerritsen, P...y Ambrosio, M. (2015). Historia de la agroecología en México. En Altieri, M. (ed). *Historia de la Agroecología en América Latina y España* (pp. 9-18), Lima, Perú: Editorial Gama Gráfica.
- Ávila, H. (2006). *Introducción a la metodología de la investigación*. Cd. Cuauhtémoc, México: eumed.net
- Balaceanu, C., Apostol, D., y Penu, D. (2012). Sustainability and social justice. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 62, 677-681.
- Balat, H., & Kırtay, E. (2010). Hydrogen from biomass—present scenario and future prospects. *International Journal of Hydrogen Energy*, 35(14), 7416-7426.
- Bartra, A. (2003). *Cosechas de ira*. México: Instituto Maya e Itaca Ed.
- _____. (20 de marzo de 2007). El campesino en su laberinto. *La Jornada*. Recuperado: <https://www.jornada.com.mx/2007/03/20/index.php?section=opinion&article=016a1pol>
- _____. (2008). *El Hombre de Hierro. Límites Sociales y Naturales del Capital*. México: Instituto Maya e Itaca Ed.
- Basiago, A. (1999). Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *The Environmentalist*, 19, 145-161.
- Behera, S., Tripathi, R., Srivastava, P., y Singh, J. (2009). Evaluation of plant performance of *Jatropha curcas* L. under different agro-practices for optimizing biomass. A case study. *Biomass and bioenergy*, 34(1), 30-41.
- Ben-Eli, M. (2005). *Sustainability: The Five Core Principles*. New York, United States: The sustainability laboratory.
- Brad, A., Delemare, A., Hurley, N., Lenikus, V., Mulrenan, R., Nemes, N., Trunk, U., & Urbancic, N. (2018). *The false promise of certifications*. Utrecht, Netherlands: Chaging Markets Foundation.
- Brink, B., Hosper, S. & Colin, F. (1991). A quantitative method for description and assessment of ecosystems: the AMOEBA-approach, en Masera, O., Astier,

- M. y López-Ridaura, S. (1999) *Sustentabilidad y manejo de Recursos Naturales*. México D.F., México: Mundi-Prensa México, S.A. de C.V.
- Brunett, L., González, C. y García L. (2005). Evaluación de la sustentabilidad de dos agroecosistemas campesinos de producción de maíz y leche, utilizando indicadores. *Livestock Research for Rural Development*, 17(78), 1-14.
- Buraschi, M. (2015). Los biocombustibles y la política económica en Argentina. *Letras verdes: Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (17), 131-156.
- Burke, T. (2010). The Origins of Social Justice: Taparelli d'Azeglio. *Intercollegiate Studies Institute_Educating for Liberty*, 52(2), 1-9.
- Calva, J. (1988). *Los Campesinos en el Devenir de su Historia*. México: Siglo XXI Editores.
- Carson, R. (1962). *Primavera silenciosa*. México: Editorial Crítica.
- Carton de Grammont, H. (2009). La desagrarización del campo mexicano. *Convergencia*, 16(50), 13-55.
- Castaño, Y. (2014). Estrategias de fomento y desarrollo de la actividad agropecuaria durante el sexenio cardenista: El papel desempeñado por el Banco Nacional de Crédito Ejidal, 1934-1940. *Secuencia*, (89), 119-140.
- Castelar, G., Angulo, E., y Cardozo, B. (2014). Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos. *Prospectiva*, 12(2), 90-104.
- Castiblanco, C. y Hortúa, S. (2012). El paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones: panorama mundial y el caso colombiano. *Gestión y Ambiente*. 21(3), 5-26.
- Castillo, O., Torres-Badajoz, S., Núñez-Colín, C., Peña-Caballero, V., Herrera-Méndez, C., y Rodríguez-Núñez, J. (2017). Producción de biodiesel a partir de microalgas: avances y perspectivas biotecnológicos. *Hidrobiológica*, 27(3), 337-352.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91(091), 20-29
- Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. (2020). Reporte de la producción y el comercio de los biocombustibles en México y el mundo. Cámara de Diputados LXIV Legislatura. Recuperado de: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/b/13/56Producci%C3%B3n%20y%20comercio%20de%20biocombustibles.pdf>
- CEPAL. (2019). Panorama Social de América Latina 2019. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Chayanov, A. (1974). *La organización de la unidad económica campesina*. Argentina: Ediciones nueva visión.

- Compañía de Ferrocarriles Chiapas-Mayab S.A. de C.V. (2013). *Línea Mayab*. Compañía de Ferrocarriles Chiapas-Mayab S.A. de C.V. (FCCM). Recuperado de: <http://www.fccm.com.mx/mayab.html>
- CONAFOR. (2009). *Catálogo de recursos forestales maderables y no maderables: árido, tropical y templado*. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
- CONAGUA. (2017). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua (Conagua).
- CONAGUA. (2020). Usos consuntivos por tipo de fuente y volumen concesionado. Comisión Nacional del Agua (Conagua). Recuperado de: <http://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=usosAgua&ver=reporte&o=0&n=nacional#&ui-state=dialog>
- CONEVAL. (2015). Características productivas de los hogares rurales en México. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).
- CONEVAL. (2019). 10 años de medición de pobreza en México, avances y retos en política social. Comunicado de prensa no. 10. Recuperado de: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/COMUNICADO_10_MEDICION_POBREZA_2008_2018.pdf
- CONAPO. (2015). Índice de marginación por municipio 1990-2015. Consejo Nacional de Población (CONAPO).
- Contreras, S. (2012). La justicia en Aristóteles. Una revisión de las ideas fundamentales de *Ethica Nicomachea*. *Ágora. Estudios Clásicos em Debate*. 14, 63-80.
- DalmasNeto, C., Sydney, E., Assmann, R., Neto, D., & Soccol, C. (2014). Production of biofuels from algal biomass by fast pyrolysis. In Pandey, A. Lee, D., Chisti, Y., & Soccol, C. (Ed), *Biofuels from Algae* (pp. 143-153). London, England: Elsevier.
- De Souza B. (2011). Epistemologías del Sur. *Utopías y Praxis Latinoamericana*. (54), 17-39.
- Del Valle, M. y Sánchez, I. (1996). Modernización y rezago tecnológico en el campo y las agroindustrias. En C. Del Valle y J. Solleiro (Ed.), *El Cambio tecnológico en la agricultura y las agroindustrias en México* (pp. 51-94). México: Siglo XXI Editores.
- Djain, A., & Idris, A. (2012). Evaluation of *Jatropha curcas* and *Annona muricata* seed crude extracts against *Sitophilus zeamais* infesting stored rice. *Journal of Entomology*, 9(1), 13-22.
- Ebel R., Pozas J., Soria F. y Cruz J. (2017), Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo, *Terra Latinoamericana*. 35(2), 149-160.

- EIA. (2018). Ethanol as a transportation fuel. U.S. Energy Information Administration (EIA). Recuperado de: https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=biofuel_ethanol_use
- EIA. (2020). Biofuels explained: Use of biomass-based diesel fuel. U. S. Energy Information Administration (EIA). Recuperado de: <https://www.eia.gov/energyexplained/biofuels/use-of-biodiesel.php>
- Elberhi, A., & Lui, P. (2013). Biofuels and the Sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks. Roma, Italy: FAO.
- El Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sustentable. (2020). Las políticas de arriba hacia abajo, otro golpe para la apicultura en la Península de Yucatán. El Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sustentable (CCMSS). Recuperado de: <https://www.ccmss.org.mx/las-politicas-de-arriba-hacia-abajo-otro-golpe-para-la-apicultura-en-la-peninsula-de-yucatan/>
- Elizalde, A. (Octubre de 2009). La insustentable pesadez del desarrollo. Reflexiones sobre sustentabilidad, desarrollo y cordura. En A. Hernández (Presidencia), *Simposio Internacional Desarrollo, Ciudad y Sostenibilidad*, La Serena, Chile. Recuperado de: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n42/ac2.html>
- EPA. (2019). *Información básica sobre pesticidas*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Recuperado: <https://espanol.epa.gov/espanol/informacion-basica-sobre-pesticidas>
- Escalante, R., Catalán, H., Galindo, L. y Reyes, O. (2007). Desagrarización en México: tendencias actuales y retos hacia el futuro. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, (59), 87-116.
- Estenssoro, F. (2015). El ecodesarrollo como concepto precursor del desarrollo sustentable y su influencia en América Latina. *Universum*, 30(1), 81-99.
- Esteva, G. (1988). Es desastre agrícola: adiós al México imaginario. *Comercio Exterior*, 38(8), 662-672.
- European Renewable Ethanol. (2018). Resources & Statistics: Share of European renewable ethanol produced from each feedstock type. European Renewable Ethanol. Recuperado de: <https://www.epure.org/media/1633/share-of-european-renewable-ethanol-produced-from-each-feedstock-type-2016.png>
- Falasca, S., y Ulberich, A. (2008). Potencialidad bioenergética sudamericana a partir de forestaciones con *Jatropha* sp. *Revista Virtual Redesma*, 2, 101-115.
- FAO. (2011). Bioenergía y seguridad alimentaria: el marco analítico BEFS. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

- FAO. (2012). *Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas: Directrices sobre la Prevención y Manejo de la Resistencia a los Plaguicidas*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-bt561s.pdf>
- FAO. (2015). *Estado mundial del recurso suelo: Resumen técnico*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- FAO. (2016). AQUASTAT. Uso del agua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/indexesp.stm#maps
- FAO. (2018a). *México rural del Siglo XXI*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2018b). Objetivo de Desarrollo del Milenio 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- FAO. (2019a). ¿Que es bioenergía sostenible? Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/energy/bioenergy/es/>
- FAO. (2019b). *FAOSTAT: Datos sobre alimentación y agricultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: http://faostat.fao.org/static/syb/syb_5000.pdf
- FAO. (2019c). *FAOSTAT: Pesticides*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/EP/visualize>
- FAO. (2020). El trabajo infantil en la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/childlabouragriculture/es/>
- FAO-IFA. (2002). *Los fertilizantes y su uso*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)-Asociación Internacional de la Industria de los Fertilizantes (IFA). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Fernández, F. (2016). Acerca del género *Jatropha* (Euphorbiaceæ) en Insulindia. *Adumbrationes ad summæ editionem*, 73, 1-58.
- Fernández, L. y Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información Tecnológica*, 24(2), 121-130.
- Finco, M., & Doppler, W. (2010). Bioenergy and sustainable development: The dilemma of food security and climate change in the Brazilian Savannah. *Energy for Sustainable Development*, 14, 194-199.

- Foster, G. (1961). The dyadic contract: a model for the social structure of a Mexican peasant village. *American Anthropologist*, (63), 1173-1192.
- Fujigaki, E. (2004). La agricultura, siglos XVI al XX. En E. Semo (Coord.), *Historia Económica de México* (pp. 100-103). México: Grupo Océano.
- Gallardo, A., Ángeles, G. y Neme, O. (2011). Desregulación económica y flexibilización laboral. Una forma de reducir el costo laboral en México (2000-2008). *Economía y Sociedad*, (27), 65-83.
- García, A., Cara, C., Moya, M., Rapado, J., Puls, J., Castro, E., & Martín, C. (2014). Dilute sulphuric acid pretreatment and enzymatic hydrolysis of *Jatropha curcas* fruit shells for ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 53, 148-153.
- González, S. (7 de diciembre de 2018). Importación récord de granos básicos en 2018. *La jornada*. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/2018/12/07/economia/018n1eco>
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Turrialba.
- _____ (2013). Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 8(2), 19-26.
- _____ (2015). Sin la agroecología no se puede concebir un desarrollo sostenible. *Elkarrizketa Sustrai*, 71, 5-8.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., y Cohn, A. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16(1), 13-23.
- González, V. (2014). Agroecología e interculturalidad: más allá de la inter y la transdisciplina. En Fernández X. y Copena, D. (Coord.), *Propostas Agroecológicas: ao industrialismo* (pp. 1128-1137), España: Ed. BIEEA.
- Guzmán, G., González, M. y Sevilla-Guzmán, E. (2000). *Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Hamister, L. (2012). Wind Development of Oaxaca, Mexico's Isthmus of Tehuantepec: Energy Efficient or Human Rights Deficient? *La Mexican Law Review*, 5(1), 151-179.
- Hart, R. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Hayek, F. (1978). *New Studies in philosophy, politics, economics and the history of ideas*. Chicago, United States: University of Chicago Press.
- Hecht, S. (1991). La evolución del pensamiento agroecológico. *Agroecología y Desarrollo*, (1), 2-15.

- Heller, J. (1996). *Physic nut. Jatropha curcas L. Promoting the conservation and use of underutilised and neglected crops*. Roma, Italy: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI).
- Hénin, S. 1967. Les acquisitions techniques en production végétale et leurs applications. *Economie Rurale*, 31-44.
- Hernández, J., Rebollar, S., González, F., Guzmán, E., Albarrán, B., y García, A. (2011). La cadena productiva de ganado bovino en el sur del Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29, 672-680.
- Hernández, J., Rebollar, A., Mondragón, A., Guzmán, E., y Rebollar, S. (2016). Costos y competitividad en la producción de bovinos carne en corral en el sur del Estado de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (69), 13-20.
- Hernández-Pérez, A., y Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(2), 157-173.
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Hernández-Xolocotzi, E. (2007). Investigación de huarache. *Geografía Agrícola*, 39, 113-116.
- Hernández-Xolocotzi, E. (1977). *Agroecosistemas de México: contribuciones a la enseñanza, investigación y divulgación agrícola*. Estado de México: Chapingo
- Herrera, A., Scolnik, H., Chichilnisky, G., Gallopin, G., & Hardoy, J. (1976). *Catastrophe or new society?: a Latin American world model*. Ottawa, Canada: The International Development Research Center.
- Heyning, K. (1982). Principales enfoques sobre la economía campesina. *Revista de la Cepal*, (16), 115-142.
- Hidalgo, F. (19 de abril de 2020). Ecuador: dos miradas a la situación rural, la crisis del modelo agroindustrial. *La jornada del campo*. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/2020/04/19/delcampo/articulos/crisis-modelo.html>
- IFAD. (2020). COVID-19. The International Fund for Agricultural Development (IFAD). Recuperado de: <https://www.ifad.org/en/covid19>
- INEGI. (2008). Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Aguascalientes.
- INEGI. (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes.
- INEGI. (2013). Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). 2012: Nueva construcción. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes.

- INEGI. (2016). Encuesta Intercensal 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes.
- INEGI. (2018). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes.
- INEGI. (2020). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto Trimestral. Año Base 2013. Serie del primer trimestre de 1993 al cuarto trimestre de 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Aguascalientes.
- Ireta-Paredes, A., Pérez-Hernández, P., Bautista-Ortega, J., y Rosas-Herrera, E. (2018). Análisis de la red de valor calabaza chihua (*Cucurbita argyrosperma* Huber) en Campeche, México. *Agrociencia*, 52(1), 151-167.
- Jahirul, M., Rasul, M., Chowdhury, A., & Ashwath, N. (2012). Biofuels production through biomass pyrolysis—a technological review. *Energies*, 5(12), 4952-5001.
- Jaime-Salinas E., Acosta-Durán, C., Vázquez-Benítez, N., y Villegas-Torres, O. (2012). Importancia de la nutrición orgánica en el cultivo de piñon (*Jatropha curcas* L.). *Investigación Agropecuaria*, 9(2), 125-138.
- Kahn, M. (1995) Concepts, definitions, and key issues in sustainable development: the outlook for the future. En Basiago, A. (1999). Economic, social, and environmental sustainability in development theory and urban planning practice. *The Environmentalist*, 19, pp. 145-161.
- Kang, Q., Appels, L., Tan, T., & Dewil, R. (2014). Bioethanol from lignocellulosic biomass: current findings determine research priorities. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-13.
- Konda, N., Singh, S., Simmons, B., & Klein-Marcuschamer, D. (2015). An investigation on the economic feasibility of macroalgae as a potential feedstock for biorefineries. *Bioenergy Research*, 8, 1046-1056.
- Larrouyet, M. (2015). Desarrollo sustentable: origen, evolución y su implementación para el cuidado del planeta. Repositorio Institucional Digital de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de Quilmes. Argentina.
- Leff, E. (2009). Pensamiento ambiental latinoamericano. VI Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental, Argentina, 215-236.
- Lenin, V. (1971). *El desarrollo del capitalismo en Rusia*. México: Ediciones de Cultura Popular.
- _____. (1974). *¿Quiénes son los amigos del pueblo? Obras escogidas, tomo I*. México: Siglo XXI Editores.
- LGEEPA. (1988). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Diario Oficial de la Federación (DOF), México, 97 p.
- Lizcano, F. (2016). Una propuesta de regionalización para el Estado de México. *Contribuciones desde Coatepec*, (31), 75-119.

- Loeza-Deloya V., Uzcanga-Pérez N., Cano-González A., Ramirez-Jaramillo G., Ramírez-Silva J., y Aguilar-Duarte Y., (2016). Cadenas de importancia socioeconómica para el desarrollo agrícola e industrial de la Península de Yucatán, México. *Agroproductividad*, 9, 3-8.
- Maes, W. H. A., Trabucco, A., Achten, W. M., & Muys, B. (2009). Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. Biomass and bioenergy, 33(10), 1481-1485.
- Magaña, J. (19 de abril de 2020). Producción de miel a la baja, apicultores reportan cosecha del 50 por ciento. La Jornada Maya. Recuperado de: <https://www.lajornadamaya.mx/2020-04-19/Produccion-de-miel-a-la-baja--apicultores-reportan-cosecha-del-50-por-ciento>
- Makkar, H., Becker, K. & Schmook, B. (1998). Edible provenances of *Jatropha curcas* from Quintana Roo state of Mexico and effect of roasting on antinutrient and toxic factors in seeds. *Plant Foods Human Nutrition*, 52, 31-36.
- Marín-Rivera, J., Murillo-Lopera, K., Rodríguez-Delgado, I., y Martínez-Girón, J. (2018). La agroecología: alternativa de desarrollo sustentable ante la crisis ambiental en un mundo globalizado. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 9(2), 63-76.
- Martin-Culma, N. y Arenas-Suárez, N. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232-240.
- Martínez-Caballero, G., y Montes-de-Oca-Vargas, H. (2012). Envejecimiento y migración en los municipios del Estado de México. *Papeles de población*, 18(73), 205-240.
- Martínez-Puc J., Cetzal-Ix W., González-Valdivia N., Casanova-Lugo F., y Saikat-Kumar, B., 2018, Caracterización de la actividad apícola en los principales municipios productores de miel en Campeche, México, *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(1), 44-53.
- Masera, O., Astier, M. y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS*. México: Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A.C.
- Masera, O., Coralli, F., Bustamante, C., Riegelhaupt, E., Arias, T., Vega, J.,... y Cecotti, L. (2011). La bioenergía en México: Situación actual y perspectivas. Red Mexicana de Bioenergía, A.C. (REEMBIO), Recuperado de: <http://rembio.org.mx/wp-content/uploads/2014/12/CT4.pdf>
- Massieu, Y. (2009). Cultivos y alimentos transgénicos en México. El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. *Argumentos*, 22(59), 217-243.
- Massieu, Y. y San Vicente, A. (2006), El proceso de aprobación de la Ley de Bioseguridad: política a la mexicana e interés nacional. *El Cotidiano*, (136), 39-51.

- Mazabel, D., Ricárdez, V., y Patiño, T. (2014). Estructura agraria, evolución del sector agrícola y crisis en el campo mexicano. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 201.
- Montesillo-Cedillo, J. (2011). Agua y desarrollo humano en el Estado de México. *Economía, sociedad y territorio*, 11(37), 759-786.
- Morales, J., García, J., Caporal F. y Calle, A. (2016). *La agroecología y Eduardo Sevilla Guzmán: diversas miradas desde Latinoamérica*. España: Editorial círculo rojo.
- Moreno-Saenz, L., González-Andrade, S. y Matus-Gardea, J. (2016). Dependencia de México a las importaciones de maíz en la era del TLCAN. *Ciencias Agrícolas*, 7(1), 115-126
- Muriel J, García M. y Twyman J. (2016). Construcción de indicadores de empoderamiento de las mujeres. *Un estudio sobre hogares productores de arroz en Ecuador. Documento de trabajo*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Murillo, F., y Hernández, R. (2011). Hacia un concepto de justicia social. *Revista iberoamericana sobre calidad, eficacia y cambio en educación*, 9(4), 7-23.
- Nava, A., 2018, *Diagnóstico de Salud de Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche* (2017), Secretaría de Salud del Gobierno de Campeche, Campeche.
- Nava-García, F., y Doldán-García, R. (2014). Cultivos energéticos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 11(1), 25-34.
- NL Agency. (2012). Sustainability certification for biomass. Netherlands Programmes for Sustainable Biomass. The Netherlands.
- Nolasco-Guzmán, V., Calyecac-Cortero, H., Muñoz-Orozco, A., Miranda-Rangel, A., y Cuevas-Sánchez, J. (2016). Evaluación experimental de germinación y emergencia en semillas de piñón mexicano del Totonacapan. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1959-1971.
- Norgaard, R. y Sikor, T. (1999). Metodología y práctica de la agroecología. En Altieri, M. *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable* (pp. 31-46). Montevideo: Editorial Nordan-Comunidad.
- Núñez, I., y Díaz, M. (2006). Innovación en la comunidad y economía campesina. Trabajo presentado en I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, México.
- Olaso, L. (2008). *Curso de introducción al derecho: Introducción filosófica al estudio del derecho*. Caracas, Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello.
- Olmedo-Carranza, B. (2009). *Crisis en el campo mexicano* (2ª edición correg. y aum.). México: IIEC-UNAM.

- ONU. (2018). La agenda de Desarrollo Sostenible: Antecedentes. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible/>
- ONU. 2020. Hambre e inseguridad alimentaria. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Recuperado: <http://www.fao.org/hunger/es/>
- Openshaw, K. (2000). A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass Bioenergy*, 19(1), 1-15.
- Pabón, L., y Hernández-Rodríguez, P. (2012). Importancia química de *Jatropha curcas* y sus aplicaciones biológicas, farmacológicas e industriales. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 17(2), 194-209.
- Padilla, E., Robles, I., y Miranda, H. (2018). Poblaciones indígenas en el Estado de México. Instituto de Estudio Legislativos.
- Palerm, A. (1980). *Antropología y Marxismo*. México: Editorial Nueva Imagen.
- Paredes-Cervantes, S., Barahona-Pérez, L., Barroso-Tanoira, F., y Ponce-Marbán, D. (2020). Biofuels and their potential in the mexican energy market. *Revista de economía*, 37(94), 35-56.
- Pio XI. (1931). Carta Encíclica: Quadragesimo Anno. Recuperado de: http://www.vatican.va/content/pius-xi/es/encyclicals/documents/hf_p-xi_enc_19310515_quadragesimo-anno.html
- Ponting, C. (2009). *Historia verde del mundo*. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica.
- Prada, R. (2014). Horizontes de los mundos posibles ¿De qué se trata? *Alternativa. Revista de Estudios Rurales*, (1), 108-127.
- Ratnadass, A. & Wink, M. (2012). The phorbol ester fraction from *Jatropha curcas* seed oil: potential and limits for crop protection against insect pests. *International journal of molecular sciences*, 13(12), 16157-16171.
- Ratree, S. 2004. A preliminary study on physic nut (*Jatropha curcas* L.) in Thailand. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 9(7), 1620-1623.
- Reiche, C. y Carls, J. (1996). Modelos para el desarrollo de una agricultura sostenible. *Comunica*, (3), 29-33.
- Restrepo, J., Angel, D. y Prager, M. (2000). Agroecología. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF). Recuperado de: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf
- Rivera-Vargas, G. A., Matsumoto-Kuwabara, Y., y Baquero-Parra, R. (2016). Análisis para la obtención de hidrógeno a partir de biogás proveniente de la fermentación de bebidas naturales. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(2), 251-256.

- Robles, H. (2016). La pequeña agricultura campesina y familiar: construyendo una propuesta desde la sociedad. *Ciencias Sociales y Humanidades*, (7), 46-83
- Rodríguez, I., y Govea, H., (2006). El discurso del desarrollo sustentable en América Latina. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 12(2), 37-63.
- Sabogal, J. y Hurtado, E. (2009). La historia se repite: una visión del desarrollo y del desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, XVII(1), 195-216.
- Sachs, I. (1974). Ambiente y estilos de desarrollo. *Comercio Exterior*, XXIV, 360-368.
- _____. (1981). Ecodesarrollo: concepto, aplicación, beneficios y riesgos. *Agricultura y Sociedad*, 18, 9-32.
- SADER. (2020a). Lineamientos para la Operación del Programa Producción para el Bienestar para el ejercicio fiscal 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). México, Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/542195/DOF_-_Reglas_de_Operaci_n_de_Producci_n_para_el_Bienestar..pdf
- SADER. (2020b). Lineamientos de Operación del Programa de Precios de Garantía a Productos Alimentarios Básicos para el ejercicio fiscal 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). México, Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587270&fecha=24/02/2020
- SADER. (2020c). Lineamientos de Operación del Programa de Fertilizantes para el ejercicio fiscal 2020. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. México, Diario Oficial de la Federación (DOF). Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/543011/DOF_-_Reglas_de_Operaci_n_del_Programa_de_Fertilizantes.pdf
- Save the Children (2018). The War on Children: Time to End Violations Against Children in Armed Conflict. Recuperado de: <https://www.savethechildren.net/waronchildren/>
- Savolahti, M., Karvosenoja, N., Tissari, J., Kupiainen, K., Sippula, O., & Jokiniemi, J. (2016). Black carbon and fine particle emissions in Finnish residential wood combustion: Emission projections, reduction measures and the impact of combustion practices. *Atmospheric environment*, 140, 495-505.
- SEDESOL. (2013). Catálogo de localidades: Ejido Cinco de Febrero, Champotón, Campeche. Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)/ Dirección General Adjunta de Planeación Microrregional. Recuperado de: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=04&mun=004>

- SEMARNAT/CONAFOR. (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos del Estado de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)/ Consejo Nacional Forestal (CONAFOR).
- Sen, A. (1997). *Bienestar, justicia y mercado*. Barcelona, España: Paidós.
- Sepúlveda I. (2012) Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 579-594
- Sevilla-Guzmán, E. (2006). Agroecología y agricultura ecológica: hacia una "re" construcción de la soberanía alimentaria. *Agroecología*, 1, 7-18.
- _____ (2011). *Sobre los orígenes de la agroecología en el pensamiento marxista y libertario*. La Paz, Bolivia: Plural editores.
- _____ (2013). El despliegue de la sociología agraria hacia la agroecología. *Cuaderno interdisciplinar de desarrollo sostenible*, (10), 85-109.
- Sevilla-Guzmán, E. y Soler, M. (2009). Del desarrollo rural a la agroecología. Hacia un cambio de paradigma. *Documentación social*. 155, 23-39.
- Sevilla-Guzmán, E. y Woodgate, G. (1997). Sustainable rural development: From industrial agriculture to agroecology. En Redclift, M. and Woodgate, G. (eds.) *The International Handbook of Environmental Sociology* (pp. 93-94). Massachusetts, Estados Unidos: Edward Elgar.
- Shanin, T. (1979). El campesinado como factor político. En Shanin, T. (Comp.), *Campesinos y sociedades campesinas* (pp. 214-236). México: Fondo de Cultura Económica.
- SIAP. (2020). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 1980-2017*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Recuperado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- SOCLA. (2016). Agroecología. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Recuperado de: <https://www.socla.co/>
- Soley, R. (2019). *Bioenergía en España: ¿Es realmente una alternativa?* España: Ecologistas en acción.
- Sotelo, E., González, A., Cruz, G., Moreno, F., y Cruz, G. (2011). Los suelos del Estado de México y su actualización a la base referencial mundial del recurso suelo 2006. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 2(8), 71-84.
- Stavenhagen, R. (1996). *Las clases sociales en las sociedades agrarias* (17ª edición): México: Siglo XXI editores.
- Stiglitz, J. (2002). Empleo, justicia social y bienestar de la sociedad. *Revista Internacional de Trabajo*, 121(1-2), 9-31.
- Tabuchi K., Rigby C. y White J. (25 de febrero de 2017). La deforestación de la Amazonía regresa con fuerza. *The New York Times ES, América Latina*.

Recuperado de: <https://www.nytimes.com/es/2017/02/25/la-deforestacion-del-amazonas-regresa-con-fuerza/>

Teixeira, M. (21 de febrero de 2019). Brazil economy, gasoline price hikes boost ethanol outlook as crop nears. *Reuters*. Recuperado de: <https://www.reuters.com/article/us-brazil-sugar-ethanol/brazil-economy-gasoline-price-hikes-boost-ethanol-outlook-as-crop-nears-idUSKCN1QA2JG>

The Club of Rome (2018). About Us. History. The Club of Rome. Recuperado de: <http://www.clubofrome.org/about-us/history/>

OECD-FAO. (2018). Agricultural Outlook 2018-2027. The Organization for Economic Co-operation and Development & Food/Agriculture Organization (OECD - FAO). Recuperado de: http://www.fao.org/3/i9166e/i9166e_Chapter9_Biofuels.pdf

The World Bank. (2018). *The Changing Wealth of Nations*. Washington, United States: The World Bank.

Toledo, V. (2002). Agroecología, sustentabilidad y reforma agraria: la superioridad de la pequeña producción familiar, *Agroecología e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 3(2), 27-36.

_____ (26 de marzo de 2019). El choque de civilizaciones y la 4ª Transformación. *La Jornada*. Recuperado de: https://www.jornada.com.mx/2019/03/26/opinion/018a2pol?fbclid=IwAR2XlPeV3CktH7EX_RL4JWGVON3ZqWsgP7fzta7DCj-GoubwpoYwh4qhJXQ

United States Department of Agriculture. (2017). China: Biofuels Annual. United States Department of Agriculture. Recuperado de: <https://www.fas.usda.gov/data/china-biofuels-annual-3>

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen. (2019). UFOP Report on global market supply 2018/2019. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (UFOP). Recuperado de: https://www.ufop.de/files/4815/4695/8891/WEB_UFOP_Report_on_Global_Market_Supply_18-19.pdf

Valdés-Rodríguez O., García-Espinoza, R., Sánchez-Sánchez, O., Pérez-Vazquez, A. (2011). Aislamiento y patogenicidad de un posible *Pythium aphanidermatum* en *Jatropha Curcas* L. no tóxica. *Tropical and subtropical agroecosystems*. 14(2), 649-660.

Valero-Padilla, J., Cortina-Villar, H., y Vela-Coiffier, M. (2011). El proyecto de biocombustibles en Chiapas: experiencias de los productores de piñón (*Jatropha curcas*) en el marco de la crisis rural. *Estudios sociales*, 19(38), 119-144.

Vega, E. (2019). Presiones hídricas, amenazas climáticas y pérdidas de biodiversidad en México: agenda y políticas inaplazables del nuevo gobierno. *Economía UNAM*, 16(46), 126-135.

- Vidal-Benavides, A. I., Díaz, J. C. Q., y Herrera-Orozco, I. (2017). Análisis de ciclo de vida de la producción de biodiesel a partir de aceite vegetal usado. *Dyna*, 84(201), 155-162.
- Vijay, V., Pimm, S., Jenkins, C. y Smith, S. (2016). The impact of oil palm on recent deforestation and biodiversity loss. *PLos One*, 11(7), [10.1371/journal.pone.0159668](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159668)
- Wang, M., Hu, C., Barnes, B., Mitchum, G., Lapointe, B., & Montoya, J. (2019). The great Atlantic Sargassum belt. *Science*, 365(6448), 83-87.
- Warman, A. (2001). *El campo mexicano en el siglo XX*. México: Fondo de Cultura Económica.
- _____ (2003). La reforma agraria mexicana: una visión de largo plazo. *Reforma agraria, colonización y cooperativas*, 2, 85-94.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 9(4), 503-515.
- Wei, H., Liu, W., Chen, X., Yang, Q., Li, J., & Chen, H. (2019). Renewable bio-jet fuel production for aviation: A review. *Fuel*, 254, 1-16.
- Whittlesay, D. (1936). Major agricultural regions of the earth. En Altieri, M. (1999). *Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable (4ta ed)*. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad.
- Wolf, E. (1971). Los campesinos. Barcelona, España: *Editorial Labor*. S.A. Ed.
- _____ (1973). *Las luchas campesinas en el Siglo XX*. México: Siglo XXI Editores.
- Zepeda, C., Burrola, C., White, L., y Rodríguez, C. (2017). Especies leñosas útiles de la selva baja caducifolia en la Sierra de Nanchititla, México. *Madera y bosques*, 23(3), 101-119.