

Diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y escenarios para su aprovechamiento

Informe Final (CONFIDENCIAL)



Diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y escenarios para su aprovechamiento

Informe Final (CONFIDENCIAL)

Por: Enrique Riegelhaupt, Jorge Odenthal, Luis Janeiro

Fecha: 12 de Agosto de 2016

Número de proyecto: BIENL16163

Revisado por: Michèle Koper

© Ecofys 2016 por orden de: Banco Interamericano de Desarrollo para SENER

ACRONIMOS, UNIDADES DE MEDIDA y EQUIVALENCIAS

| Acrónimo, unidad de medida o equivalencia | Descripción |
|---|---|
| \$MN | Pesos Mexicanos |
| ANIAME | Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestible |
| a | año |
| BD | Biodiésel |
| BID | Banco Interamericano de Desarrollo |
| DOF | Diario Oficial de la Federación |
| FUPRO | Fundaciones PRODUCE |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| Ha | hectárea = 10,000 m ² |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática |
| INIFAP | Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y pesqueras |
| km ² | Kilómetro cuadrado = 100 ha |
| L | Litro = 0,001 m ³ |
| LPDB | Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos |
| m ³ | metro cúbico = 1000 Litros |
| mdp | millones de pesos mexicanos |
| Mt CO _{2e} | Millones de toneladas de CO ₂ equivalente |
| PJ | Peta Joule = 10 ¹⁵ Joules |
| SAGARPA | Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación |
| SENER | Secretaría de Energía |
| SIAP | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la SAGARPA |
| t | tonelada métrica = 1,000 kg |
| TAR | Terminal de Almacenamiento y Reparto |
| tMS | tonelada de Materia Seca (medida de la biomasa seca , sin humedad) |
| USD | Dólares de los Estados Unidos |

En el texto y tablas de este reporte se utiliza la notación inglesa, donde la coma (,) separa las unidades de miles y el punto (.) separa los números enteros de los decimales.

Tabla de contenidos

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Antecedentes | 1 |
| 2 | Justificación | 4 |
| 3 | Situación actual del biodiésel en México | 5 |
| 3.1 | Producción de biodiésel y capacidad instalada | 5 |
| 3.2 | Investigación, desarrollo y transferencia de tecnología en biodiésel | 7 |
| 3.3 | Cadena de valor y costos actuales de producción del biodiésel en México | 10 |
| 4 | Recursos para la producción de biodiésel | 14 |
| 4.1 | Introducción | 14 |
| 4.2 | Potencial de producción de biodiésel a partir de cultivos actuales | 14 |
| 4.3 | Potencial de producción de biodiésel a partir de la expansión de cultivos actuales | 23 |
| 4.4 | Potencial de producción de biodiésel de aceites usados | 31 |
| 4.5 | Potencial de producción de biodiésel de grasas animales | 31 |
| 4.6 | Potencial técnico conjunto de aceites de cocina usados y grasas animales para biodiésel | 33 |
| 4.7 | Potencial de residuos agrícolas | 34 |
| 4.8 | Potencial de biomasa forestal leñosa | 36 |
| 5 | Escenarios futuros de desarrollo del biodiésel en México | 39 |
| 5.1 | Introducción | 39 |
| 5.2 | Metodología de construcción de los escenarios | 41 |
| 5.3 | Políticas de apoyo al biodiésel | 45 |
| 5.4 | Descripción de supuestos | 46 |

| | | |
|------------------|--|------------|
| 5.5 | Escenarios futuros de desarrollo del biodiésel: Resultados | 52 |
| 6 | Conclusiones | 58 |
| Annex I | Metodologías | 62 |
| A.1 | Cálculo del potencial de expansión de cultivos oleaginosos | 62 |
| A.2 | Cálculo del potencial de aceites usados | 64 |
| A.3 | Cálculo del potencial de grasas animales | 66 |
| A.4 | Cálculo del potencial de residuos agrícolas | 66 |
| A.5 | Calculo del potencial de biomasa forestal | 67 |
| A.6 | Cálculo de mitigación de emisiones GEI | 67 |
| Annex II | Mapas del SIG | 68 |
| A.7 | Parámetros limitantes para la aptitud de cultivos | 68 |
| A.8 | Áreas aptas para diferentes tipos de cultivos | 69 |
| A.9 | Mapas de disponibilidad de residuos agrícolas lignocelulósicos | 72 |
| A.10 | Mapas de potencial de tala sustentable de biomasa forestal | 75 |
| Annex III | Contenidos del Sistema de Información Geográfica | 78 |
| Annex IV | Información analizada, construida y seleccionada | 79 |
| Annex V | Referencias | 120 |

1 Antecedentes

El Plan de Inversiones (PI) del Fondo para una Tecnología Limpia (CTF) para México fue aprobado por el Comité fiduciario del CTF en el año 2009. El PI es un “plan de negocios” presentado por el Gobierno de México y desarrollado en conjunto con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF, Banco Mundial), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Financiera Internacional (IFC), para apoyar los objetivos de desarrollo bajo en emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de México.

Dentro del PI, se encuentra el Programa de Energías Renovables de México, ejecutado conjuntamente por el BID y la IFC, que incluye recursos para préstamos y donaciones para actividades de asistencia técnica. Como parte del paquete de asistencia, se contempla el “Programa de gestión de conocimiento en energías renovables” (ME-T1204) el cual financia componentes específicos que apoyen la generación y la difusión del conocimiento financiero, regulatorio y ambiental de las energías renovables en México. En este marco, el Gobierno de México a través de la secretaría de Energía (SENER) solicitó al BID apoyo para realizar un estudio diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y elaborar escenarios para su futuro desarrollo.

En el año 2003 fue diseñada la Prospectiva del uso de la bioenergía en México, destacando cuatro ideas principales: a) se podría utilizar la infraestructura que Pemex utiliza para producir diésel, b) los motores a diésel requerirían ajustes menores para utilizar biodiésel puro (B100), c) se ha incrementado el cultivo de plantas productoras de aceite en climas tropicales y templados, d) existen incentivos fiscales y subsidios para fomentar el biodiésel. Se formularon dos escenarios de producción de biodiésel; optimista y moderado, con tasas de crecimiento promedio anual de la producción del biodiésel del 45% y 40%, respectivamente, para el periodo 2005-2015. En el escenario optimista, el consumo de biodiésel iría de 10.3 PJ en 2015 a 381.9 PJ al 2030, con penetración de 0.34% para el 2015 a 6.99% para el 2030. Las emisiones evitadas serían de 0.72 Mt CO_{2e} en 2015 y 25.6 Mt CO_{2e} en 2030. En el escenario moderado, se usarían 7.2 PJ para el 2015 y 147.2 PJ para el 2030, con penetración de 0.24% para el 2015 a 2.7% para el 2030. Las emisiones evitadas serían de 0.51 Mt CO_{2e} en 2015 y 9.87 Mt CO_{2e} en 2030.

En el año 2007 se completó un primer estudio sobre las posibilidades del bioetanol y el biodiesel como combustibles para el transporte en México¹. Dicho estudio fue coordinado por la Secretaría de Energía de México (SENER) y patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo (Proyecto ME-T1007 – ATN/DO-9375-ME) y la GTZ (Cooperación Técnica Alemana) por encargo del Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ).

¹ SENER/ BID/ GTZ (Edit.): Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, México, D.F., México, Noviembre 2007. ISBN 970-9983-14-8

El 1º de febrero de 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) que tiene la finalidad de “coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable, como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano y establecer las bases para:

- I. Promover la producción de insumos para Bioenergéticos, a partir de las actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano, sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país de conformidad con lo establecido en el artículo 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable;
- II. Desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los Bioenergéticos para contribuir a la reactivación del sector rural, la generación de empleo y una mejor calidad de vida para la población; en particular las de alta y muy alta marginalidad;
- III. Promover, en términos de la Ley de Planeación, el desarrollo regional y el de las comunidades rurales menos favorecidas;
- IV. Procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y gases de efecto de invernadero, utilizando para ello los instrumentos internacionales contenidos en los Tratados en que México sea parte, y;
- V. Coordinar acciones entre los Gobiernos Federal, Estatales, Distrito Federal y Municipales, así como la concurrencia con los sectores social y privado, para el desarrollo de los Bioenergéticos”.

El 18 de junio de 2009 se publicó en el DOF el Reglamento de la LPDB, que encomienda a la Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos “establecer, revisar y evaluar una estrategia para desarrollar el mercado de insumos... y promover la seguridad energética, la seguridad y soberanía alimentarias y la sustentabilidad ambiental”. En su Artículo 50, establece que: “...en la producción de Insumos no se realizará el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola, ni se expandirá la frontera agrícola”. En el Art. 55., especifica que:

- a) Las actividades de producción de Insumos respetarán el uso de suelo, conservando la calidad de la tierra;
- b) Los cultivos relacionados con la producción de Insumos deben desarrollarse en zonas con uso agrícola o pecuario;
- c) Al establecer cultivos para la producción de Insumos para Bioenergéticos se deberán considerar las condiciones climáticas y biofísicas para su desarrollo, protegiendo el hábitat y ecosistemas y haciendo uso sustentable de recursos naturales.

En su Art. 56, se agrega que: “Los cultivos relacionados con la producción de Insumos no podrán desarrollarse en áreas con vegetación natural en donde existan especies de flora y fauna endémicas, amenazadas, en peligro de extinción o sujetas a protección especial, áreas naturales protegidas u otros espacios sujetos a medidas de conservación establecidas en el ámbito federal, estatal o municipal...”.

De este modo, las normas legales vigentes en México establecen claramente el marco y las condiciones de desarrollo de la producción de bioenergéticos, biocombustibles líquidos y sus insumos.

En el año del 2013, la Secretaría de Energía elaboró el Atlas Mexicano de Biomasa, donde se presenta información sobre los potenciales de producción de los distintos tipos de biomasa que podrían utilizarse con fines energéticos.

2 Justificación

Para contribuir al cumplimiento de la política nacional sobre la Transición Energética, es necesario tener un diagnóstico actualizado del grado de desarrollo alcanzado por el biodiésel en México. A fin de establecer las metas y objetivos de un programa de introducción de este biocombustible, se deben formular escenarios que sirvan de guía para el desarrollo y aprovechamiento del biodiésel. Por ello, el presente estudio tiene como objetivos generales:

- identificar el estado de disponibilidad de insumos, producción, almacenamiento, transporte, comercialización, uso y tecnologías para la obtención del biodiésel en México;
- diseñar escenarios de introducción de biodiésel a corto, mediano y largo plazo en el país.

Sus objetivos específicos son:

- a) Elaborar la línea base de la disponibilidad de insumos a nivel localidad para la obtención de biodiésel en México;
- b) Elaborar las líneas base de la producción, almacenamiento, transporte, comercialización y uso del biodiésel en México;
- c) Identificar las tecnologías para la obtención del biodiésel en México;
- d) Identificar instituciones educativas, de investigación y organizaciones civiles dedicadas al biodiésel en México;
- e) Formular un escenario tendencial del aprovechamiento del biodiésel que incluya metas a corto, mediano y largo plazo de la disponibilidad de insumos, infraestructura de producción y uso;
- f) Formular un escenario optimista para el aprovechamiento del biodiésel que incluya metas a corto, mediano y largo plazo de la disponibilidad de insumos, infraestructura de producción y uso;
- g) Formular un escenario moderado para el aprovechamiento del biodiésel que incluya metas a corto, mediano y largo plazo de la disponibilidad de insumos, infraestructura de producción y uso.

3 Situación actual del biodiésel en México

3.1 Producción de biodiésel y capacidad instalada

En esta sección se describen las plantas de escala comercial y de escala demostrativa que se instalaron o están en proceso de instalación en México para producir biodiésel con aceites crudos, con grasas animales y con aceites usados.

3.1.1 Plantas comerciales instaladas y en proceso de instalación

Se han identificado 3 plantas de producción de biodiésel que llegaron a operar comercialmente y han cesado operaciones:

1. En Cadereyta, Nuevo León, una planta establecida en 2005 por el Grupo Energéticos con participación del ITESM Campus Monterrey, utilizaba grasas animales (sebo de res y grasa de pollo) y aceites vegetales de desecho. Su capacidad instalada era de 18,000 m³ / año. Dejó de operar en 2011.
2. En Lázaro Cárdenas, Michoacán, se instaló una planta anexa a una fábrica de aceite vegetal, con capacidad de 9,000 m³/año. Fue inaugurada en 2007 y debía utilizar *Jatropha curcas* e higuera; por falta de producción de esos cultivos, cerró en 2008.
3. En Chiapas en 2010, el Instituto de Bioenergéticos de Chiapas instaló una planta de 10,000 m³/a. Utilizaría *Jatropha curcas*, pero no hubo producción de semillas. Cerró operaciones en 2011.



Figura 1. Plantas de producción de biodiésel en México. Cadereyta, Nuevo León (izquierda). Lázaro Cárdenas, Michoacán (derecha)

Tabla 1. Plantas comerciales de biodiésel en México, no operativas. Fuente: REMBIO

| Ubicación | Capacidad (m ³ /año) | Inaugurada | Cerrada |
|----------------------------|---------------------------------|------------|---------|
| Cadereyta, Nuevo León | 18,000 | 2005 | 2011 |
| Lázaro Cárdenas, Michoacán | 9,000 | 2007 | 2008 |
| Puerto Chiapas, Chiapas | 10,000 | 2010 | 2011 |

Además hay una serie de plantas de biodiésel a escala demostrativa, que siguen operativas o que están próximas a completarse (Tabla 2).

Tabla 2. Plantas comerciales de biodiésel en México, operativas o próximas a completarse en 2016. Fuente:

Elaboración propia en base a datos de SAGARPA, 2015

| Nuevas plantas con apoyos de SAGARPA | | | | Capacidad | Apoyo | Aporte | Total | Insumo | Inversión Total |
|--------------------------------------|------|--------|------------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------------|
| Programa | Año | Estado | Beneficiario | m ³ /a | MDP | MDP | MDP | | \$/m ³ |
| Bio-economía | 2010 | PUE | GRIMA Biodiésel | 90 | 1.8 | 4.2 | 6 | Aceite usado | \$66,667 |
| PEF | 2011 | PUE | PROBIORAM | 950 | 2.8 | 6.6 | 9.4 | Grasa Animal | \$9,895 |
| PEF | 2014 | BC | ENRIMEX | 74 | 10.5 | 10.7 | 21.2 | Higuerilla | \$286,486 |
| PEF | 2015 | DUR | Coop. Agr. Luz Michell | 1440 | 1.5 | 1.9 | 3.4 | Grasa Animal | \$2,361 |
| PEF | 2015 | MEX | BIORECEN | 628 | 7.7 | 3.1 | 10.8 | Grasa Animal | \$17,197 |
| PEF | 2015 | OAX | RICINOMEX | 1000 | 0.8 | 0.8 | 1.6 | Higuerilla | \$1,600 |
| | | | TOTAL | 4182 | 25.1 | 27.3 | 52.4 | | |

3.1.2 Empresas vinculadas con biodiésel de aceites usados

Existen 4 empresas dedicadas a recolectar aceite de cocina usado, para la producción de biodiésel:

- **Reoil México** recolecta ARUC (Aceite Residual Usado de Cocina) principalmente en Ciudad de México y Toluca, y produce "Pre TPO" (Pre aceite técnico de planta), que exporta a la Unión Europea donde se lo procesa para biodiésel. Cuenta con 2 plantas en Europa. La capacidad de producción es confidencial;
- **MORECO** recolecta aceite usado de cocina y lo transforma en biodiésel. Trabaja en Michoacán, Guanajuato y Querétaro. Tiene 3 plantas instaladas, una en cada estado. Procesa de 100 a 200 m³/a;
- **Biofuels de México** recolecta aceite usado de cocina y produce biodiésel en Puebla, Toluca, Cuernavaca, Tlaquepaque, Zapopán, Tonalá, Veracruz, Córdoba, Xalapa, Boca del Río, Querétaro, Cancún, Playa del Carmen, Chetumal. Produce 288,000 litros de biodiésel anualmente (288 m³/a), la cantidad máxima es de 3 m³/día;
- **SOLBEN**, de Monterrey (Nuevo León), recolecta aceite usado de cocina, produce biodiésel, vende plantas de biodiésel y presta servicios como caracterización de semillas y aceites, soporte técnico, automatización y análisis de calidad del biodiésel. La capacidad de producción de su planta es de 80 m³/mes o 960 m³/año.

3.2 Investigación, desarrollo y transferencia de tecnología en biodiésel

De 2008 a 2015 diferentes fondos financiaron 252 proyectos relacionados con el biodiésel. En 2009 se aprobaron 76 proyectos, disminuyendo a 8 en 2013. La Figura 2 muestra esa tendencia.

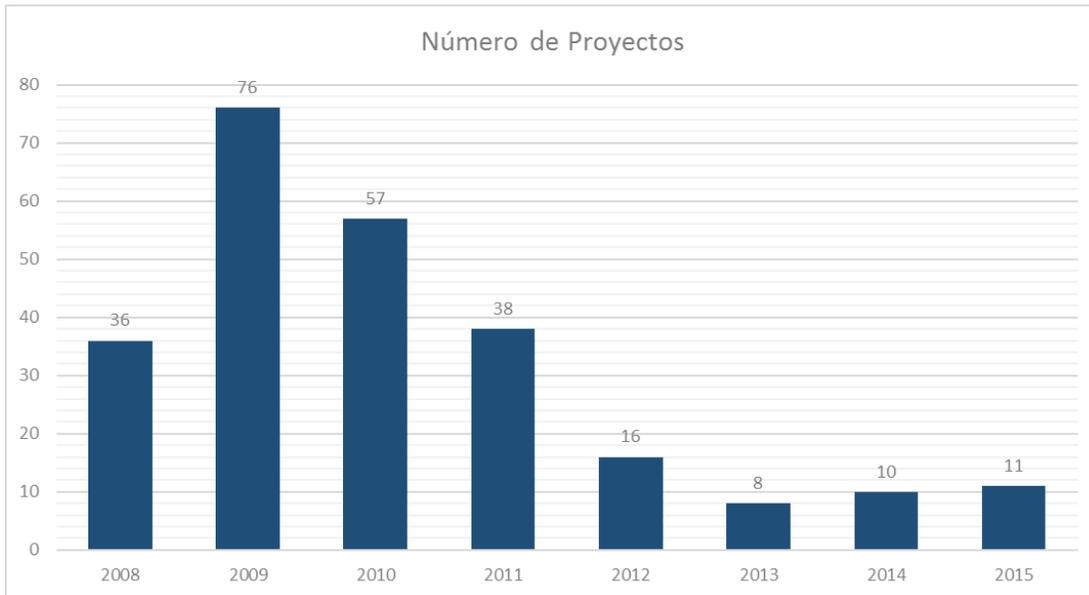


Figura 2. Proyectos aprobados por año durante el periodo 2008-2015 en México. Fuente: RTB (2015)

Los montos de presupuestos aprobados siguieron una evolución similar al número de proyectos aprobados (Figura 3).



Figura 3. Montos aprobados durante el periodo 2008-2015 para financiamiento de proyectos de biodiésel en México. Fuente: RTB (2015) (En los años 2013 y 2014 los fondos no publicaron el monto de recursos aprobados)

El presupuesto se otorgó a proyectos ejecutados por el sector público (universidades, centros de investigación, otras instituciones académicas) y por el sector privado (empresas), pero desde el año 2013 el sector privado dejó de ser receptor de fondos (ver Figura 4). La evolución muestra una clara reducción de presupuesto y número de proyectos aprobados a partir del año 2012, probablemente debida a una pérdida de interés o cambio de prioridades por parte de los fondos financiadores.

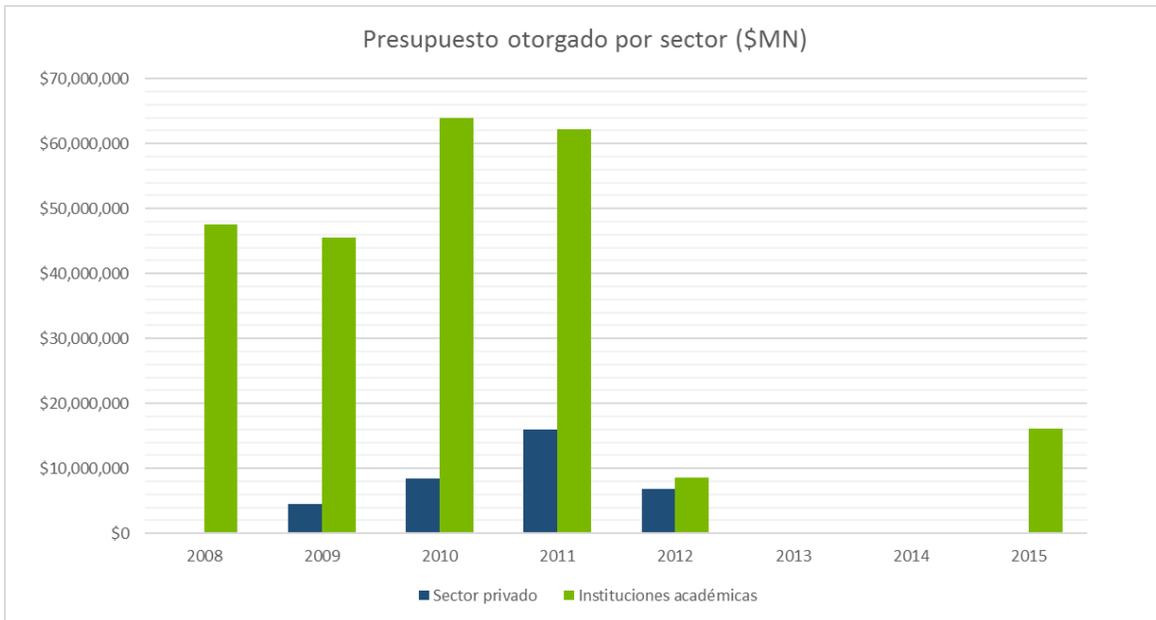


Figura 4. Monto de recursos otorgado, por sectores receptores. Fuente: RTB (2015)

Los que más aportaron fueron los fondos sectoriales² con 127 mdp y los fondos institucionales con 82 mdp; ambos sumaron el 78% del presupuesto aprobado (ver Figura 5).

² Fondos Sectoriales son los establecidos o gerenciados por las Secretarías y Comisiones Nacionales del Gobierno Federal con recursos originados del presupuesto federal; generalmente son operados conjuntamente por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) mediante convenios específicos. Otros fondos importantes fueron los Institucionales (que manejan recursos propios de los presupuestos de instituciones de I+D). Los fondos Estatales utilizan recursos presupuestarios de los Estados miembros de la Federación. Las Fundaciones Produce (FUPROs) y los fondos Mixtos obtienen recursos tanto de los Estados como del Gobierno Federal.

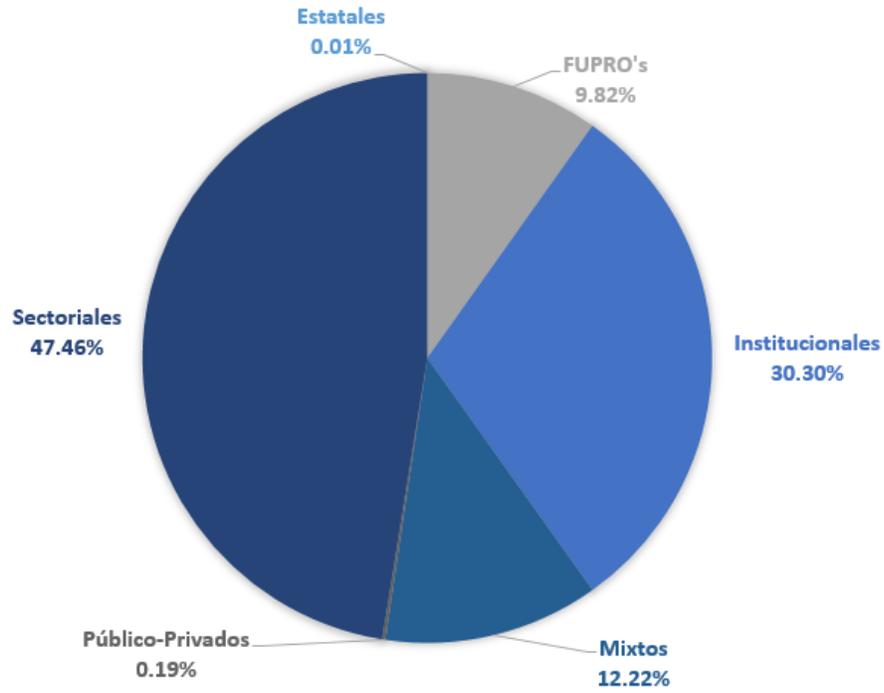


Figura 5. Distribución de recursos de los fondos que financiaron proyectos entre 2008 y 2015. Fuente: RTB (2015)

3.3 Cadena de valor y costos actuales de producción del biodiésel en México

En la actualidad, existen en México dos vías para producir biodiésel: a) a partir de aceites usados y grasas³; y b) con aceites vegetales crudos. Sin embargo, la única cadena de valor que opera es la de aceites usados y grasas. La producción comercial de biodiésel con aceites crudos no se ha podido sostener, debido a la falta de insumos a costos competitivos.

En la cadena de producción de biodiésel a partir de aceites usados intervienen varios agentes:

- los “productores de materia prima”: son los usuarios de aceites para la cocina - sus prácticas de uso y de separación de aceites usados definen los niveles de recuperación posibles y la calidad de la materia prima;
- los recolectores: son un eslabón decisivo porque de su nivel de organización y eficiencia dependen los costos finales y la eficacia de la recolección;
- los acopiadores y procesadores: acumulan y refinan los aceites usados (actualmente muchos de ellos también se hacen cargo de la conversión a biodiésel y la distribución y venta del producto final);
- los elaboradores de biodiésel: se especializan en la conversión de aceites a biodiésel, en la disposición final de los coproductos y residuos (glicerina y efluentes finales), y en la distribución comercial del biodiésel.

En la cadena de producción de biodiésel a partir de grasas animales intervienen:

- los “productores de materias primas”: son los rastros, las graserías, los procesadores de derivados de cerdo (como carnitas, chicharrón y manteca);
- los recolectores de grasas de carnicería;
- los elaboradores de biodiésel.

En la actualidad, en México, los agentes de ambas cadenas descritas operan – en su mayoría – informalmente. A través de encuestas fue posible obtener datos aproximados de un grupo reducido de operadores (4 empresas) sobre capacidad, tipo de insumos y volumen procesado. Sin embargo, la información sobre vías de comercialización, clientes y precios es escasa y poco confiable.

En las siguientes secciones se describen los costos actuales de producción de biodiésel para el caso de México.

³ Las grasas animales utilizables para producir biodiésel son de varios orígenes y calidades: las más abundantes provienen de procesos de “rendering” utilizados para obtener harinas de carne, harinas de huesos, harinas de plumas y otros coproductos a partir de los residuos de las industrias cárnicas como son sebos, huesos, vísceras, tocinos, pellejos, cueros y otros. Algunas son grasas “primarias” y otras son “secundarias” o recicladas.

3.3.1 Costos de producción de biodiésel a partir de aceites usados

Consideramos dos opciones que existen en la práctica en México:

1. la empresa paga un precio establecido por el aceite usado "puesto en fábrica de biodiésel" (existen recolectores independientes que se encargan de llevarlo a la fábrica);
2. la empresa se encarga de la recolección del aceite usado y paga un precio en origen.

Los costos para la opción 1 se presentan en la Tabla 3 y la Figura 6. En México se reporta que se pagan entre 7.00 y 8.00 \$MN/L de aceite usado puesto en puerta de fábrica y que la relación de conversión de aceite a biodiésel es 1:1 (en volumen). El aceite es el componente mayor (55%) del costo de producción del biodiésel de aceites usados, el cual se estima totaliza \$13.72 pesos.

Tabla 3. Costos de producción de biodiésel (opción 1). Fuente: REMBIO (2016) en base a encuestas con dos empresas de biodiésel en 2016.

| Concepto | Costos (\$MN/L) |
|-------------------------------------|-----------------|
| Aceite reciclado (puesto en planta) | \$ 7.50 |
| Electricidad | \$ 0.17 |
| Gas LP | \$ 0.16 |
| Metanol | \$ 1.46 |
| Operación y Mantenimiento | \$ 3.62 |
| Hidróxido de potasio (KOH) | \$ 0.33 |
| Recuperación de Inversión | \$ 0.48 |
| Total | \$ 13.72 |

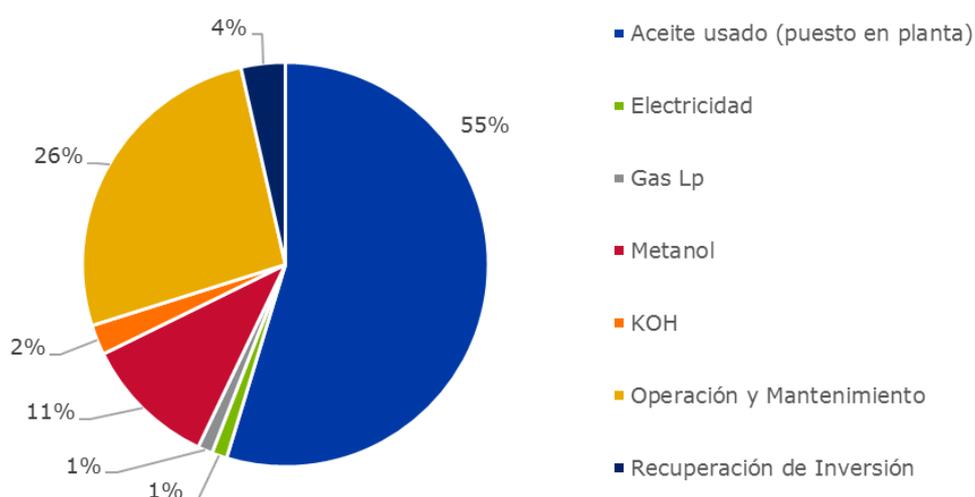


Figura 6. Participaciones en el costo de producción de biodiésel (opción 1). Fuente: REMBIO (2016), en base a encuestas con dos empresas de biodiésel.

En la modalidad 2 la empresa elaboradora de biodiésel paga 2 pesos por cada litro de aceite recibido, y asume los costos de recolección, que se calculan de acuerdo a la ecuación

$$C = Fc + Lc + Mc + Ge \text{ (Scheinbaum, 2014), donde:}$$

C = Costo de recolección.

Fc = Costo del combustible

Lc = Salario del chofer

Mc = Costo de mantenimiento del vehículo

Ge = Gastos generales

El costo de producción de biodiésel estimado para la opción 2 es de \$11.10 pesos por litro. Los detalles se presentan en la Tabla 4 y Figura 7.

Tabla 4. Costos de producción de biodiésel (opción 2). Fuente: REMBIO (2016), en base a datos de encuesta a empresas de biodiésel.

| Concepto | (\$MN/L) |
|---------------------------|-----------------|
| Aceite reciclado | \$ 2.00 |
| Recolección | \$ 2.88 |
| Electricidad | \$ 0.17 |
| Gas LP | \$ 0.16 |
| Metanol | \$ 1.46 |
| Hidróxido de potasio | \$ 0.33 |
| Operación y Mantenimiento | \$ 3.62 |
| Recuperación de Inversión | \$ 0.48 |
| Total | \$ 11.10 |

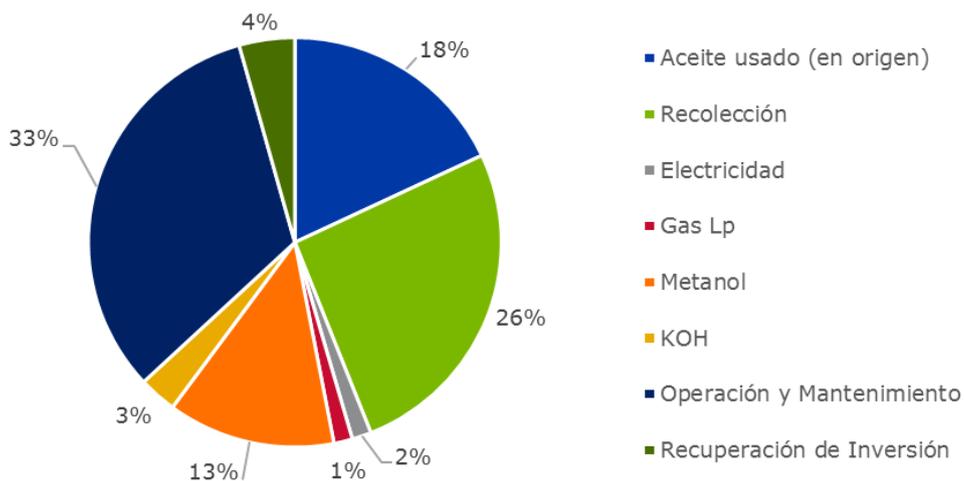


Figura 7. Participaciones en el costo de producción de biodiésel (opción 2). Fuente: REMBIO (2016), en base a datos de encuesta a empresas de biodiésel.

3.3.2 Costos de producción de biodiésel a partir de grasas

El principal componente del costo de producción de biodiésel de grasas animales es el costo de la materia prima. Según información obtenida en entrevistas, el sebo de res se paga de 8 a 12 pesos por kg a puerta de fábrica, y por la grasa de cerdo el precio es de 12 a 20 pesos por kg. Eso resulta en costos de producción de biodiésel bastante altos.

Tabla 5. Costos de producción de biodiésel con sebo de res. Fuente: REMBIO (2016), en base a datos de encuesta a una empresa de biodiésel.

| CONCEPTO | (\$MN/L) |
|---------------------------|---------------------|
| Sebo (puesto en planta) | 8.00-12.00 |
| Electricidad | 0.17 |
| Gas LP | 0.16 |
| Metanol | 1.46 |
| Hidróxido de Potasio | 0.33 |
| Mano de obra | 3.38 |
| Operación y Mantenimiento | 0.24 |
| Recuperación de Inversión | 0.48 |
| Total | 14.22 -18.22 |

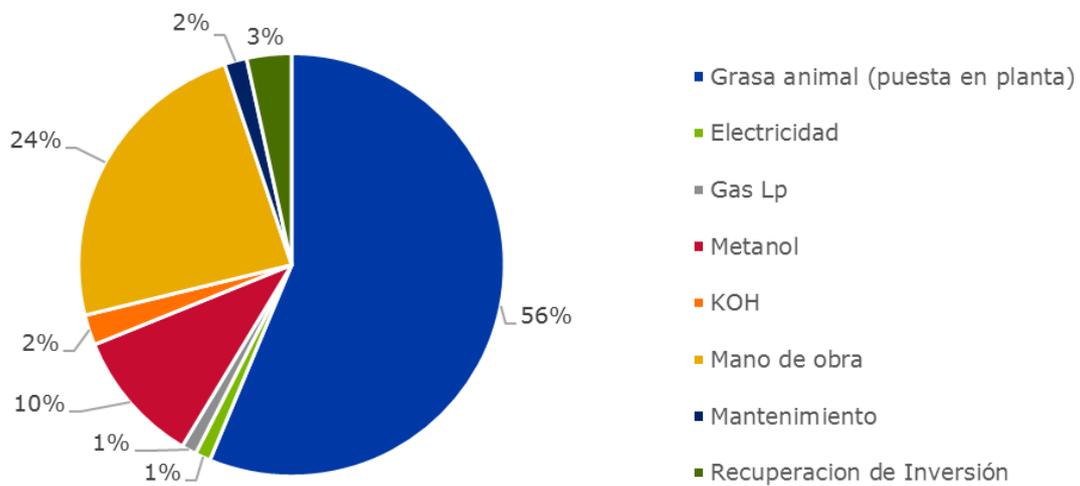


Figura 8. Participaciones en el costo de producción de biodiésel de sebo de res. Fuente: REMBIO (2016), en base a datos de encuesta a una empresa de biodiésel.

4 Recursos para la producción de biodiésel

4.1 Introducción

Según su origen y tecnología de procesamiento, los recursos de biomasa para producir biodiésel se pueden dividir en 1ª, 2ª y 3ª generación. Los recursos de primera generación son *ácidos grasos*, contenidos en los lípidos sintetizados por vegetales y animales (principalmente, los aceites vegetales de las semillas y frutos oleaginosos). Los de segunda generación son *materiales lignocelulósicos* vegetales, residuales o cultivados, cuyos hidratos de carbono pueden ser transformados a alcanos de C₁₀ a C₁₂ por diversas vías tecnológicas (síntesis Fischer-Tropsch, hidrólisis seguida de reforma o isomerización e hidrotratamiento). Los de tercera generación son *cultivos de microorganismos* seleccionados o modificados para producir ciertas moléculas precursoras de biodiésel (lípidos y ácidos grasos). En este estudio el análisis del recurso se limita a biodiésel de 1ª y 2ª generación⁴.

4.2 Potencial de producción de biodiésel a partir de cultivos actuales

4.2.1 Datos históricos de superficie y producción de cultivos oleaginosos

Esta sección se basa en las estadísticas oficiales de SAGARPA, obtenidas por consultas al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Actualmente, los cultivos oleaginosos son las fuentes más importantes de ácidos grasos a nivel global. Los rendimientos industriales de los cultivos oleaginosos incluidos en este análisis se pueden encontrar en Tabla 6. Los factores de conversión de semilla a aceite son un promedio del rendimiento industrial para la tecnología de extracción por presión (salvo los casos de soja y girasol, donde se realizan dos extracciones secuenciales, la primera por presión y la segunda por disolvente orgánico).

Tabla 6. Rendimiento en aceite de cultivos oleaginosos. Fuente: REMBIO

| | Jatropha | Higuerilla | Canola | Girasol | Coco | Palma | Soja |
|---|----------|------------|---------|---------|------------|----------------------------|---------|
| Materia prima | semilla | semilla | semilla | grano | fruto seco | Racimos con frutos frescos | semilla |
| t aceite / t materia prima | 0.35 | 0.35 | 0.32 | 0.44 | 0.175 | 0.24 | 0.18 |
| m ³ aceite / t materia prima | 0.380 | 0.380 | 0.348 | 0.478 | 0.190 | 0.261 | 0.196 |

En México, el área cosechada, el rendimiento por hectárea y la producción de oleaginosos han variado mucho en el decenio 2005-2014. Se puede caracterizar un grupo de cultivos "*nuevos*" que no tienen todavía una tendencia clara, un segundo grupo de cultivos "*menores*" que permanece estancado o con

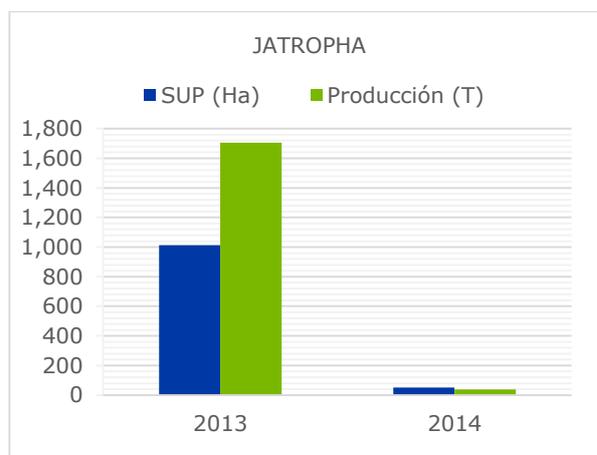
⁴ Los insumos y los procesos de producción de biodiésel de 3ª generación no se incluyeron en este estudio porque el actual grado de incertidumbre sobre sus costos y viabilidad tecnológica es muy alto; por lo mismo, no existen valores ciertos ni probables para realizar los cálculos necesarios y poder formular los escenarios de producción y precios de biodiésel de 3ª generación.

tendencia a la baja, y un tercer grupo de cultivos "dinámicos" que aumenta las áreas cultivadas, incrementa sus rendimientos, e incrementa la producción.

A seguir se resumen (dividido en los tres grupos mencionados) la superficie cosechada, la producción de semilla (o frutos, en el caso de palma y coco) y su equivalente en aceite crudo.

El grupo 1, de **cultivos "nuevos"**, está integrado por el piñón mexicano (*Jatropha curcas*) y la higuera (*Ricinus communis*). Sus aportes a la producción nacional de aceites son mínimos, y su tendencias aún indefinidas, como demostrado a continuación:

| Jatropha | | | |
|-------------------|-----------------|------------------------|-------------------------|
| AÑO | Superficie (ha) | Producción semilla (t) | Equivalente Aceite (m3) |
| 2013 | 1014 | 1705 | 648 |
| 2014 ⁵ | 50 | 37 | 14 |



| Higuerilla | | | |
|------------|-----------------|----------------|-------------------------|
| AÑO | Superficie (Ha) | Producción (t) | Equivalente Aceite (m3) |
| 2006 | 0 | 0 | 0 |
| 2007 | 5 | 1 | 0 |
| 2008 | 6 | 9 | 0 |
| 2009 | 5 | 4 | 0 |
| 2010 | 7 | 4 | 3 |
| 2011 | 5 | 4 | 1 |
| 2012 | 0 | 0 | 1 |
| 2013 | s.d. | s.d. | |
| 2013 | s.d. | s.d. | |

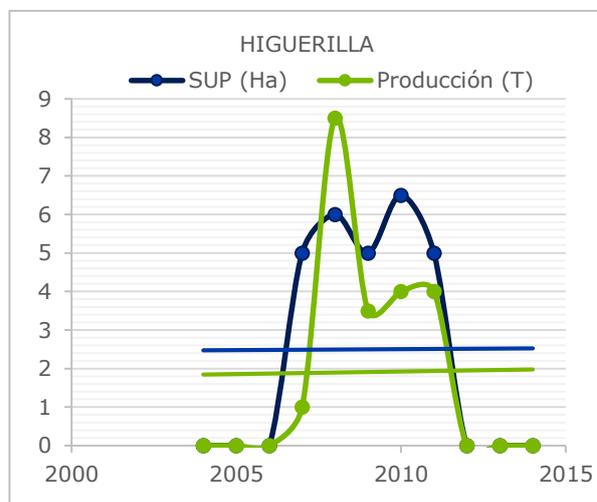
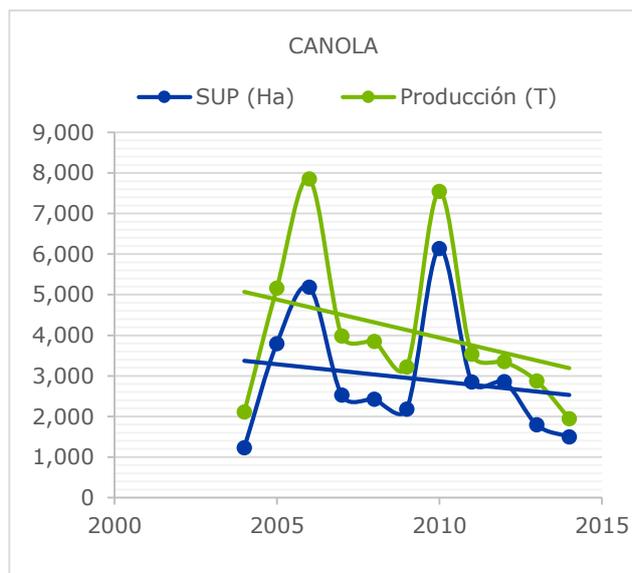


Figura 9. Tendencia decenal de los cultivos de Jatropha (arriba) e Higuerilla (abajo). Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP.

⁵ SIAP solo reportó área cosechada y producción de Jatropha en los años 2013 y 2014. En 2014 se abandonaron las plantaciones de Jatropha en Yucatán.

El grupo 2, de **cultivos "menores"**, está integrado por la canola (*Brassica rapa*) y el girasol (*Heliantus annuus*). La canola es poco importante y tanto su área cosechada como su producción decayeron en el último decenio. Sin embargo, el cultivo de girasol experimentó un aumento importante de área cultivada en el último año de la serie estadística publicada. La canola tiene bajos rendimientos y no puede competir con la semilla importada de Canadá, pero el girasol aparentemente encontró un nicho de mercado de mejores precios como especialidad.

| Canola | | | |
|-------------|-----------------|----------------|-----------------|
| AÑO | Superficie (Ha) | Producción (t) | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 1,228 | 2,105 | 800 |
| 2005 | 3,794 | 5,162 | 1,962 |
| 2006 | 5,182 | 7,849 | 2,983 |
| 2007 | 2,523 | 3,979 | 1,512 |
| 2008 | 2,422 | 3,849 | 1,462 |
| 2009 | 2,181 | 3,221 | 1,224 |
| 2010 | 6,138 | 7,544 | 2,867 |
| 2011 | 2,851 | 3,531 | 1,342 |
| 2012 | 2,857 | 3,348 | 1,272 |
| 2013 | 1,791 | 2,871 | 1,091 |
| 2014 | 1,495 | 1,946 | 739 |



| Girasol | | | |
|-------------|-----------------|----------------|----------------|
| AÑO | Superficie (Ha) | Producción (t) | Eq. Aceite (t) |
| 2004 | 90 | 232 | 111 |
| 2005 | 22 | 31 | 15 |
| 2006 | 175 | 178 | 85 |
| 2007 | 3 | 7 | 3 |
| 2008 | 4 | 5 | 3 |
| 2009 | 216 | 332 | 158 |
| 2010 | 1,879 | 3,797 | 1815 |
| 2011 | 1,850 | 2,826 | 1351 |
| 2012 | 1,280 | 1,308 | 625 |
| 2013 | 3,610 | 4,546 | 2173 |
| 2014 | 14,729 | 16,559 | 7,915 |

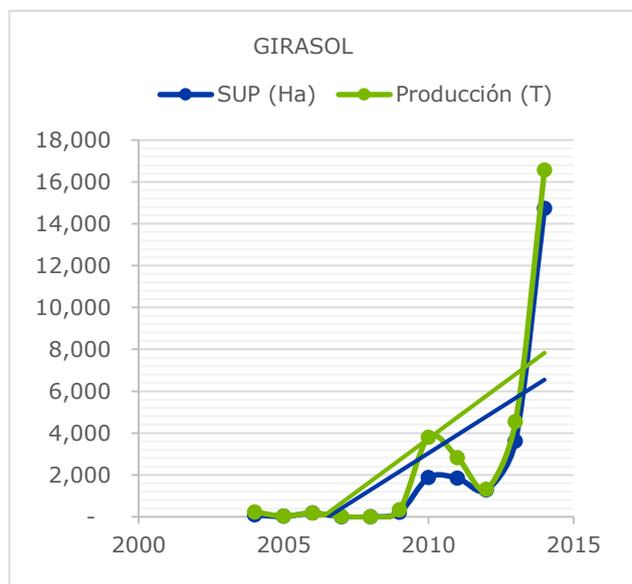


Figura 10. Tendencia decenal de los cultivos de Canola y Girasol. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP.

Por último, existe un tercer grupo de **cultivos "dinámicos"**, integrado por coco (*Cocos nucifera*), palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y soja (*Glycine max*). Estos tres cultivos tuvieron una tendencia clara de aumento del área cosechada y/o de la producción en el último decenio.

El área cosechada de coco se mantuvo relativamente constante en unas 13-14 mil hectáreas en todo el decenio, sin embargo, se registró un salto en la productividad a partir del año 2012, que probablemente sea debido a un cambio en la metodología de toma de datos a campo por parte del SIAP. Por ello, el aumento del rendimiento reportado a partir del año 2013 podría ser sólo aparente.

| Coco | | | |
|-------------|-----------------|----------------|-----------------|
| AÑO | Superficie (Ha) | Producción (t) | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 14,154 | 90,704 | 15,873 |
| 2005 | 12,980 | 106,168 | 18,579 |
| 2006 | 11,978 | 102,231 | 17,890 |
| 2007 | 13,111 | 105,390 | 18,443 |
| 2008 | 13,228 | 102,240 | 17,892 |
| 2009 | 13,154 | 100,800 | 17,640 |
| 2010 | 13,315 | 106,881 | 18,704 |
| 2011 | 13,409 | 110,867 | 19,402 |
| 2012 | 14,077 | 165,723 | 29,002 |
| 2013 | 14,099 | 189,313 | 33,130 |
| 2014 | 14,833 | 178,833 | 31,296 |

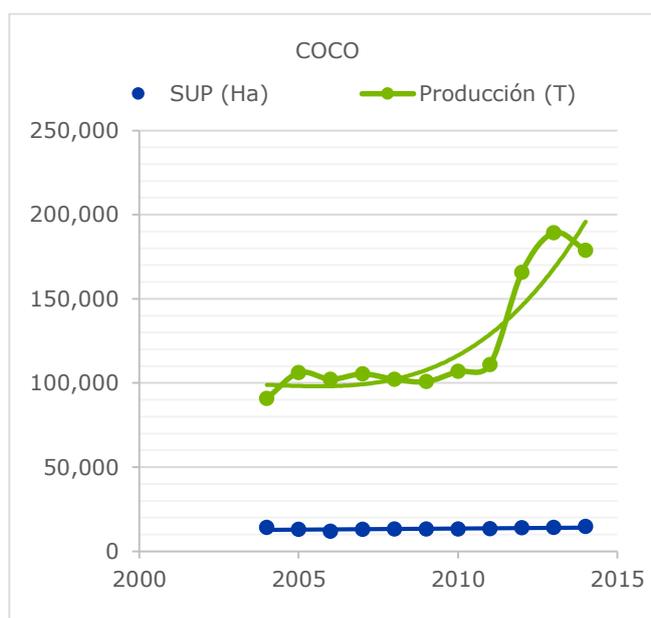


Figura 11. Tendencia decenal de los cultivos de Coco. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP.

En el caso de la palma aceitera, el aumento de la producción corresponde con el aumento del área cosechada, ya que los rendimientos se mantuvieron casi constantes.

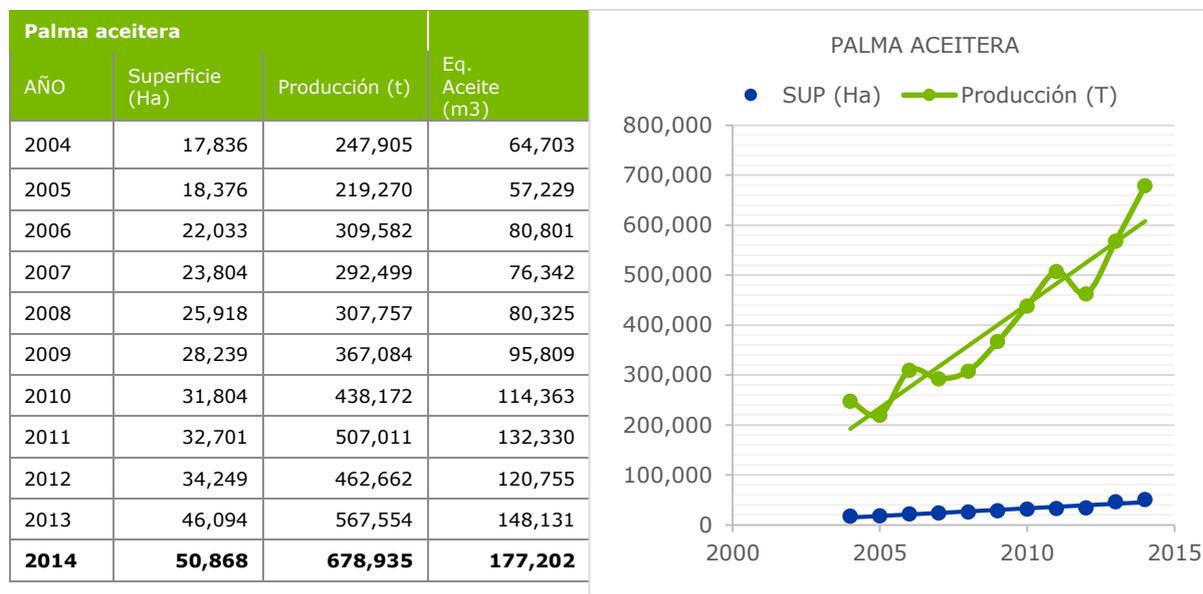


Figura 12. Tendencia decenal de los cultivos de Palma aceitera. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

En el caso de la soja, el rendimiento ha sido muy variable, pero el área cosechada y la producción tuvieron aumentos muy marcados desde el año 2008.

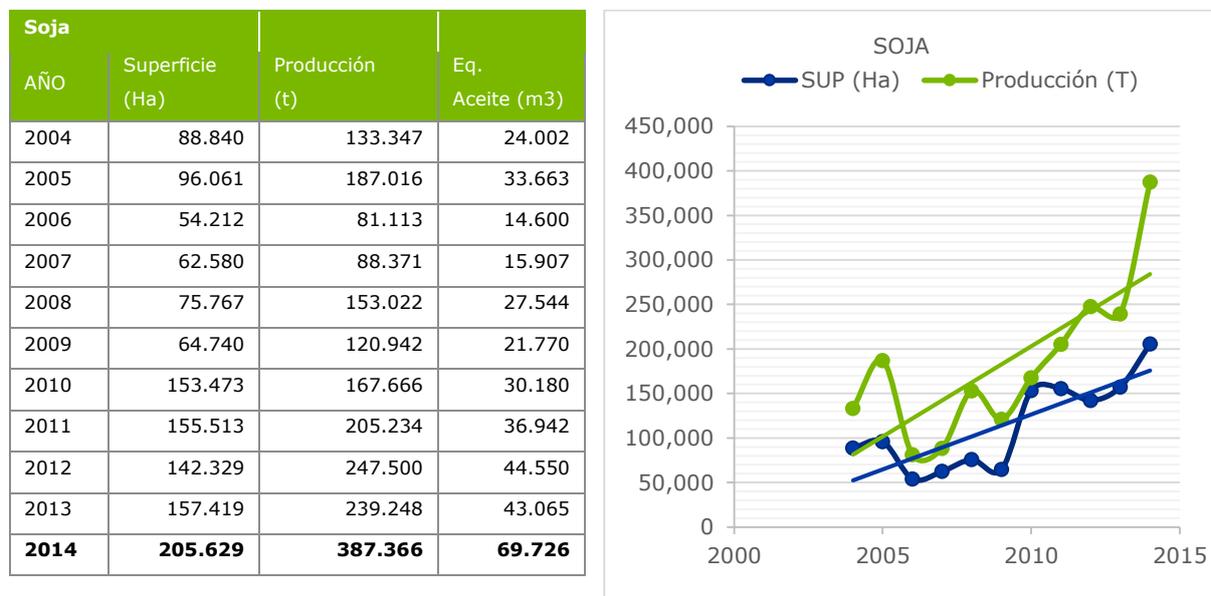


Figura 13. Tendencia decenal de los cultivos de Soja. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

4.2.2 Proyección tendencial de cultivo y producción de oleaginosas

A continuación se presentan antecedentes y proyecciones lineales del área cosechada, la producción, el rendimiento agrícola y la disponibilidad de aceite equivalente de cuatro cultivos oleaginosos (coco, girasol, palma aceitera y soja), que tienen series históricas suficientes para sustentar una extrapolación.

Las proyecciones para los años 2020 y 2030 son el producto del área cosechada (estimada por extrapolación de la tendencia 2005-2014) por el rendimiento esperado. Se asumió también que los rendimientos agrícolas aumentarán en forma moderada.

| Coco | | | | |
|-------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| AÑO | SUP (Ha) | Producción (t) | REND (t/Ha) | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 14,154 | 90,704 | 6.4 | |
| 2005 | 12,980 | 106,168 | 8.2 | |
| 2006 | 11,978 | 102,231 | 8.5 | |
| 2007 | 13,111 | 105,390 | 8.0 | |
| 2008 | 13,228 | 102,240 | 7.7 | |
| 2009 | 13,154 | 100,800 | 7.7 | |
| 2010 | 13,315 | 106,881 | 8.0 | |
| 2011 | 13,409 | 110,867 | 8.3 | |
| 2012 | 14,077 | 165,723 | 11.8 | |
| 2013 | 14,099 | 189,313 | 13.4 | |
| 2014 | 14,833 | 178,833 | 12.1 | 33,978 |
| 2020 | 15,000 | 180,000 | 12.0 | 34,200 |
| 2030 | 16,000 | 224,000 | 14.0 | 42,560 |

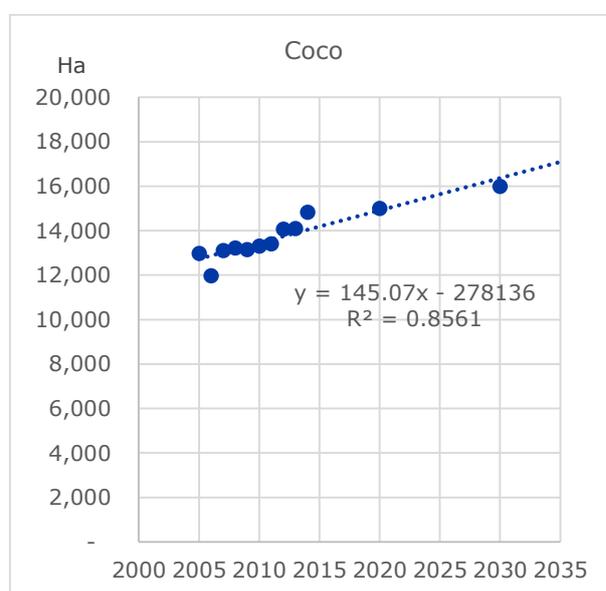


Figura 14. Tendencia y proyección tendencial de cultivo de Coco a 2030. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP.

| Girasol | | | | |
|-------------|---------------|----------------|-------------|-----------------|
| AÑO | SUP (Ha) | Producción (t) | REND (t/Ha) | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 90 | 232 | 2.6 | |
| 2005 | 22 | 31 | 1.4 | |
| 2006 | 175 | 178 | 1.0 | |
| 2007 | 3 | 7 | 2.3 | |
| 2008 | 4 | 5 | 1.3 | |
| 2009 | 216 | 332 | 1.5 | |
| 2010 | 1,879 | 3,797 | 2.0 | |
| 2011 | 1,850 | 2,826 | 1.5 | |
| 2012 | 1,280 | 1,308 | 1.0 | |
| 2013 | 3,610 | 4,546 | 1.1 | |
| 2014 | 14,729 | 16,559 | 1.5 | 7,915 |
| 2020 | 15,000 | 22,500 | 1.7 | 10,755 |
| 2030 | 23,000 | 39,100 | 2.6 | 17,204 |

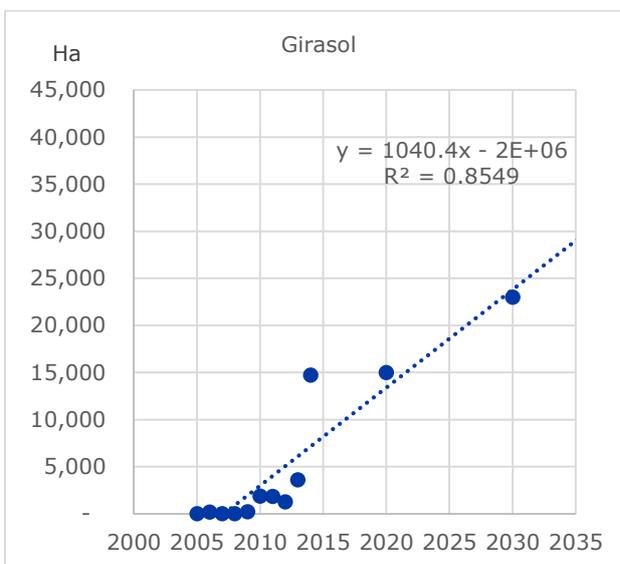


Figura 15. Tendencia y proyección tendencial de cultivo de Girasol a 2030. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

| Palma Aceitera | | | | |
|----------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
| AÑO | SUP (Ha) | Producción (t) | REND (t/Ha) | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 17,836 | 247,905 | 13.9 | |
| 2005 | 18,376 | 219,270 | 11.9 | |
| 2006 | 22,033 | 309,582 | 14.1 | |
| 2007 | 23,804 | 292,499 | 12.3 | |
| 2008 | 25,918 | 307,757 | 11.9 | |
| 2009 | 28,239 | 367,084 | 13.0 | |
| 2010 | 31,804 | 438,172 | 13.8 | |
| 2011 | 32,701 | 507,011 | 15.5 | |
| 2012 | 34,249 | 462,662 | 13.5 | |
| 2013 | 46,094 | 567,554 | 12.3 | |
| 2014 | 50,868 | 678,935 | 13.3 | 177,202 |
| 2020 | 65,000 | 910,000 | 14.0 | 237,510 |
| 2030 | 95,000 | 1,425,000 | 15.0 | 371,925 |

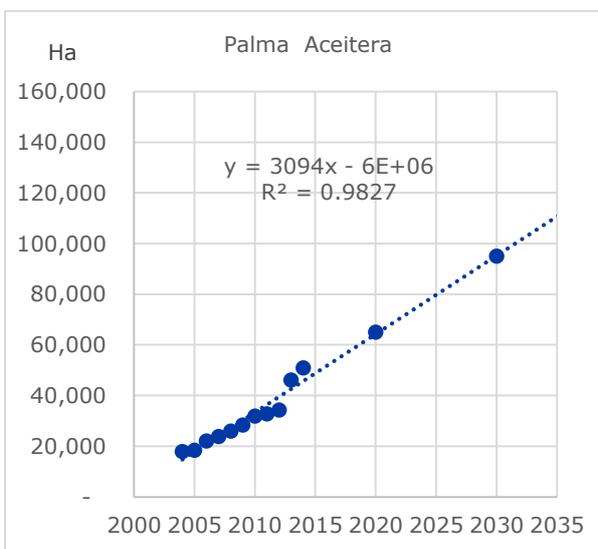


Figura 16. Tendencia y proyección tendencial de cultivo de Palma aceitera a 2030. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

| Soja | | | | |
|-------------|----------------|----------------|------------|-----------------|
| AÑO | SUP (Ha) | Producción (t) | REND t/Ha | Eq. Aceite (m3) |
| 2004 | 88,840 | 133,347 | 1.5 | |
| 2005 | 96,061 | 187,016 | 1.9 | |
| 2006 | 54,212 | 81,113 | 1.5 | |
| 2007 | 62,580 | 88,371 | 1.4 | |
| 2008 | 75,767 | 153,022 | 2.0 | |
| 2009 | 64,740 | 120,942 | 1.9 | |
| 2010 | 153,473 | 167,666 | 1.1 | |
| 2011 | 155,513 | 205,234 | 1.3 | |
| 2012 | 142,329 | 247,500 | 1.7 | |
| 2013 | 157,419 | 239,248 | 1.5 | |
| 2014 | 205,629 | 387,366 | 1.9 | 75,924 |
| 2020 | 250,000 | 500,000 | 2.0 | 98,000 |
| 2030 | 370,000 | 888,000 | 2.4 | 174,048 |

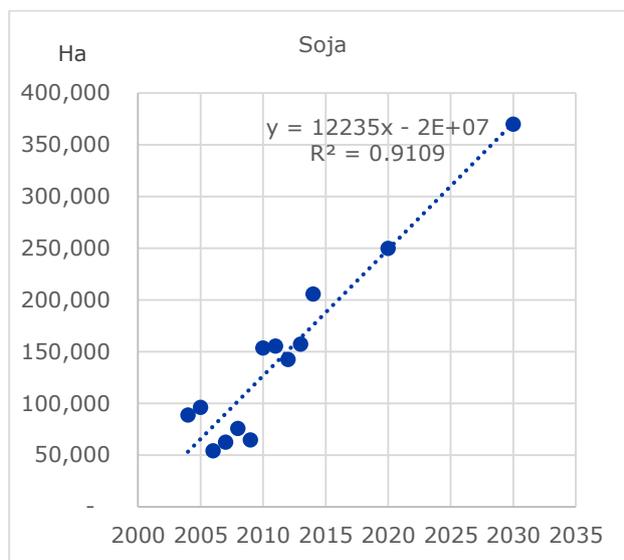


Figura 17. Tendencia y proyección tendencial de cultivo de Soja a 2030. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

El resumen de las proyecciones obtenidas por extrapolación de las tendencias históricas se presenta a continuación. En cuanto a las áreas de cultivo, se proyectan aumentos importantes en soja y palma, pero muy modestos en girasol y coco. En cuanto a la producción de aceites, la mayor proyección de crecimiento corresponde al aceite de palma, seguido del de soja. Los potenciales de crecimiento de la producción de aceites de coco y de girasol son mucho menores.

La Tabla 7 muestra las proyecciones de la superficie cosechada con oleaginosas en México y la correspondiente producción de aceites vegetales.

Tabla 7. Punto de partida (año 2014) y proyecciones de superficie cosechada y producción de aceite. Fuente: REMBIO en base a datos de SIAP

| | Coco | Girasol | Palma | Soja | Total de 4 cultivos |
|-------------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------------------|
| Superficies Cultivadas (Ha) | | | | | |
| 2014 (año base) | 14.833 | 14.729 | 50.868 | 205.629 | 286.059 |
| 2020 | 15.000 | 15.000 | 65.000 | 250.000 | 345.000 |
| 2030 | 16.000 | 23.000 | 95.000 | 370.000 | 504.000 |
| Producción de Aceites (m3/a) | | | | | |
| 2014 (año base) | 33,978 | 7,915 | 177,202 | 75,924 | 295,019 |
| 2020 | 34,200 | 10,755 | 237,510 | 98,000 | 380,465 |
| 2030 | 42,560 | 18,690 | 371,925 | 174,048 | 607,223 |

Como detallado en la Tabla 7, en un escenario “Business As Usual” (BAU) que proyecta las tendencias del último decenio para superficies cultivadas y rendimientos de cuatro oleaginosas principales (coco, girasol, palma y soja), se estima que en México la producción de oleaginosas podría evolucionar como sigue:

- 295,019 m³ equivalentes de aceite en 2014 (año base de la proyección);
- 380,465 m³ equivalentes de aceite en 2020;
- 607,223 m³ equivalentes de aceite en 2030.

En caso de continuar la tendencia actual, al año 2030 la producción de aceites vegetales con materias primas nacionales podría alcanzar en torno a una sexta parte de la demanda nacional para fines alimenticios e industriales. La mayor parte de estos aceites (casi el 90%) se obtendría de palma y soja.

4.3 Potencial de producción de biodiésel a partir de la expansión de cultivos actuales

La expansión de cultivos de oleaginosas (palma, coco, soja, girasol, higuera, jatropha) destinados específicamente a la producción de aceites para biodiesel es una opción que se analiza en esta sección. Se asume que los terrenos donde se expandirán los cultivos están actualmente ocupados por pastizales, en base a los lineamientos de la LPDB y su decreto reglamentario.

El potencial para establecer nuevas áreas se obtuvo como un resultado de los análisis realizados con un Sistema de Información Geográfica (SIG) específico, cuya metodología se explica en detalle en el Anexo I. El área total de pastizales es de unos 13 millones de hectáreas y se representa en la Figura 18.

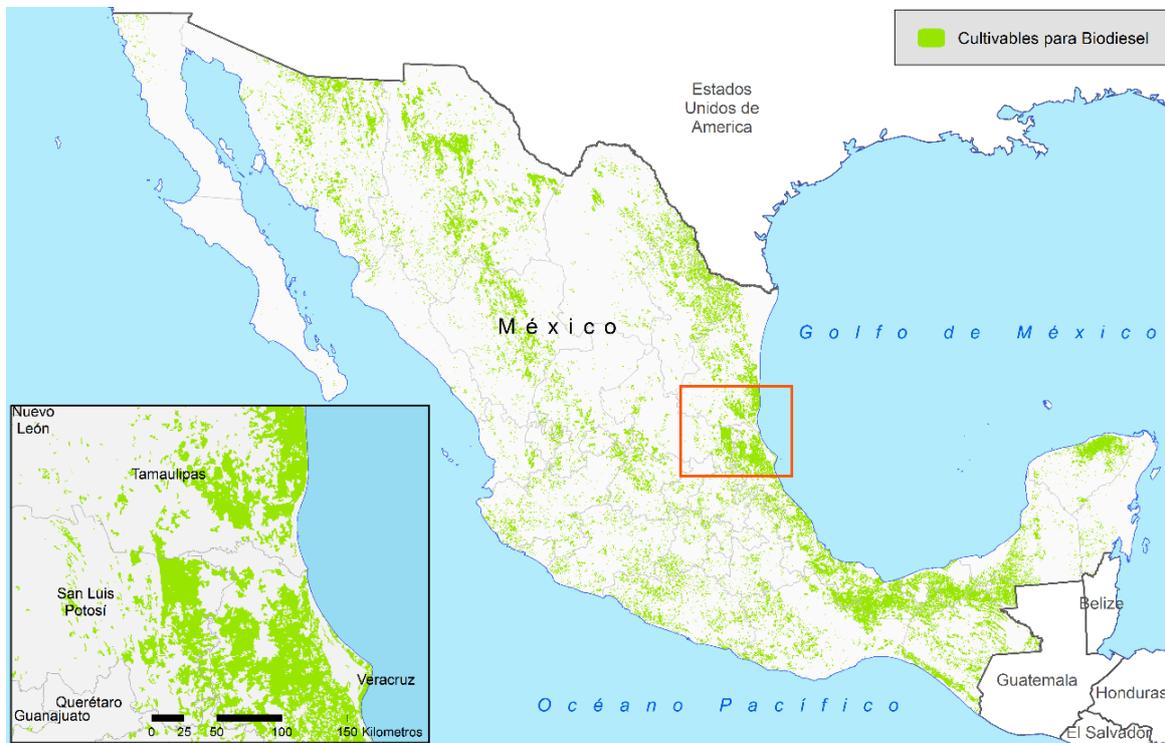


Figura 18. Áreas aptas para la expansión de cultivos oleaginosos. Fuente: REMBIO (2016), con datos de INEGI serie 5.

Con el SIG se calculó la superficie, la producción de semilla y aceite equivalente y los costos totales y unitarios en 1496 grupos de polígonos⁶ con cobertura actual de pastizales, para los seis cultivos analizados (palma, coco, soja, girasol, higuera, jatropha).

⁶ Unidad menor de análisis en un Sistema de Información Geográfica basado en archivos vectoriales, representando una fracción de la superficie terrestre.

Se obtuvieron 908 grupos de polígonos con aptitud ambiental para establecer cultivos oleaginosos, y se asignó a cada uno el cultivo viable de menor costo unitario, obteniendo un rango útil de costos de producción de 5.19 a 29.76 \$MN/L de aceite equivalente (de 5,190 a 29,760 \$MN/m³ de aceite equivalente). Se obtuvo así una base de datos de polígonos de costos crecientes, que se dividió en 5 "clases de costo" (hasta 10\$MN/L; 10 a 15\$MN/L; 15-20 \$MN/L; 20 a 25 \$MN/L; 20-25 \$MN/L).

En la Tabla 8 se presenta la superficie, producción de aceite por clase de costo y cultivo y costo por volumen de aceite contenido en la materia prima.

Tabla 8 Potencial de expansión, producción y costos de cultivos oleaginosos para biodiésel. Fuente: REMBIO.

| Clase de Costo | CULTIVO | Superficie (ha) | Producción aceite (m3) | Costo (\$MN/a) | Costo Unitario \$MN/m3 aceite |
|-----------------------|------------|------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Coco | 525,565 | 1,363,419 | 8,327,789,484 | \$6,108 |
| | Palma | 522,799 | 1,579,543 | 10,049,816,430 | \$6,362 |
| | Soja | 827,428 | 306,512 | 2,077,177,599 | \$6,776 |
| 5 a 10 \$MN/L | | 1,875,791 | 3,249,474 | 20,454,783,513 | \$6,294 |
| | Soja | 892,608 | 279,535 | \$3,321,832,391 | \$11,883 |
| | Palma | 635,021 | 701,856 | \$8,382,801,890 | \$11,943 |
| | Coco | 121,115 | 153,909 | \$2,112,791,938 | \$13,727 |
| 10 a 15 \$MN/L | | 1,648,743 | 1,135,301 | \$13,817,426,219 | \$12,170 |
| | Coco | 21,143 | 21,937 | \$374,782,383 | \$17,084 |
| | Palma | 393,096 | 266,780 | \$4,662,142,742 | \$17,475 |
| | Soja | 41,850 | 11,074 | \$198,725,298 | \$17,945 |
| | Girasol | 270,708 | 209,625 | \$3,865,650,894 | \$18,440 |
| 15 a 20 \$MN/L | | 726,797 | 509,415 | \$9,101,301,317 | \$17,866 |
| | Soja | 23,574 | 5,781 | \$121,600,355 | \$21,034 |
| | Coco | 86,308 | 71,513 | \$1,551,718,206 | \$21,698 |
| | Palma | 49,685 | 25,237 | \$562,605,057 | \$22,292 |
| | Higuerilla | 333,162 | 109,909 | \$2,572,591,632 | \$23,406 |
| | Girasol | 2,056 | 1,239 | \$29,743,973 | \$24,014 |
| 20 a 25\$MN/L | | 494,785 | 213,678 | \$4,838,259,223 | \$22,642 |
| | Higuerilla | 124,213 | 35,123 | \$938,493,357 | \$26,720 |
| | Coco | 2,554 | 1,703 | \$46,420,233 | \$27,251 |
| | Palma | 201,234 | 79,555 | \$2,207,447,706 | \$27,747 |
| | Girasol | 30,995 | 16,001 | \$451,133,931 | \$28,194 |
| | Soja | 272,992 | 56,448 | \$1,630,110,367 | \$28,878 |
| 25 a 30 \$MN/L | | 631,988 | 188,830 | \$5,273,605,594 | \$27,927 |

El cultivo de jatropha no recibió asignación de tierras, porque en todos los polígonos hubo algún otro cultivo con mayor productividad, con menor costo, o con una combinación de ambos.

El potencial de producción de aceite resultante del análisis con el SIG se organizó en las cinco clases de costo definidas anteriormente. Los resultados de potencial, tanto en hectáreas ocupadas como en m³ de aceite/año se sintetizan en la Figura 19:



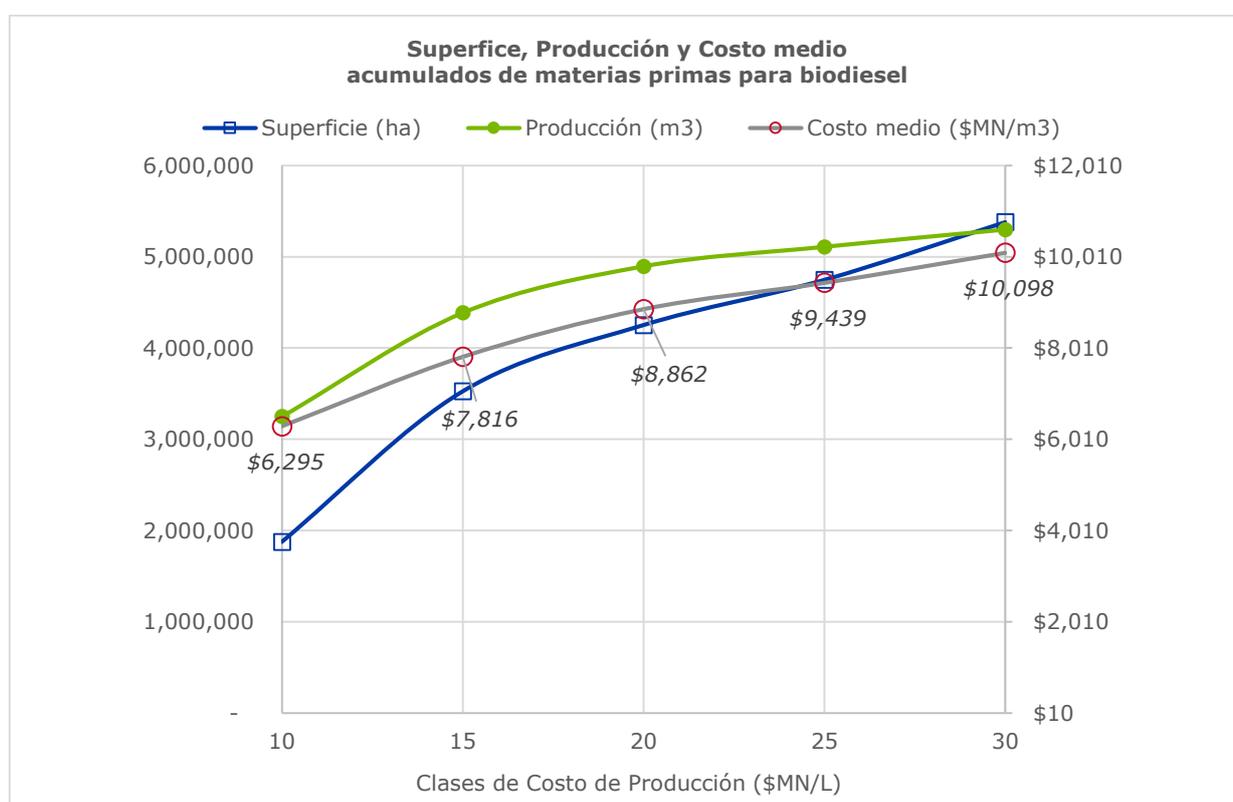
Figura 19. Producción potencial y superficie ocupada por clases de costo de cultivos oleaginosos.

En la Tabla 9 y Figura 20 se presentan los valores acumulados, obtenidos al sumar las clases de costos crecientes, y los costos medios que resultan de los incrementos sucesivos del área cultivada para obtener materias primas oleaginosas. Vale resaltar que estos son los costos de la fase agrícola del proceso de producción, que no incluyen el transporte de la cosecha a las plantas de extracción de aceite, ni su transformación a biodiésel, pero si consideran la recuperación de costos por venta de coproductos.

Tabla 9 Valores acumulados de superficie, producción y costos derivados de la expansión de cultivos para biodiésel

| Clases de costo unitario (\$MN/L) | Superficie (ha) | Producción (m ³ /a) | Costo (\$MN/a) | Costo medio (\$MN/m ³) |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|------------------|------------------------------------|
| De 5 a 10 | 1,875,791 | 3,249,474 | \$20,454,783,513 | \$6,295 |
| De 10 a 15 | 3,524,534 | 4,384,774 | \$34,272,209,732 | \$7,816 |
| De 15 a 20 | 4,251,331 | 4,894,189 | \$43,373,511,049 | \$8,862 |
| De 20 a 25 | 4,746,116 | 5,107,868 | \$48,211,770,272 | \$9,439 |
| De 25 a 30 | 5,378,104 | 5,296,697 | \$53,485,375,866 | \$10,098 |

En la Figura 20 se observa que la superficie ocupada de cultivos potenciales de oleaginosas crecería más rápidamente que la producción, y que ésta aumentaría muy poco por encima de los 5 millones de m³ de aceite/año, cuando el costo unitario promedio pasa de los 8,862 \$MN/m³ de aceite. A partir de este punto de inflexión, la superficie y los costos aumentan mucho más rápidamente que la producción.


Figura 20. Etapas y costos de la expansión de cultivos oleaginosos para biodiésel. Fuente: REMBIO

Las tierras aptas para la expansión de cultivos de oleaginosas con costos de producción agrícolas menores a 30,000 \$MN/m³ de aceite equivalente se muestran en la Figura 21 donde se aprecia que son una fracción pequeña de las tierras totales de pastizal, y que además se concentran en las regiones de mayor precipitación y con temperaturas más altas del país.

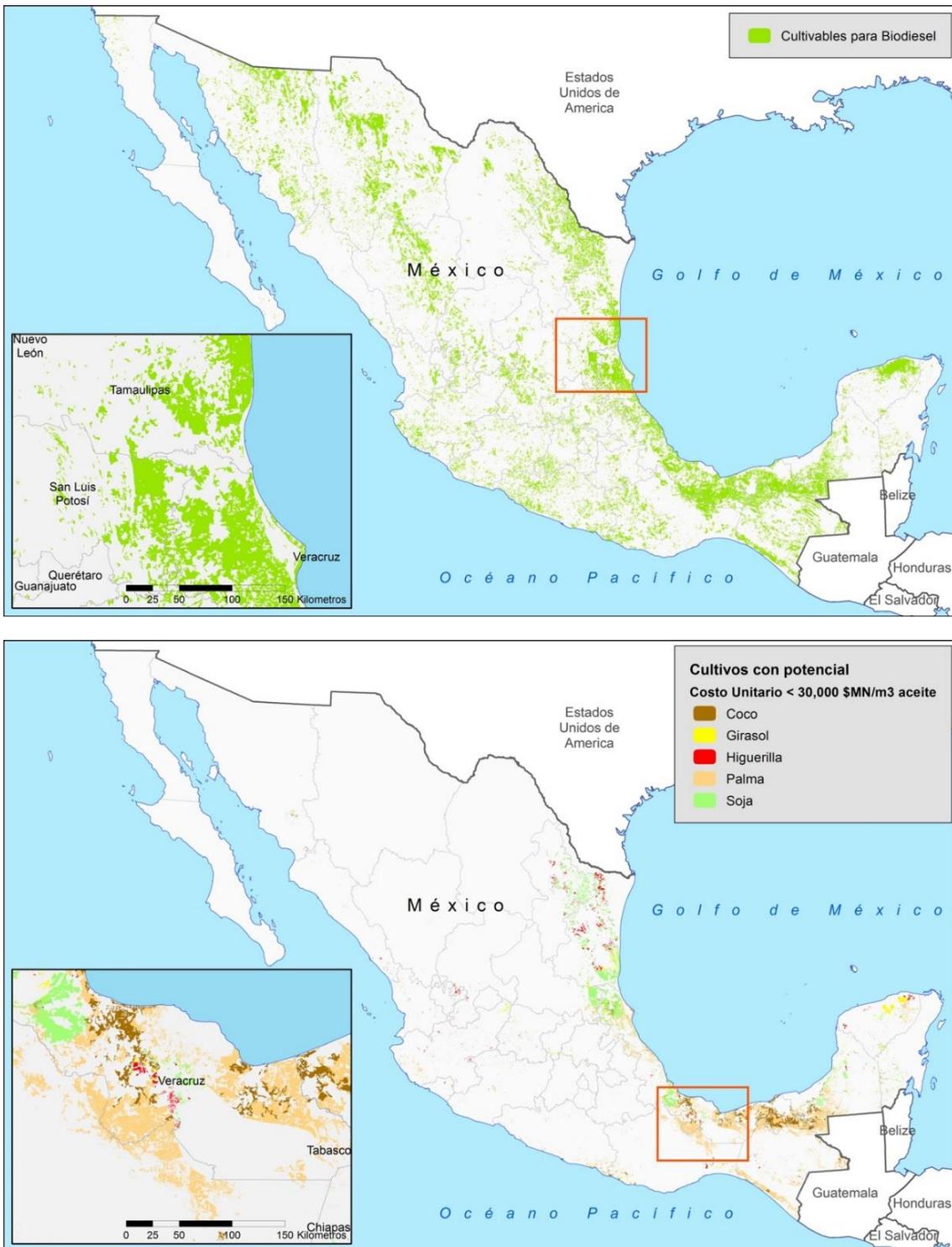


Figura 21. Superficie de pastizales en México (arriba) y aquellos aptos para expansión de cultivos de oleaginosas (abajo). Fuente: REMBIO, con datos de INEGI

El cálculo de los costos de producción para cada tipo de cultivo oleaginoso se detalla en Tabla 10 y Tabla 11. Los datos de costos provienen de varias fuentes oficiales, convertidos a valores del año 2014 según la tasa de cambio promedio de \$MN a USD del año de referencia en cada caso. Estos se introdujeron al SIG para calcular los costos equivalentes de aceite en cada polígono. Los polígonos donde el costo de producción calculado superó a 30,000 \$MN/m³ de aceite equivalente no se incluyeron en la Tabla 8 de resultados, pero se conservan en la base de datos del sistema de información geográfica.

Vale resaltar que éstos son los costos de la fase agrícola del proceso de producción, que no incluyen el transporte de la cosecha a las plantas ni el costo de extracción de aceite. Los costos se expresan en \$MN por litro de aceite extraíble, considerando la recuperación de costos por venta de los coproductos de la extracción de aceites.

Tabla 10 Componentes de costo de producción de materias primas para aceites (\$MN de 2014). Fuente: REMBIO, compilado a partir de diversas, mostradas en encabezado

| | | Palma | Coco | Soja | Girasol | Jatropha | Higuerilla |
|----------------------------------|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Fuente | | INIFAP, 2011 | INIFAP, 2011 | FUPRO Camp, 2013 | FIRA, 2014 | SAGARPA, 2015 | SAGARPA, 2015 |
| Año Base | | 2010 | 2010 | 2013 | 2014 | 2014 | 2014 |
| ESTABLECIMIENTO | \$/ha | \$37,435.00 | \$77,527.00 | \$8,128.80 | \$13,106.00 | \$19,278.00 | \$6,629.00 |
| Vida Útil | años | 30 | 30 | 1 | 1 | 10 | 1 |
| Amortización del Establecimiento | \$/ha/a | \$1,247.83 | \$2,584.23 | \$8,128.80 | \$13,106.00 | \$1,927.80 | \$6,629.00 |
| MANTENIMIENTO | \$/ha/a | \$6,586.00 | \$14,733.50 | * | * | \$12,578.00 | * |
| RENTA DEL SUELO | \$/ha/a | \$1,400.00 | \$700.00 | \$1,800.00 | \$2,000.00 | \$700.00 | \$1000.00 |
| Subtotal Costos FIJOS | \$/ha/a | \$9,233.83 | \$18,017.73 | \$9,928.80 | \$28,213.00 | \$15,205.80 | \$14,259.00 |
| Factor actualización a 2014 | | 1.053 | 1.053 | 1.042 | 1.000 | 1.000 | 0.838 |
| Costos Fijos a 2014 | \$/ha/a | \$9,727.00 | \$18,980.04 | \$10,343.70 | \$28,213.00 | \$15,205.80 | \$11,944.46 |

Tabla 11 Costos finales de producción de materias primas para aceites (\$MN de 2014). Fuente: REMBIO

| CULTIVO | | Palma | Coco | Soja | Girasol | Jatropha | Higuerilla |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| COSTOS FIJOS | \$/ha | \$9,727 | \$18,980 | \$10,344 | \$28,213 | \$12,794 | \$11,944 |
| Cosecha y acarreo | \$/t | \$832 | \$182 | \$850 | \$750 | \$2,412 | \$1,600 |
| Rendimientos | | | | | | | |
| Rendimiento Alto | t/Ha | 14.0 | 13.1 | 1.9 | 2.2 | 0.8 | 1.2 |
| Rendimiento Medio | t/Ha | 11.9 | 10.3 | 1.5 | 1.5 | 0.6 | 0.9 |
| Rendimiento Bajo | t/ha | 7.0 | 6.6 | 0.9 | 1.1 | 0.4 | 0.6 |
| Costos Brutos | | | | | | | |
| Costo Bruto, rendimiento ALTO | \$/MN/Ha | \$21,374 | \$21,370 | \$11,951 | \$29,833 | \$14,707 | \$13,888 |
| Costo Bruto, rendimiento MEDIO | \$/MN/Ha | \$19,665 | \$20,847 | \$11,637 | \$29,367 | \$14,171 | \$13,405 |
| Costo Bruto, rendimiento BAJO | \$/MN/Ha | \$15,550 | \$20,175 | \$11,147 | \$29,023 | \$13,750 | \$12,916 |
| Ingresos por coproducto | | | | | | | |
| Ingreso por coproducto R. ALTO | \$/t | \$784 | \$5,534 | \$9,531 | \$2,722 | s.d. | s.d. |
| Ingreso por coproducto R. MEDIO | \$/t | \$669 | \$4,322 | \$7,671 | \$1,939 | s.d. | s.d. |
| Ingreso por coproducto R. BAJO | \$/t | \$392 | \$2,767 | \$4,765 | \$1,361 | s.d. | s.d. |
| Costo neto | | | | | | | |
| Costo neto R. ALTO | \$/Ha | \$20,590 | \$15,836 | \$2,420 | \$27,111 | \$14,707 | \$13,888 |
| Costo neto R. MEDIO | \$/Ha | \$18,996 | \$16,524 | \$3,967 | \$27,428 | \$14,171 | \$13,405 |
| Costo neto R. BAJO | \$/Ha | \$15,158 | \$17,408 | \$6,382 | \$27,662 | \$13,750 | \$12,916 |
| Producción aceite | | | | | | | |
| Producción aceite R. ALTO | m3/ha | 3.654 | 2.496 | 0.359 | 1.032 | 0.301 | 0.462 |
| Producción aceite R. MEDIO | m3/ha | 3.118 | 1.950 | 0.289 | 0.736 | 0.217 | 0.347 |
| Producción aceite R. BAJO | m3/ha | 1.827 | 1.248 | 0.180 | 0.516 | 0.151 | 0.231 |
| Costo Final | | | | | | | |
| Costo final aceite eq. R Alto | \$/MN/m3 | \$5,635 | \$6,343 | \$6,737 | \$26,259 | \$48,804 | \$30,081 |
| Costo final aceite eq. R Medio | \$/MN/m3 | \$6,093 | \$8,474 | \$13,716 | \$37,285 | \$65,310 | \$38,639 |
| Costo final aceite eq. R Bajo | \$/MN/m3 | \$8,297 | \$13,946 | \$35,526 | \$53,584 | \$91,260 | \$55,952 |

La Figura 22 muestra el efecto de la reducción de rendimientos sobre los costos de producción de materias primas oleaginosas, y justifica el criterio de no considerar como terrenos aptos para los cultivos de oleaginosas a aquellos que tienen un rendimiento estimado menor al 50% del máximo rendimiento potencial del cultivo. Solo en el caso de la palma de aceite se mantiene un costo inferior a los 10.00 \$MN/L de aceite equivalente en todo el rango de rendimiento potencial.

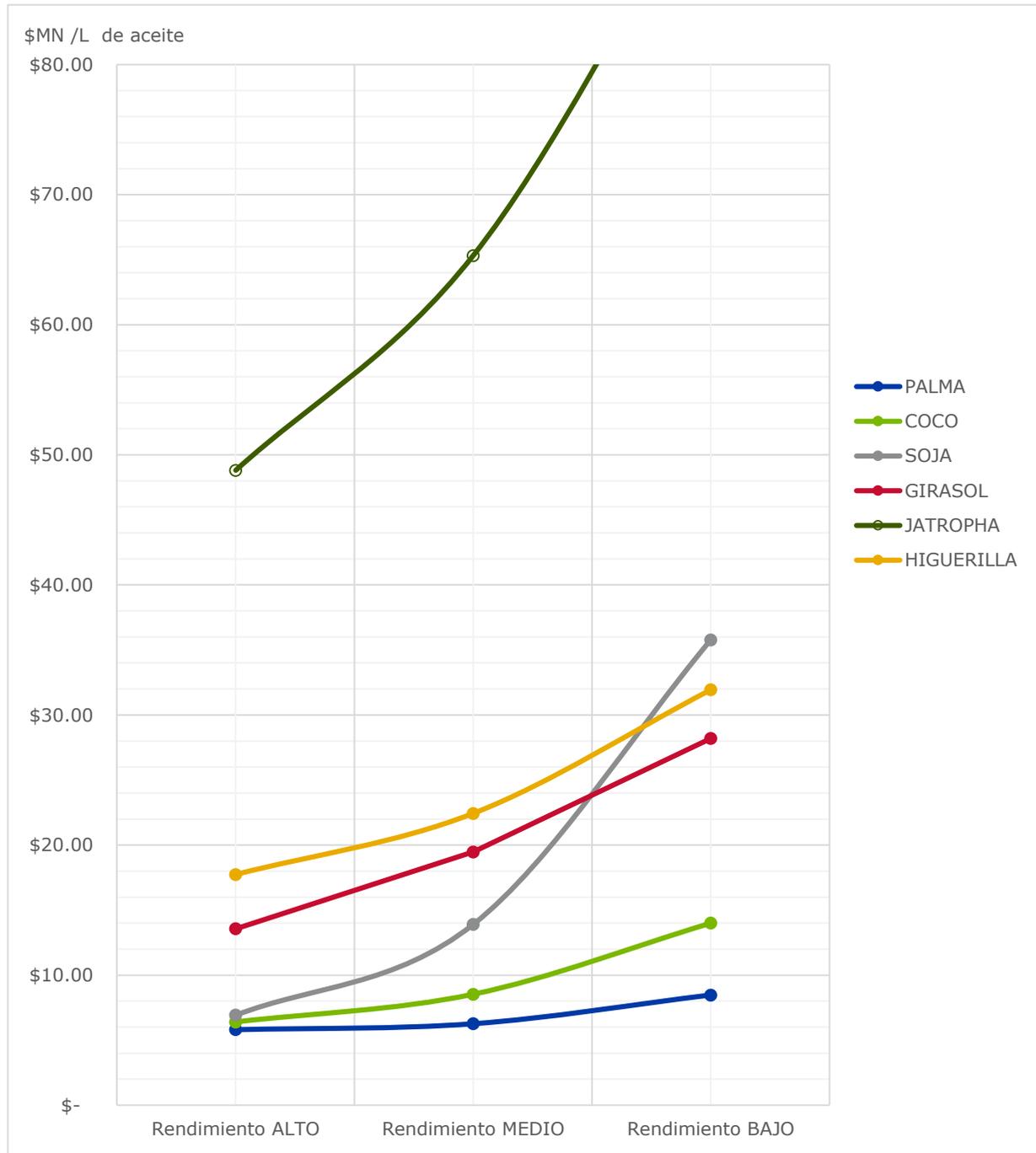


Figura 22. Relación entre costos y rendimiento agrícola. Fuente: REMBIO

4.4 Potencial de producción de biodiésel de aceites usados

Para estimar el potencial de recuperación de aceites de cocina usados para convertir a biodiésel se utilizaron dos hipótesis: baja recuperación (10% del consumo aparente) y alta recuperación (30% del consumo nacional de aceites vegetales en 2014). Los volúmenes recuperables se estiman en 120,546 m³/a y 361,639 m³/a, respectivamente (año base 2015).

En ambas hipótesis se incluyeron los municipios con población urbana de 100 mil a 499 mil habitantes (160 casos), de 500 mil a 999 mil habitantes (31 casos) y más de un millón de habitantes (11 casos), donde se considera que es viable establecer sistemas de recolección de aceites de cocina usados. En el anexo I, apartado A.2 se presentan los datos detallados.

4.5 Potencial de producción de biodiésel de grasas animales

Para la producción de biodiésel a partir de grasas animales se pueden utilizar –entre otras– la grasa de pollo, el sebo de res (grasa bovina) y las grasas de cerdo. Estas materias grasas se obtienen en los rastros, como coproductos del sacrificio de animales, y también en plantas que reprocessan grasas de carnicería.

Según datos de SIAP el número de cabezas sacrificadas en los rastros de México aumentó del año 2002 al año 2012, para estabilizarse o declinar en 2013 y 2014 (Figura 23 y Figura 24).

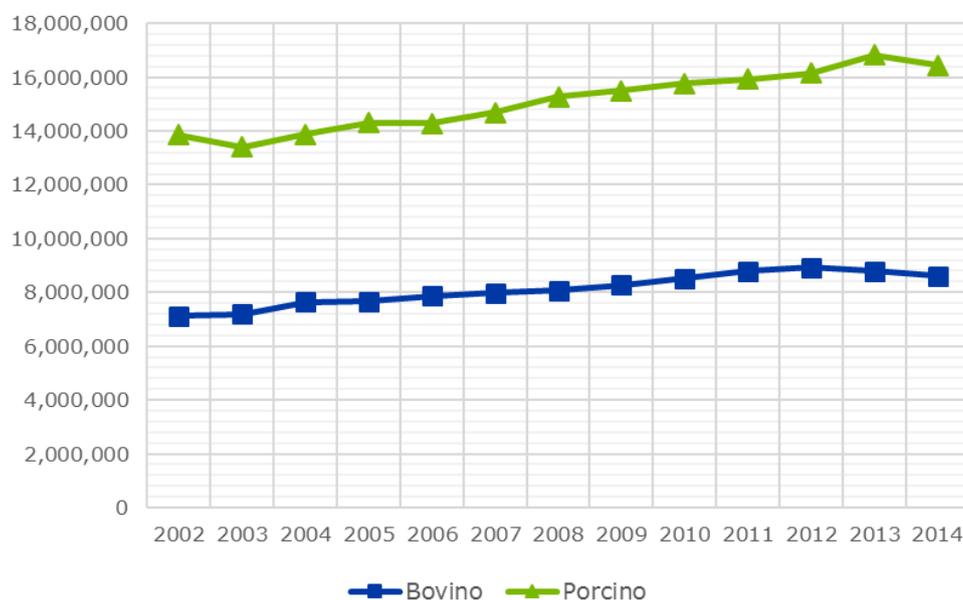


Figura 23. Sacrificio de ganado bovino y porcino en México (cabezas). Fuente: SIAP

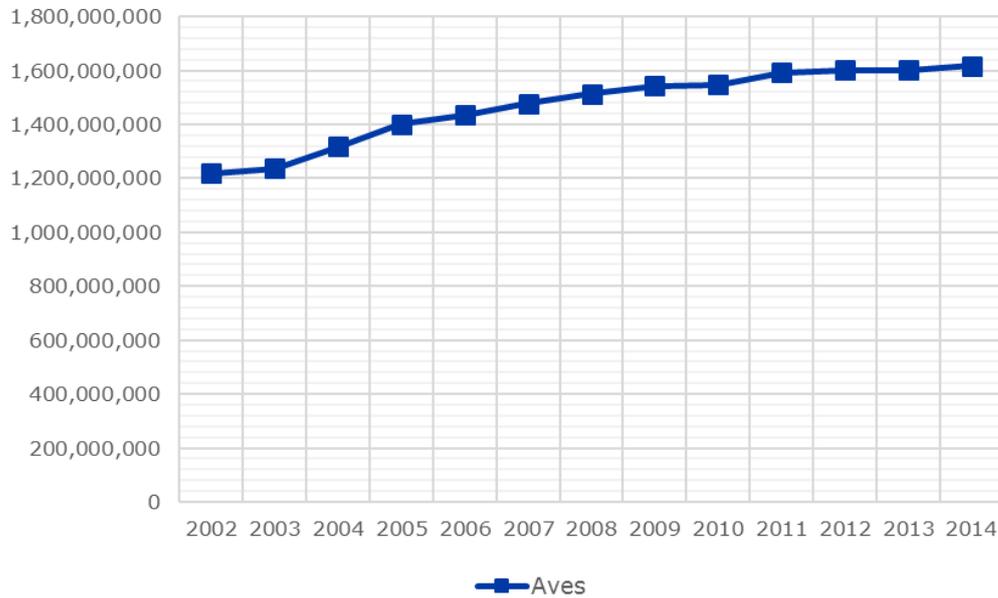


Figura 24. Sacrificio de aves (pollos y gallinas) en México. Fuente: SIAP

La Tabla 12 resume los niveles máximo y mínimo de producción de grasas animales, para el año 2014, estimados a partir de los datos de INEGI. Si todas las grasas animales primarias obtenidas en México se transformaran en biodiésel, sería posible obtener entre 158 mil y 194 mil m³/a. Sin embargo, debe notarse que existen otras demandas de grasas animales primarias, que son muy utilizadas por las industrias de jabones, alimentos, aditivos de panadería, comida para mascotas, pieles, entre otras.

Tabla 12. Potencial técnico de grasas animales para biodiésel. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP.

| | Animales sacrificados cabezas/año * | Kg grasa /cabeza a MIN | Kg grasa /cabeza a MAX | Prod. grasas kg/año MIN | Prod. grasas kg/año MAX | Equivalent e Biodiésel MIN m ³ /a * | Equivalent e Biodiésel MAX m ³ /a * |
|--------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|--|--|
| Bovinos | 8,604,999 | 5.1 | 8.0 | 43,885,495 | 68,839,992 | 39,497 | 61,956 |
| Porcinos | 16,431,769 | 4.5 | 4.87 | 73,942,961 | 80,022,715 | 66,549 | 72,020 |
| Aves | 1,616,147,968 | 0.036 | 0.041 | 58,181,327 | 66,262,067 | 52,363 | 59,636 |
| Total | | | | | | 158,409 | 193,612 |

*Asume una conversión de 0.9 litro de biodiésel por 1 kg de grasa animal

4.6 Potencial técnico conjunto de aceites de cocina usados y grasas animales para biodiésel

El potencial técnico de obtención de aceites de cocina usados y grasas animales para biodiésel se resume en la Tabla 13.

Este potencial es meramente teórico, ya que existen actualmente usos concurrentes para muchas de estas fuentes de materias grasas, y en muchos casos la capacidad y disposición al pago de los usuarios concurrentes sería más alta que la de los potenciales usuarios de biodiésel. Este es el caso de las grasas animales, que tienen alta demanda como insumos para jabonería, aditivos alimenticios, alimentos para mascotas y otros usos finales. Aunque los aceites de cocina usados tienen pocos usos alternativos, algunos autores sostienen que existe un circuito informal de recolección, con operadores que filtran, decoloran y envasan el aceite reciclado para venderlo como aceite comestible.

Tabla 13. Potenciales técnicos de recuperación de grasas animales y aceites de cocina usados en 2015. Fuente: REMBIO, con datos de SIAP e INEGI

| ORIGEN | BAJO (m ³ /a) | ALTO (m ³ /a) |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Grasa de Bovinos | 39,497 | 61,956 |
| Grasa de Porcinos | 66,549 | 72,020 |
| Grasa de Aves | 52,363 | 59,636 |
| Aceites de cocina usados | 120,546 | 361,639 |
| Total | 278,955 | 555,251 |

4.7 Potencial de residuos agrícolas

Los residuos agrícolas, o esquilmos, son las partes de los vegetales –generalmente tallos y hojas- que no se retiran del campo de cultivo durante la cosecha. Su disponibilidad fue estimada en base a las estadísticas del SIAP, que informan el tonelaje cosechado en el año 2014 de cinco cultivos principales: trigo, cebada, maíz, sorgo y caña de azúcar. En el anexo II, apartado A.9 se muestran la distribución geográfica de este recurso en los mapas del SIG.

Para calcular los datos resumidos en la Tabla 13 abajo se aplicaron al valor de la cosecha de cada cultivo coeficientes específicos para: 1) la relación cosecha/residuo, 2) la accesibilidad física, 3) la tasa de recolección, 4) la disponibilidad (en función de otros usos concurrentes). Los resultados obtenidos son indicativos, dado que los coeficientes mencionados son altamente variables en el tiempo y en el espacio.

Tabla 14. Disponibilidad potencial de biomasa de esquilmos (tMS/a) y rendimiento agrícola medio (t/ha) de cultivos.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de SIAP

| ESTADOS | TRIGO | | CEBADA | | MAIZ | | SORGO | | CAÑA | |
|----------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|-------|
| | tMS/a | t/ha |
| Aguascalientes | | | | | 37,759 | 2.6 | 10,664 | 8.0 | | |
| Baja California | 99,900 | 3.7 | | | 10,028 | 3.8 | 6,358 | 4.8 | | |
| Baja California Sur | 4,493 | 4.7 | | | 37,426 | 5.6 | 6,225 | 4.7 | | |
| Campeche | | | | | 32,838 | 1.9 | 30,926 | 2.9 | 20,052 | 71.6 |
| Chiapas | 18 | 1.0 | | | 270,535 | 1.7 | 87,205 | 2.8 | 153,118 | 91.1 |
| Chihuahua | 28,031 | 4.6 | 601 | 1.4 | 274,219 | 4.6 | 62,464 | 5.2 | | |
| Coahuila de Zaragoza | 5,487 | 3.2 | 62 | 1.1 | 89,802 | 1.9 | 57,386 | 3.1 | | |
| Colima | | | | | 50,966 | 3.8 | 55,053 | 5.2 | 103,657 | 92.6 |
| Durango | 2,795 | 2.9 | 1,009 | 2.4 | 118,237 | 2.4 | 55,439 | 3.2 | | |
| Guanajuato | 54,823 | 5.2 | 108,218 | 5.0 | 226,951 | 3.7 | 259,522 | 5.7 | | |
| Guerrero | | | | | 285,923 | 2.7 | 250,297 | 4.0 | | |
| Hidalgo | 679 | 2.7 | 68,297 | 1.9 | 289,727 | 2.6 | 8,185 | 6.1 | | |
| Jalisco | 25,430 | 4.8 | 1,520 | 5.2 | 887,961 | 5.7 | 579,308 | 5.2 | 498,060 | 93.6 |
| México | 3,572 | 2.0 | 22,158 | 1.9 | 587,873 | 3.6 | 31,459 | 5.9 | 195,306 | 93.0 |
| Michoacán | 29,757 | 4.3 | 2,027 | 4.1 | 590,374 | 3.9 | 535,319 | 5.1 | | |
| Morelos | 288 | 4.1 | | | 140,541 | 3.2 | 164,252 | 4.6 | 339,226 | 121.2 |
| Nayarit | | | | | 116,122 | 4.4 | 91,777 | 3.8 | 123,248 | 80.0 |
| Nuevo León | 16,077 | 2.9 | 206 | 2.5 | 86,490 | 2.0 | 85,605 | 2.3 | | |
| Oaxaca | 2,344 | 1.0 | 70 | 1.8 | 832,168 | 1.1 | 113,665 | 2.8 | 135,502 | 69.1 |
| Puebla | 1,432 | 1.7 | 19,177 | 2.0 | 487,578 | 1.7 | 249,511 | 3.9 | 308,286 | 104.9 |
| Querétaro | 278 | 3.4 | 2,679 | 4.5 | 49,636 | 2.1 | 100,655 | 6.9 | | |
| Quintana Roo | | | | | 5,679 | 0.5 | 12,597 | 3.2 | 8,456 | 60.4 |
| San Luis Potosí | 95 | 1.9 | 931 | 0.6 | 78,563 | 1.0 | 47,761 | 2.2 | 101,184 | 72.3 |
| Sinaloa | 53,581 | 4.5 | | | 244,481 | 7.7 | 130,514 | 4.1 | 64,830 | 77.2 |
| Sonora | 332,160 | 4.5 | | | 223,254 | 4.1 | 106,880 | 3.5 | | |

| ESTADOS | TRIGO | | CEBADA | | MAIZ | | SORGO | | CAÑA | |
|----------------------|----------------|------------|----------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|-------------|
| | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha |
| Tabasco | | | | | 37,041 | 1.6 | 32,325 | 3.5 | 48,425 | 69.2 |
| Tamaulipas | 578 | 2.7 | 165 | 1.3 | 153,256 | 2.9 | 123,796 | 2.4 | 98,346 | 78.1 |
| Tlaxcala | 16,686 | 2.7 | 30,506 | 2.6 | 247,447 | 3.1 | | | | |
| Veracruz | 377 | 1.8 | 210 | 1.4 | 602,636 | 2.2 | 156,468 | 3.8 | 991,322 | 71.5 |
| Yucatán | | | | | 97,422 | 0.7 | 5,185 | 1.9 | | |
| Zacatecas | 7,174 | 1.9 | 10,700 | 1.4 | 195,949 | 2.5 | 53,027 | 3.1 | | |
| Total general | 686,055 | 3.1 | 268,536 | 2.4 | 7,351,123 | 3.0 | 3,499,164 | 4.0 | 3,189,018 | 83.0 |

Como se aprecia en la Tabla 13, la fracción calculada de biomasa cosechable de esquilmos va de 1 a 8 tMS/ha/año, dependiendo del cultivo y de su rendimiento agrícola.

El potencial total de esta fuente es el orden de 15 millones de tMS /año. Asumiendo una tasa de conversión de 0.25 m³ de biodiésel /tMS (el promedio de los valores informados para plantas piloto y plantas proyectadas según la *European Biofuels Technology Platform* (EBTP, 2016), se puede suponer un nivel de producción técnicamente sostenible de unos 3.75 millones de m³ de biodiésel por año. Sin embargo, este potencial no es económicamente realizable para la producción de biodiésel en el corto y medio plazo, ya que las tecnologías de conversión conocidas como 2^a generación no han alcanzado todavía el grado de madurez técnica para ser aplicadas a escala comercial.

4.8 Potencial de biomasa forestal leñosa

Para estimar la disponibilidad de biomasa leñosa como materia prima para biodiésel de segunda generación se utilizó la metodología y datos primarios del *Inventario de Energías Renovables* de SENER. La metodología se resume en el anexo I, apartado A.5.

La mayor fuente potencial de biomasa leñosa en México es la vegetación forestal nativa. En Tabla 15 y Tabla 16 se resumen las áreas aprovechables para producción sostenible de madera y su producción anual. Esta estimación de producción anual sostenible excluyó las maderas de especies y calidades utilizables por las industrias forestales de aserrío, de celulosa y de tableros, e incluye solamente las maderas útiles para energía.

El total de producción nacional potencial, contabilizando los bosques y selvas ubicados a menos de 3 km de algún camino, con pendientes del terreno menores al 30%, fuera de áreas naturales protegidas y/o áreas de alto valor para la conservación de la biodiversidad, es de 112 millones de tMS/a, pero deben deducirse unos 22 millones de tMS/a actualmente utilizados como combustible doméstico y 3 millones de tMS/a destinados a fabricar carbón de leña. El potencial neto, resulta así de unos 87 millones de tMS/a. En la Figura 25 se muestran las áreas aptas para la tala sustentable.

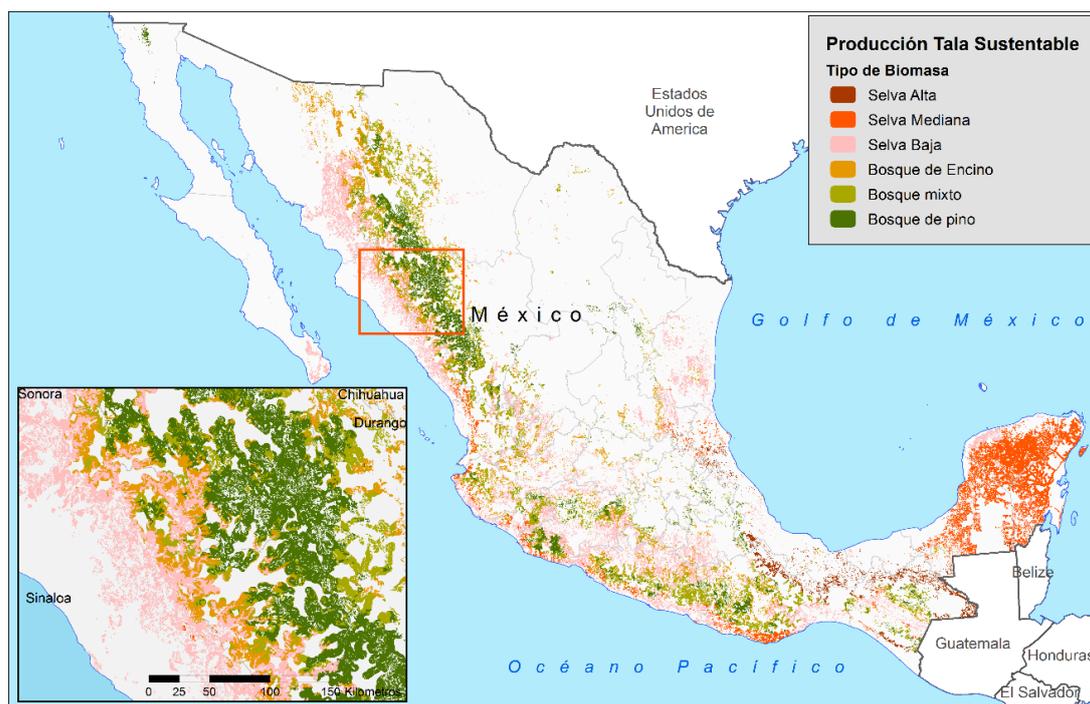


Figura 25. Áreas aptas para la tala sustentable. Fuente: REMBIO

Este potencial se encuentra en casi todos los estados del país, y su incremento anual cosechable va de 2.0 a 4.2 tMS/ha/a. Es por lo tanto similar a las tasas de cosecha de esquilmos o residuos agrícolas de campo, pero tiene la ventaja de que el crecimiento puede acumularse en ciclos de 10 a 15 años, para cosechar de 30 a 50 tMS/ha en una operación al final de cada ciclo. Al igual que con los esquilmos agrícolas, la conversión de biomasa leñosa en biodiésel es técnicamente posible, pero no existen procesos industriales económicamente viables hasta ahora.

Tabla 15. Superficie aprovechable de bosques y selvas nativas de México (Ha). Fuente: REMBIO

| | PINO | ENCINO | MIXTO | SELVA ALTA | SELVA MEDIA | SELVA BAJA | TOTALES |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Aguascalientes | | 12,676 | | | | 15,984 | 28,660 |
| Baja California | 64,039 | 1,253 | | | | 205,341 | 270,632 |
| Baja California Sur | | 1,958 | | | | | 1,958 |
| Campeche | | 9,035 | | 25,885 | 1,562,650 | 204,569 | 1,802,139 |
| Chiapas | 154,776 | 105,911 | 382,412 | 552,613 | 72,430 | 226,659 | 1,494,801 |
| Chihuahua | 1,462,202 | 867,292 | 1,568,977 | | | 358,945 | 4,257,416 |
| Coahuila de Zaragoza | 54,340 | 29,292 | 35,357 | | | 18,360 | 137,349 |
| Colima | 101 | 17,820 | 4,432 | | 42,174 | 118,805 | 183,332 |
| Distrito Federal | 11,967 | 861 | 2,618 | | | | 15,446 |
| Durango | 1,624,549 | 449,756 | 919,697 | | 3,365 | 366,411 | 3,363,778 |
| Guanajuato | 11,349 | 100,991 | 8,077 | | | 144,911 | 265,328 |
| Guerrero | 141,436 | 499,039 | 909,760 | | 173,473 | 1,281,439 | 3,005,147 |
| Hidalgo | 20,913 | 44,690 | 27,101 | 13,615 | 21,204 | 249 | 127,772 |
| Jalisco | 95,705 | 659,632 | 635,242 | | 159,284 | 1,030,881 | 2,580,743 |
| México | 25,011 | 80,473 | 83,842 | | | 60,672 | 249,997 |
| Michoacán de Ocampo | 399,549 | 250,411 | 534,409 | | 114,541 | 1,025,177 | 2,324,087 |
| Morelos | 916 | 4,765 | 1,412 | | | 60,419 | 67,512 |
| Nayarit | 5,833 | 114,003 | 197,896 | | 184,413 | 141,231 | 643,375 |
| Nuevo León | 50,544 | 17,273 | 33,365 | | | 9,841 | 111,023 |
| Oaxaca | 382,011 | 449,076 | 1,036,091 | 345,134 | 427,311 | 634,366 | 3,273,990 |
| Puebla | 76,989 | 77,773 | 65,916 | 35,057 | 9 | 340,687 | 596,430 |
| Querétaro | 1,033 | 24,745 | 12,163 | | 15 | 31,674 | 69,629 |
| Quintana Roo | | | | 119 | 1,761,176 | 224,774 | 1,986,070 |
| San Luis Potosí | 8,566 | 152,696 | 13,379 | 25,163 | 63,352 | 154,947 | 418,103 |
| Sinaloa | 59,513 | 336,210 | 141,371 | | 44,952 | 1,318,788 | 1,900,834 |
| Sonora | 14,165 | 875,913 | 200,414 | | | 1,527,861 | 2,618,354 |
| Tabasco | | 19,676 | | 49,783 | 34,240 | 35,297 | 138,996 |
| Tamaulipas | 9,749 | 81,431 | 12,447 | | 5,195 | 677,502 | 786,325 |
| Tlaxcala | 9,821 | 7,637 | 4,622 | | | 72,189 | 94,269 |
| Veracruz | 51,226 | 36,814 | 21,214 | 352,780 | 98,852 | 262,753 | 823,639 |
| Yucatán | | | | | 2,149,242 | 210,851 | 2,360,093 |
| Zacatecas | 43,388 | 230,634 | 123,010 | | | | 397,032 |
| TOTALES | 4,779,688 | 5,547,062 | 6,975,225 | 1,400,148 | 6,917,879 | 10,745,599 | 36,365,601 |
| Participación | 13% | 15% | 19% | 4% | 19% | 30% | 100% |

Tabla 16. Producción potencial sostenible de biomasa energética en selvas y bosques de México (tMS/a). Fuente: REMBIO

| | PINO | ENCINO | MIXTO | SELVA ALTA | SEVA MEDIA | SELVA BAJA | TOTALES |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Aguascalientes | | 25,351 | | | | 63,937 | 89,289 |
| Baja California | 128,077 | 2,507 | | | | 821,362 | 951,946 |
| Baja California Sur | | 3,917 | | | | | 3,917 |
| Campeche | | 18,071 | | 129,424 | 6,250,601 | 818,276 | 7,216,372 |
| Chiapas | 309,552 | 211,823 | 764,824 | 2,763,063 | 289,719 | 906,636 | 5,245,617 |
| Chihuahua | 2,924,403 | 1,734,584 | 3,137,954 | | | 1,435,780 | 9,232,721 |
| Coahuila | 108,680 | 58,585 | 70,715 | | | 73,439 | 311,418 |
| Colima | 202 | 35,640 | 8,864 | | 168,697 | 475,221 | 688,624 |
| Distrito Federal | 23,933 | 1,722 | 5,236 | | | | 30,892 |
| Durango | 3,249,098 | 899,512 | 1,839,394 | | 13,460 | 1,465,644 | 7,467,108 |
| Guanajuato | 22,698 | 201,982 | 16,153 | | | 579,646 | 820,479 |
| Guerrero | 282,872 | 998,077 | 1,819,520 | | 693,893 | 5,125,757 | 8,920,120 |
| Hidalgo | 41,826 | 89,379 | 54,201 | 68,074 | 84,817 | 998 | 339,295 |
| Jalisco | 191,410 | 1,319,264 | 1,270,484 | | 637,134 | 4,123,522 | 7,541,814 |
| México | 50,021 | 160,946 | 167,684 | | | 242,688 | 621,339 |
| Michoacán | 799,098 | 500,822 | 1,068,819 | | 458,164 | 4,100,708 | 6,927,611 |
| Morelos | 1,832 | 9,530 | 2,824 | | | 241,675 | 255,861 |
| Nayarit | 11,665 | 228,006 | 395,792 | | 737,651 | 564,923 | 1,938,037 |
| Nuevo León | 101,088 | 34,546 | 66,731 | | | 39,363 | 241,728 |
| Oaxaca | 764,022 | 898,152 | 2,072,182 | 1,725,671 | 1,709,245 | 2,537,466 | 9,706,738 |
| Puebla | 153,978 | 155,545 | 131,832 | 175,283 | 35 | 1,362,749 | 1,979,422 |
| Querétaro | 2,066 | 49,489 | 24,325 | | 60 | 126,696 | 202,636 |
| Quintana Roo | | | | 595 | 7,044,705 | 899,098 | 7,944,397 |
| San Luis Potosí | 17,132 | 305,391 | 26,758 | 125,815 | 253,408 | 619,789 | 1,348,294 |
| Sinaloa | 119,025 | 672,420 | 282,743 | | 179,808 | 5,275,151 | 6,529,147 |
| Sonora | 28,330 | 1,751,826 | 400,829 | | | 6,111,445 | 8,292,430 |
| Tabasco | | 39,352 | | 248,917 | 136,959 | 141,188 | 566,416 |
| Tamaulipas | 19,498 | 162,862 | 24,893 | | 20,781 | 2,710,009 | 2,938,045 |
| Tlaxcala | 19,641 | 15,275 | 9,244 | | | 288,755 | 332,915 |
| Veracruz | 102,451 | 73,628 | 42,429 | 1,763,899 | 395,409 | 1,051,012 | 3,428,829 |
| Yucatán | | | | | 8,596,969 | 843,402 | 9,440,372 |
| Zacatecas | 86,775 | 461,269 | 246,020 | | | | 794,064 |
| TOTALES | 9,559,376 | 11,119,475 | 13,950,449 | 7,000,741 | 27,671,515 | 43,046,335 | 112,347,891 |
| Participación | 9% | 10% | 12% | 6% | 25% | 38% | 100% |

5 Escenarios futuros de desarrollo del biodiésel en México

5.1 Introducción

El nivel de penetración futura del biodiésel en el mercado de combustibles de México dependerá de un gran número de factores de orden económico y tecnológico, así como de decisiones de orden político.

Para el desarrollo de escenarios futuros de introducción del biodiésel en México se han de analizar diversos elementos a lo largo de la cadena de valor de los biocombustibles, desde la producción de insumos hasta la comercialización en el mercado de combustibles e incluyendo las infraestructuras de conversión de insumos a biodiésel (Figura 26).

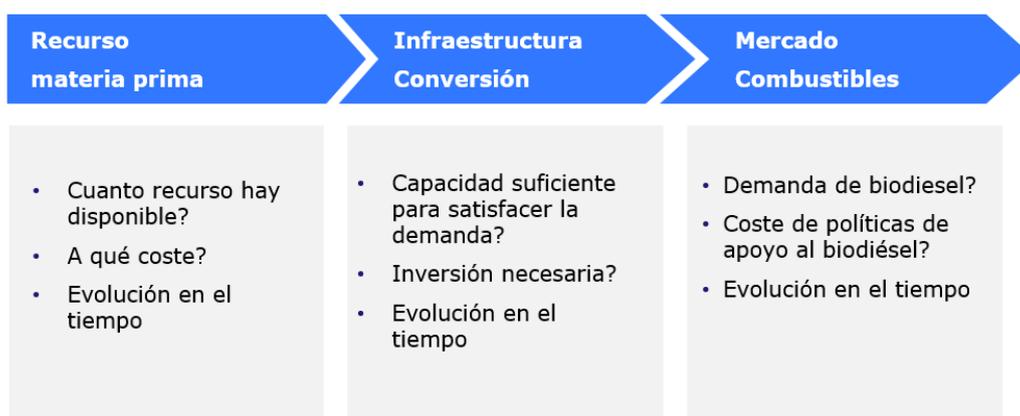


Figura 26. Cadena de valor del biodiésel y principales elementos a considerar en los escenarios

Empezando el análisis por el mercado de combustibles, se ha de determinar en primer lugar cual es el volumen de demanda y el precio que los compradores estarían dispuestos a pagar por el biodiésel en el mercado de combustibles. El biodiésel es un sustituto del diésel de origen fósil, y por este motivo la existencia de demanda de biodiésel dependerá fundamentalmente del precio de referencia⁷ del diésel de origen fósil. Si el biodiésel puede ser producido (o importado) y comercializado a precios inferiores al precio de referencia del diésel, existirá demanda de biodiésel en el mercado. Si por el contrario los precios de referencia del diésel de origen fósil son inferiores a los del biodiésel, no existirá demanda del combustible renovable alternativo.

⁷ Se define el precio de referencia del diésel de origen fósil como el precio antes de la aplicación de impuestos. Este concepto se explica en más detalle en el capítulo 5.4.1.

Si no existe demanda de biodiésel en el mercado, ésta puede ser inducida a través de políticas de apoyo. En este caso, en los escenarios futuros se ha de calcular cuál sería el costo de estas políticas de apoyo para conseguir un determinado nivel de penetración de biodiésel en el mercado o, de modo alternativo, cuál es la cuota de mercado que se puede conseguir y sostener con un determinado nivel de gasto en políticas de apoyo. Los principales tipos de políticas que pueden ser aplicadas para incentivar la introducción del biodiésel se explican en el capítulo 5.3.

Una vez analizada la demanda de biodiésel generada en el mercado de combustibles se ha de evaluar como tendría que evolucionar la capacidad instalada de infraestructura de conversión de insumos a biodiésel, de tal modo que ésta sea suficiente para satisfacer la demanda en todo momento (ver capítulo 5.4.4).

Finalmente, si existe tanto demanda de biodiésel en el mercado como capacidad de conversión, los escenarios han de evaluar si existe disponibilidad de insumos así como sus costos de producción (o de importación) para producir el biodiésel demandado en el mercado. La disponibilidad actual y potencial al igual que el costo de los insumos ha sido extensamente tratada en el capítulo 4, en el apartado 5.4.2 se muestran los resultados de potencial y costes de producción empleados en los escenarios.

Siguiendo las indicaciones de los términos de referencia, en este estudio se han elaborado tres escenarios futuros:

- Escenario *tendencial*;
- Escenario *moderado*;
- Escenario *optimista*.

En términos de alcance temporal, estos escenarios cubren el corto, medio y largo plazo, entendiéndose como 5, 10 y 20 años respectivamente. Por ello el análisis comprende el período entre 2017 y 2036.

Para los tres escenarios se establecen una serie de supuestos tecno-económicos y de políticas de apoyo - descritos en los apartados siguientes - y se calculan el nivel de penetración del biodiésel en el mercado Mexicano, el costo de las políticas de apoyo, así como los beneficios medioambientales en términos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se obtendrían bajo dichos supuestos.

En las secciones siguientes se describen en detalle los cálculos realizados así como los supuestos para la elaboración de dichos escenarios.

5.2 Metodología de construcción de los escenarios

5.2.1 Mecánica de cálculo de los escenarios

Para la introducción del biodiésel se han de cumplir una serie de condiciones: En primer lugar ha de existir demanda de biodiésel en el mercado de combustibles. Esta demanda puede existir directamente cuando el biodiésel resulta más económico que el diésel de origen fósil, aunque generalmente requiere de la adopción de políticas de apoyo. En segundo lugar, ha de existir oferta de insumos (domésticos o importados) que permitan satisfacer la demanda existente de biodiésel. Finalmente, los precios de mercado han de cubrir los costos de producción del biodiésel.

Por lo tanto, la premisa fundamental para el cálculo de escenarios futuros es que la introducción de biodiésel ocurre cuando en el mercado de combustibles se demanda una determinada cantidad de biodiésel a precios que permiten a los productores recuperar sus costos de producción. En base a este principio, el cálculo de escenarios está basado en la casación de la demanda y la oferta de biodiésel.

Para cada año (n) de los escenarios futuros se calculan la cuota de mercado de biodiésel y los costos de política de apoyo siguiendo tres pasos:

1. Determinación de la curva de demanda en el año n;
2. Determinación de curva de oferta en el año n;
3. Casación⁸ de las curvas de oferta y demanda en el año n, obteniendo el volumen introducido en el mercado y el precio al que éste es introducido.

A continuación se explican en más detalle estos pasos:

1. Determinación de la curva de demanda de biodiésel:

La curva de demanda muestra el volumen de biodiésel demandado en el mercado frente a los precios a los que éste es demandado. En ausencia de políticas de apoyo la curva de demanda de biodiésel es una recta horizontal determinada por el precio de referencia del diésel de origen fósil (se toma como referencia el precio antes de impuestos).

⁸ El punto de casación de un mercado es aquel donde se igualan la oferta y la demanda, mismo que determina el precio y volumen de venta del producto considerado.

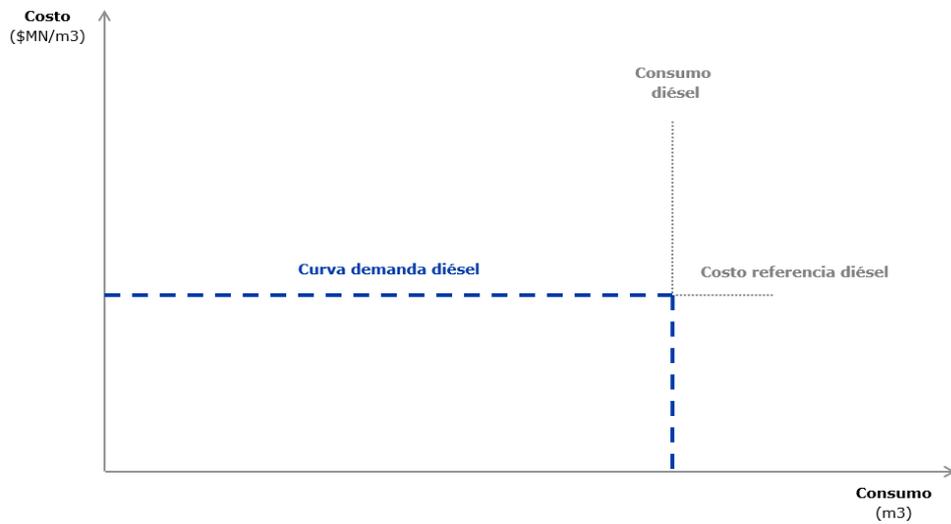


Figura 27. Curva de demanda de biodiésel (sin política de apoyo)

Si se introduce como política de apoyo una cuota obligatoria de biodiésel, la curva original se ve modificada, introduciendo un volumen de demanda que ha de ser satisfecho cualesquiera el precio⁹.

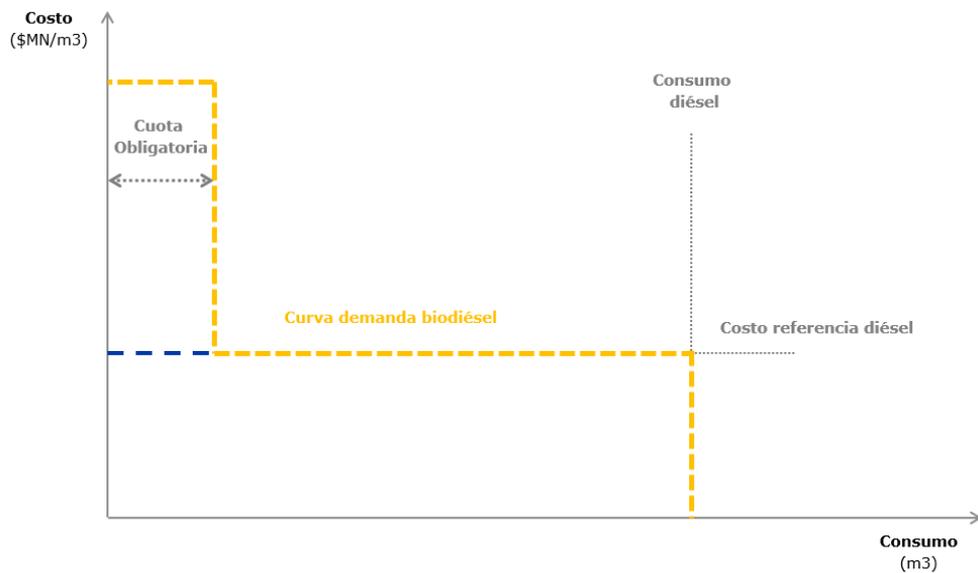


Figura 28. Curva de demanda de biodiésel (con cuota obligatoria)

⁹ En el caso de cuotas con penalizaciones por incumplimiento, dichas penalizaciones actúan en la práctica como un precio máximo para el volumen de la cuota obligatoria.

En el caso de políticas de incentivo económico e.g. subvenciones a la producción o reducciones fiscales a los consumidores, la curva de demanda se desplaza verticalmente por un monto equivalente al incentivo económico en \$MN/L de biodiésel.

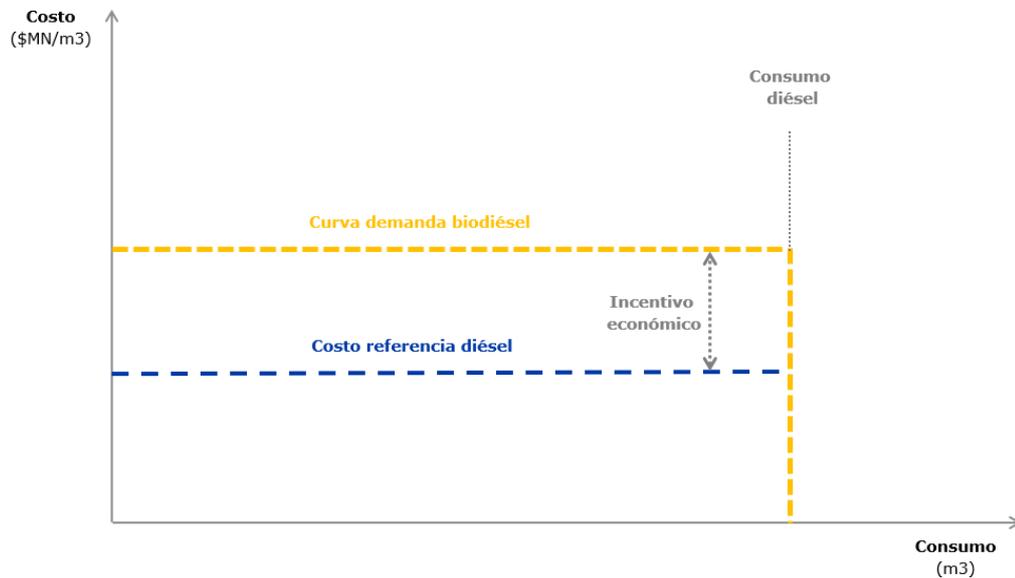


Figura 29. Curva de demanda de biodiésel (con incentivo económico)

2. Determinación de la curva de oferta de biodiésel:

En el capítulo 4 se describieron el potencial (en términos de volumen de producción), así como los costos de producción para diferentes tipos de biodiésel. Para la construcción de la curva de oferta de biodiésel, éstos se organizan de menor a mayor en términos de costo. Los factores de los cuales depende el potencial y el costo de biodiésel están descritos en el capítulo 4 y en la sección 5.4.2

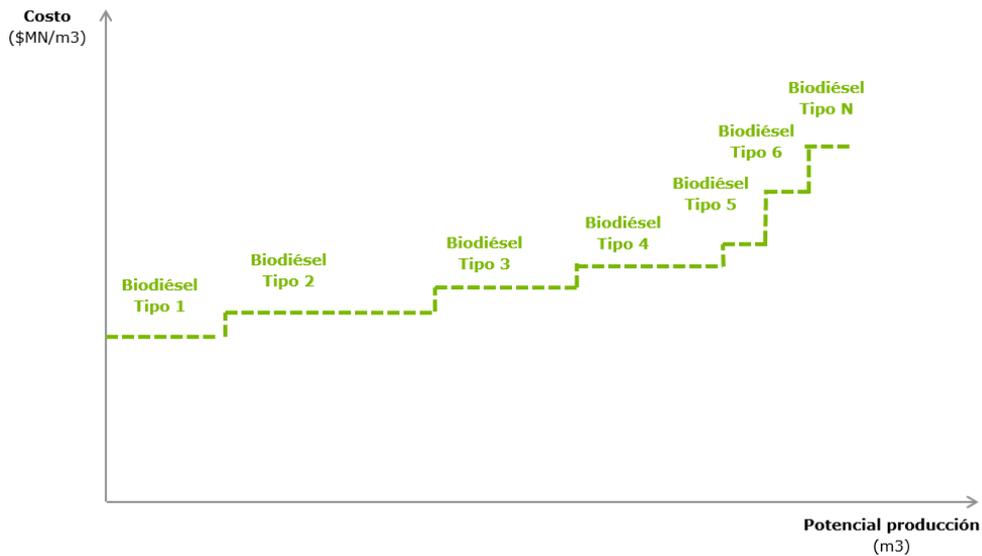


Figura 30. Curva genérica de oferta de biodiésel

3. Casación de las curvas de oferta demanda.

Para cada año de los escenarios se realiza una casación de las curvas de oferta y demanda, consistente en determinar el punto de corte de ambas, que define el volumen de biodiésel que se introducirá en el mercado y el precio que se pagaría por dicho volumen. En el caso de existir políticas de apoyo, el costo de éstas para cada año de los escenarios se determina como la diferencia entre el gasto total en biodiésel (que es igual al precio de casación multiplicado por el volumen de biodiésel introducido en el mercado) y el gasto en que se hubiera incurrido si no existiese la política de apoyo (igual al precio de referencia del diésel de origen fósil por el volumen de biodiésel introducido en el mercado).

5.2.2 Herramienta de cálculo de escenarios

Los escenarios futuros de introducción del biodiésel en México (*tendencial, moderado y optimista*) han sido calculados con una herramienta desarrollada específicamente para este proyecto. Ésta ha sido implementada en el paquete de software Microsoft Excel® y permite el cálculo de la penetración de biodiésel en el mercado de combustible diésel Mexicano, costos de políticas de apoyo, y reducción de emisiones bajo diferentes supuestos de evolución futura de variables macroeconómicas (e.g. inflación, tipo de cambio, precios internacionales del crudo, etc.), y aplicando diferentes tipos y niveles de apoyo político.

La herramienta se entrega junto con la versión final de este informe. Con ella SENER puede internamente calcular escenarios adicionales en base a supuestos distintos a los empleados en este informe.

5.3 Políticas de apoyo al biodiésel

Mientras los precios de venta del biodiésel no sean competitivos con el precio de referencia marcado por el combustible diésel de origen fósil, la demanda de biodiésel puede ser inducida a través de diferentes políticas de apoyo.

Una opción es el establecimiento de una obligación legal a determinados actores en el mercado (generalmente las empresas comercializadoras de combustible) para garantizar que una fracción del consumo total del diésel se sustituya con biodiésel. Este tipo de instrumentos se conocen comúnmente como "cuotas". Existen diferentes diseños posibles para las cuotas dependiendo por ejemplo de quienes son las partes obligadas, de si se establece una obligación de mezclado en el producto final o se permiten diferentes mezclas de biodiésel-diésel fósil siempre y cuando se cumpla la cuota de manera global. Otro elemento importante en el diseño de la obligación es el precio de la penalización¹⁰ establecida en caso de incumplimiento a las partes obligadas.

El establecimiento de una cuota garantiza la consecución de una determinada penetración de biodiésel en el mercado. Sin embargo, la obligación legal por sí misma no controla el costo unitario de apoyo necesario por litro de biodiésel introducido en el mercado.

Otra opción de política de apoyo - que puede ser implementada de modo independiente o en combinación con una cuota - consiste en proporcionar incentivos económicos para mejorar la competitividad del biodiésel en el mercado. El mecanismo puede ser la reducción de costos de producción (por ejemplo a través de subvenciones o exenciones fiscales a agricultores o productores de biodiésel) o la reducción de precios finales de comercialización a través de apoyos monetarios o reducciones fiscales. Tanto si el incentivo económico se establece como una subvención a los productores de biodiésel como si se establece como una exención fiscal, el resultado buscado en ambos casos es el de aumentar la competitividad del biodiésel en el mercado. En este estudio nos referimos a este tipo de instrumentos políticos como "incentivos económicos".

El establecimiento de un incentivo económico (e.g. una reducción fiscal) permite en principio controlar el nivel de apoyo por litro de biodiésel, pero no garantiza por sí mismo el control del volumen de biodiésel introducido en el mercado.

Las dos opciones de apoyo arriba descritas resultan en costos directos adicionales para la sociedad. Éstos se calculan como el diferencial entre el costo de introducir una cierta cantidad de biodiésel en el mercado frente al de continuar empleando diésel fósil. Sin embargo, ambos instrumentos difieren desde el punto de vista de la distribución de dichos costos entre diferentes actores. El establecimiento de la cuota obligatoria generalmente traslada el costo adicional de adquisición a suministradores, que a su vez trasladan el costo al consumidor final. En el caso de incentivos económicos, éstos suelen salir de los presupuestos del Estado en forma de reducciones fiscales, exenciones fiscales o subsidios.

¹⁰ El precio por litro de combustible que la parte obligada ha de pagar en caso de que no pueda proporcionar evidencia de haber comercializado el volumen establecido en la obligación.

5.4 Descripción de supuestos

5.4.1 Escenarios de demanda y precios del combustible diésel

México consume actualmente del orden de 380 mil barriles de combustible diésel diarios¹¹. En base a las proyecciones oficiales de consumo definidas en la *Prospectiva¹² de petróleo y petrolíferos 2015-2029*, para este estudio se asume como escenario *tendencial* un incremento medio anual del consumo de 18,920 barriles diarios por año para todo el período analizado (2017-2036). En los escenarios moderado y optimista este crecimiento anual del consumo se limita a un 70% (13,244 barriles diarios) y un 50% (9,460 barriles diarios) del valor tendencial respectivamente.

En lo que se refiere a los precios del diésel, éstos han sido históricamente regulados por el Gobierno Mexicano. La empresa nacional PEMEX ha venido ostentado el monopolio de la comercialización de combustibles en el mercado nacional hasta la actualidad. El precio actual al consumidor es de 13.98 \$MN/L, como se establece en el Diario Oficial de la Federación DOF:29/07/2016. Este precio incluye todos los impuestos aplicables.

Para el análisis de la competitividad del biodiésel en el mercado se utiliza como marca comparativa el precio del diésel antes de impuestos. Por otro lado, se ha de tener en cuenta que a partir de 2018 las actividades de comercialización de combustibles serán liberalizadas y por ello es de esperar que a medio plazo los precios del diésel antes de impuestos en el mercado Mexicano converjan con los de los Estados Unidos de América. Por ello en los escenarios futuros el precio del diésel antes de impuestos se calcula como la suma de dos conceptos:

1. El *precio spot* de referencia para el diésel Ultra Low Sulfur Diesel (ULSD), USGC, Houston.
2. El *margen* (suma de flete, merma, margen comercial, transporte, ajustes de calidad y costo de manejo) tal como se define en DOF:29/07/2016.

Los precios spot futuros del diésel ULSD en Houston son desconocidos. Sin embargo se pueden calcular como función de los precios internacionales del crudo asumidos en los escenarios futuros. Para ello se ha calculado la relación existente históricamente entre ambos precios (crudo y diésel) en dicho mercado a través de una regresión lineal, utilizando estadísticas de los últimos 10 años.

En la Figura 31 se muestran los tres escenarios considerados para la evolución futura de los precios del crudo. Los tres escenarios futuros (*tendencial, moderado y optimista*) de precios del diésel corresponden con los escenarios "barato", "moderado", "caro" del precio del crudo respectivamente, dado que los precios altos del diésel favorecen la competitividad del biodiésel.

¹¹ Estimación consumo medio en 2016 en base a estadísticas PEMEX disponibles hasta Mayo 2016. Disponible desde: http://www.pemex.com/ri/Publicaciones/Indicadores%20Petroleros/evolumenventas_esp.pdf

¹² SENER, 2015. *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*. Fig 4.18 en página 91. Disponible desde: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva_Petroleo_Crudo_y_Petroliferos.pdf

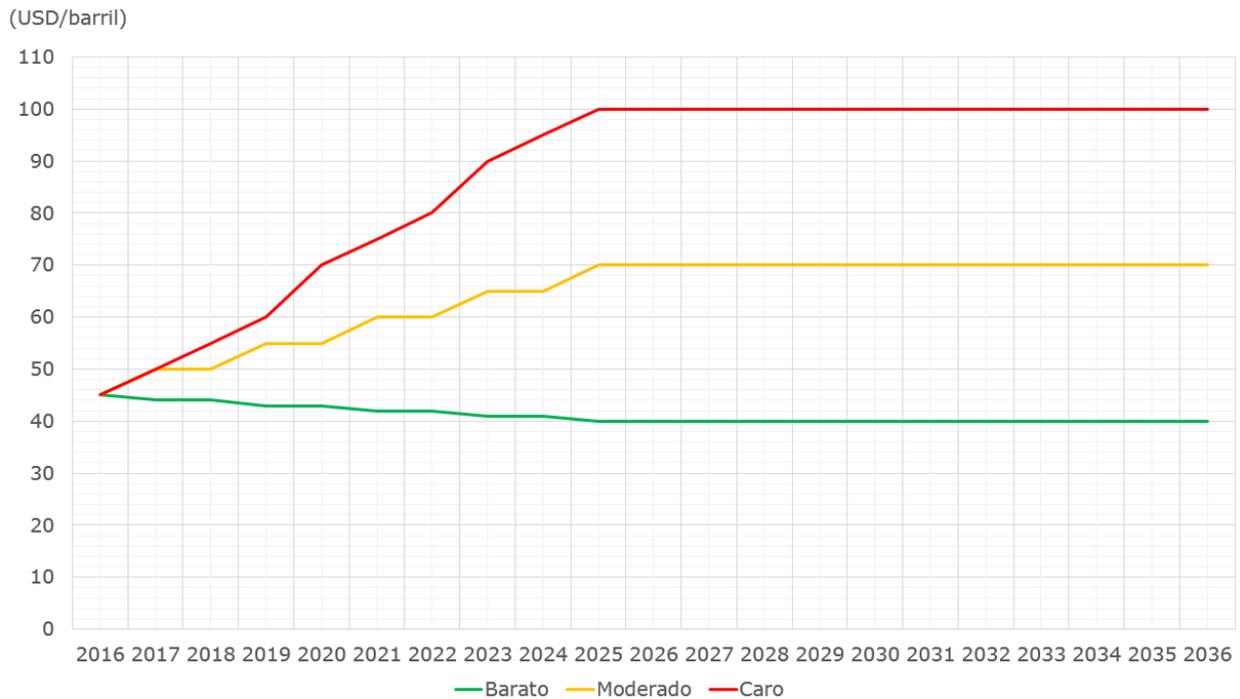


Figura 31. Escenarios futuros de precios internacionales del crudo (USD/barril)

Los precios del diésel en el mercado Mexicano bajo los distintos escenarios futuros se muestran en la Figura 32. Éstos aumentan de forma continua en términos nominales - a pesar de la estabilización del precio del crudo en 2025 - como consecuencia de la evolución esperada del tipo de cambio peso/dólar (ver apartado 5.4.3).

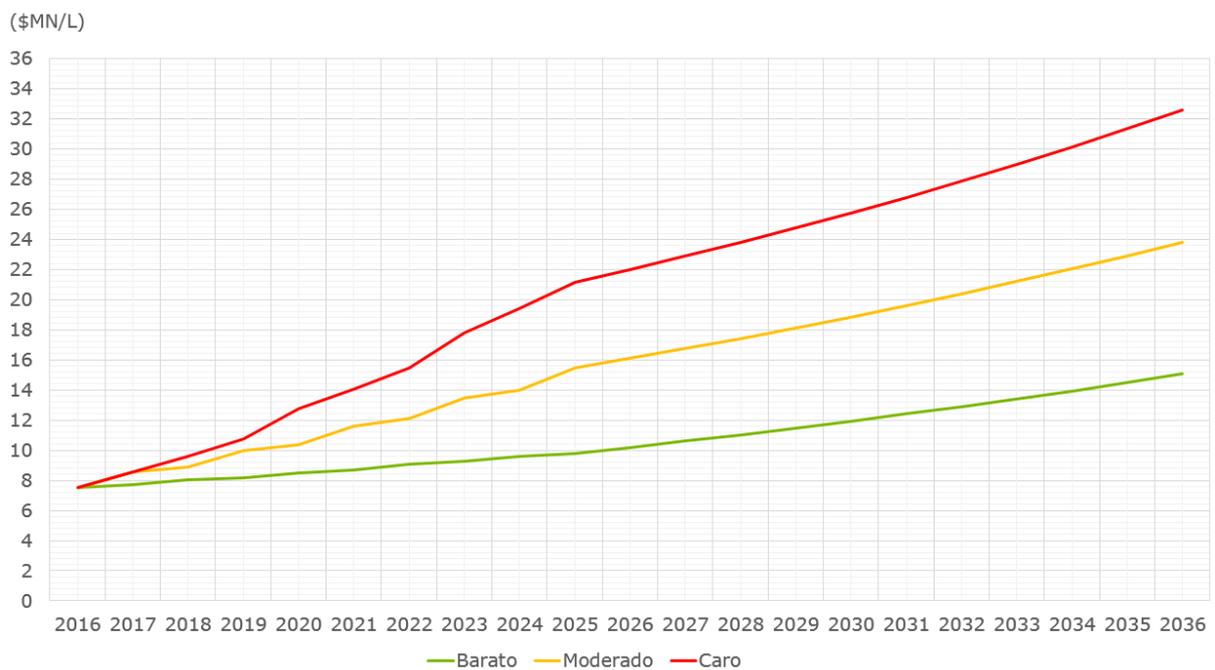


Figura 32. Escenarios futuros de precios del diésel en el mercado Mexicano (\$MN/L)

En cuanto a la componente del margen (suma de flete, merma, margen comercial, transporte, ajustes de calidad y costo de manejo), para 2016 se utiliza el valor publicado en el DOF:29/07/2016. Éste es de 1.20 \$MN/L. Para años sucesivos este valor se actualiza en base al índice de inflación.

5.4.2 Escenarios de costo y potencial de biodiésel

Tal como se explica en la sección 5.2.1, para el cálculo de los escenarios se construye una “curva de oferta de biodiésel” en base a los tipos de biodiésel que podrían estar disponibles, ordenados por costos de producción de menor a mayor.

En el capítulo 4 se describe en detalle cómo se calculan los potenciales de producción de diferentes tipos de insumos para la producción de biodiésel así como sus costos. Para obtener los costos totales de producción del biodiésel entregado en terminal de almacenamiento y reparto (TAR) hay que considerar no sólo los costos de producción de insumos sino también los del resto de procesos en la cadena de valor del biodiésel. El costo total de biodiésel es la suma de los costos de los procesos implicados para cada modalidad. La Figura 33 muestra las etapas y procesos considerados:

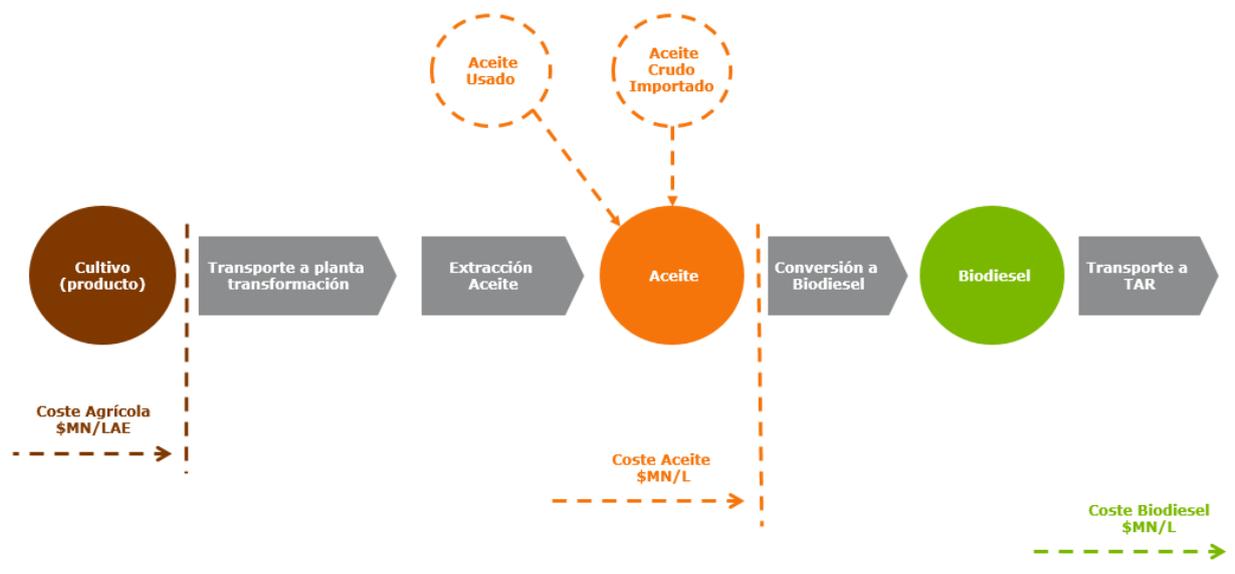


Figura 33 Etapas, procesos, y componentes del costo del biodiésel

Los costos de obtención de las materias primas agrícolas, detallados en el capítulo 4, son distintos para cada tipo de cultivo, condiciones climáticas y geográficas. Del mismo modo los costos de extracción de aceite son ligeramente dependientes del tipo de producto considerado. Los costos de transporte y de conversión de aceite a biodiésel son considerados homogéneos para diferentes tipos de insumos. En la Tabla 17 se muestran los valores medios asumidos para estos procesos de la cadena de valor del biodiésel:

Tabla 17 Estimación de costos logísticos y de proceso

| | Costo estimado (\$MN/L) | Observaciones |
|---|-------------------------|--|
| Transporte materia prima a planta transformación | 0.99 \$MN/L | En base a una distancia media a planta de entre 100 km y 200 km (dependiendo del cultivo considerado) y asumiendo un costo unitario de transporte de 1.70 \$MN/km (Tauro, R 2016) |
| Extracción aceite | 1.70 \$MN/L | Estimación propia en base a costos históricos de industria aceitera obtenida de comunicaciones personales |
| Conversión a biodiésel | 5.00 \$MN/L | Estimación propia en base a valores de encuesta REMBIO a productores en México (Tabla 3 y Tabla 4) y ajustado con valores de referencia internacionales para plantas de escala comercial (> 100,000 m3/a). |
| Transporte a TAD | 0.19 \$MN/L | En base a una distancia media a TAR de 100 km y asumiendo un costo unitario de transporte de 1.70 \$MN/km (Tauro, R 2016) |

En base a los costos de obtención de la materia prima, detallados en el capítulo 4, y las componentes de costo logístico y de proceso resumidas en la Tabla 17, se obtienen los costos totales de producción de biodiésel para las diferentes modalidades¹³. La Figura 34 muestra el resultado de la curva de oferta de biodiésel para el año 2016.

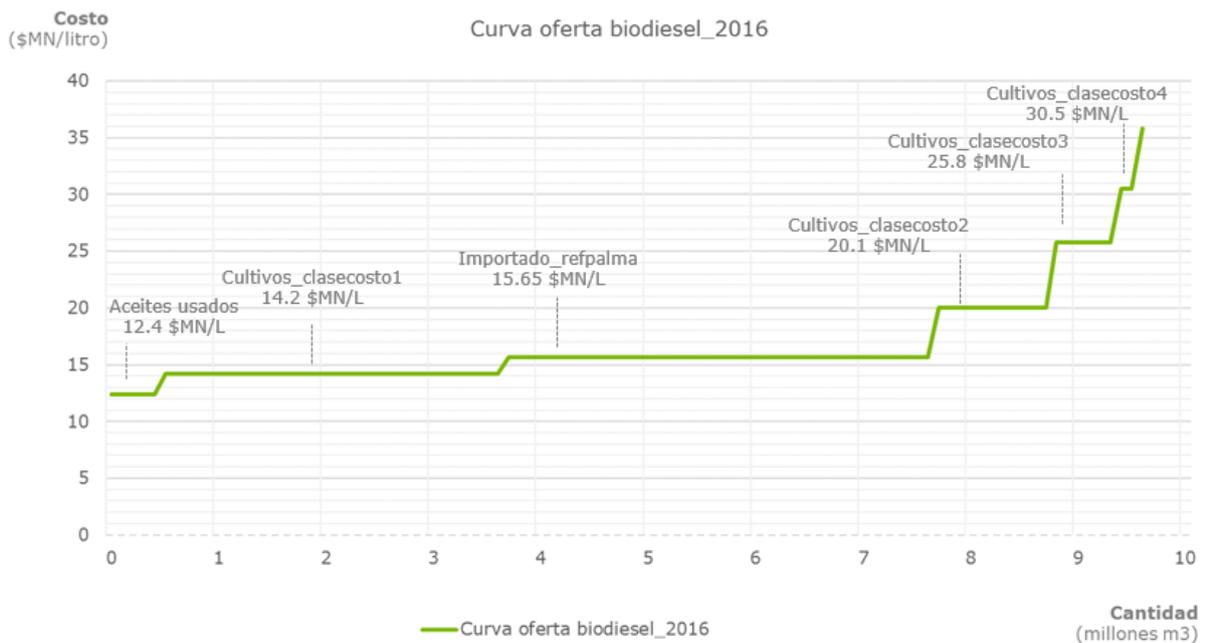


Figura 34 Curva de oferta de biodiésel estimada para el año 2017

¹³ Las categorías "Cultivos_clasecosto1", "Cultivos_clasecosto2", "Cultivos_clasecosto3", "Cultivos_clasecosto4" se refieren a biodiesel producido en base a cultivos oleaginosos nacionales para las categorías de costo de producción de aceite mostradas en la sección 4.3 (hasta 10\$MN/L, de 10 a 15 \$MN/L, de 15 a 20\$MN/L, y de 20 a 25\$MN/L respectivamente);

Para el caso de materia prima no producida en México (categoría "Importado_refPalma") se usa como referencia internacional el precio spot del aceite crudo de palma. La media de dicho precio en los últimos 6 meses es de 601 USD/t. Se asume la importación de aceite crudo y transformación a biodiésel en México. En términos de potencial, se asigna un volumen de 4 millones de m3.

Los valores de costos de producción para los años posteriores (2017-2036) se calculan actualizando los valores obtenidos para 2016 en base a un factor de actualización compuesto del índice de evolución de la inflación y el índice de evolución de los precios internacionales del crudo. A ambos índices se les otorga el mismo peso.

5.4.3 Escenario macroeconómico

En el análisis de escenarios futuros se consideran dos variables macroeconómicas que tienen influencia directa en la competitividad futura del biodiésel. Éstas son la inflación y el tipo de cambio \$MN/USD.

La evolución de la inflación se ha de tener en cuenta para actualizar a futuro los costos de producción de biodiésel, así como ciertos componentes del costo del diésel de origen fósil. Por otro lado, la evolución del tipo de cambio determina el costo en \$MN de las importaciones, tanto de combustible diésel como de aceites crudos para la producción de biodiésel.

La Figura 35 muestra la evolución de la inflación en México de 2006 a 2015. La media del período fue de un 4.02%. En los escenarios futuros asumimos que esta tendencia continúa para el período de estudio 2017-2036.

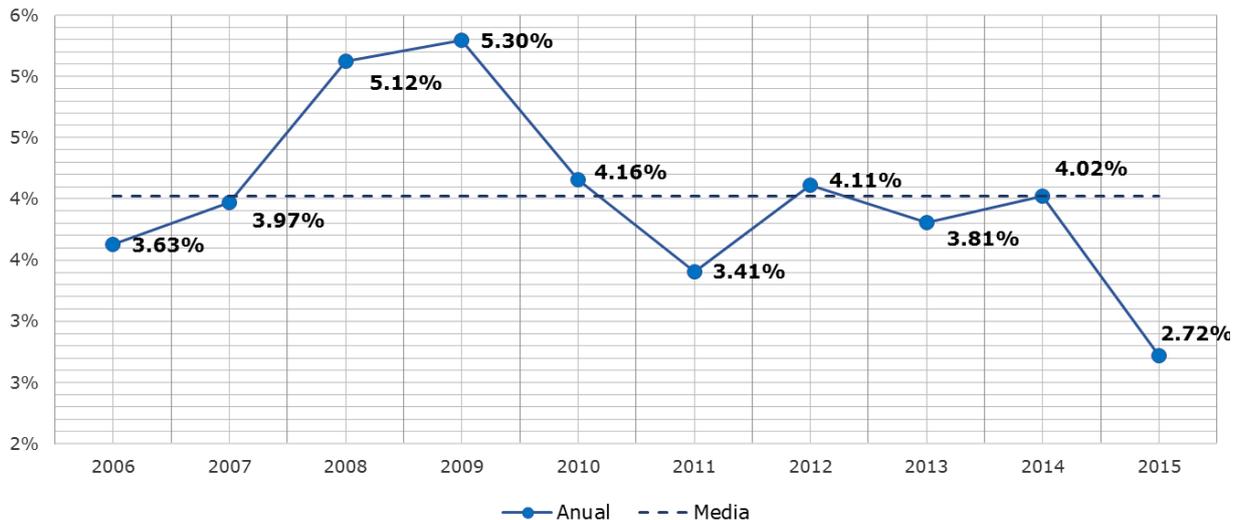


Figura 35. Evolución de la inflación en México de 2006 a 2015. Fuente: Banco Mundial

La Figura 36 muestra la evolución del tipo de cambio \$MN/dólar en los últimos 10 años. Ésta muestra una clara tendencia alcista, con un mínimo de 9.91 en agosto de 2008 y un máximo de 19.91 \$MN/dólar en febrero de 2016. En la actualidad el tipo de cambio se sitúa en 18.87 \$MN/dólar (a 5 de Agosto de 2016).

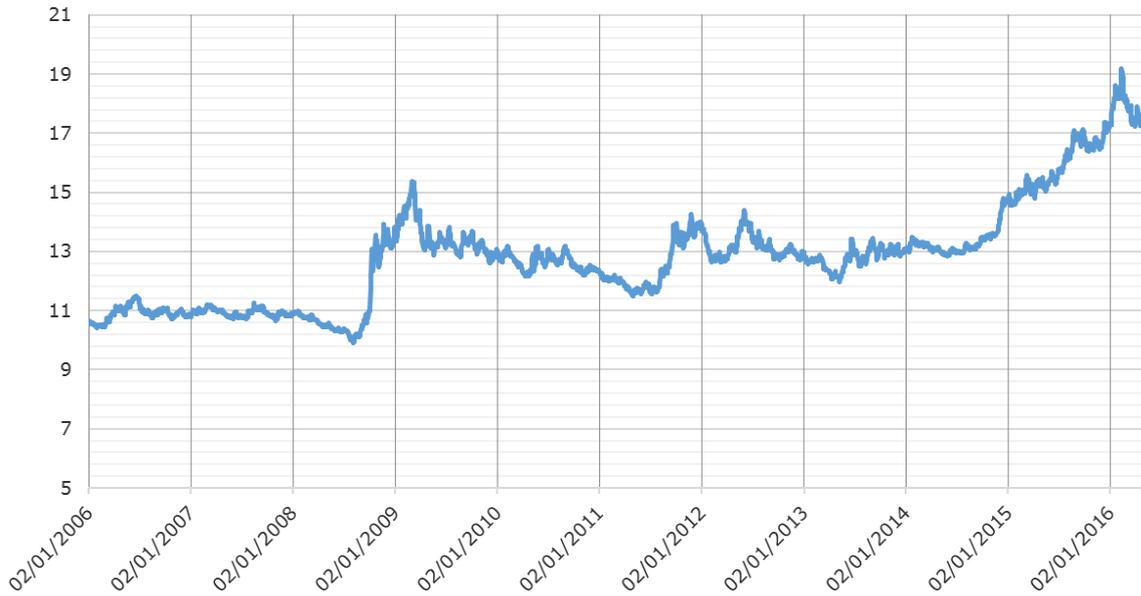


Figura 36. Evolución del tipo de cambio desde 2006 en \$MN/dólar. Fuente: Banco de México. Serie histórica del tipo de cambio, Tipo de cambio peso dólar desde 1954

El dólar americano se apreció una media del 4.3% por año con respecto al peso Mexicano desde el 2006 al 2016. En los escenarios futuros asumimos que esta tendencia continúa para el período de estudio 2017-2036.

5.4.4 Infraestructura industrial de producción de biodiésel

Para atender una determinada demanda de biodiésel en el mercado se ha de disponer no sólo de los insumos necesarios, sino de suficiente capacidad de producción en la cadena de suministro. Un elemento fundamental de la cadena de suministro son las instalaciones de conversión de insumos a biodiésel.

Las necesidades de infraestructura de conversión de insumos a biodiésel se calculan de modo endógeno en la herramienta de escenarios en base a la evolución de la demanda de biodiésel esperada. Se establece un tamaño estándar mínimo de planta de conversión con una capacidad de producción de 100,000 m³ de biodiésel al año con el fin de mantener los costos unitarios de conversión de aceites a biodiésel en rangos de escala industrial.

En cada año del escenario (año "n") el modelo analiza la demanda de biodiésel esperada dos años más tarde (año n + 2). En el año n+1 esta capacidad es añadida al volumen ya existente de capacidad de conversión. El stock de capacidad de conversión inicial en el año 2017 se asume como cero¹⁴.

¹⁴ Las plantas existentes en la actualidad en México son de escala de demostración (ver capítulo 3.1)

5.5 Escenarios futuros de desarrollo del biodiésel: Resultados

5.5.1 Escenario tendencial

El escenario tendencial refleja los posibles resultados futuros en términos de introducción del biodiésel en el mercado con la continuación de las condiciones existentes en la actualidad.

Para ello se asume que no se adopta ninguna política específica de apoyo al biodiésel. En la actualidad existen cargas fiscales diferenciadas del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS) para cada tipo de combustible. Según el DOF¹⁵ de 29/07/2016 la cuota definitiva del IEPS para el diésel en Agosto de 2016 es de 4.580 \$MN/L, mientras que para los combustibles no fósiles es de 2.866 \$MN/L. En este escenario se asume que esta diferencia fiscal entre el diésel y el biodiésel se mantiene en el futuro y que sería aplicable a todo el biodiesel comercializado independientemente del porcentaje de mezcla con el diésel de origen fósil.

Se asume también en este escenario la continuidad de precios de petróleo baratos - que se mantendrían por debajo de los 45 dólares el barril para todo el período de estudio - y una trayectoria de alto consumo de combustible diésel, en línea con la tendencia establecida en las proyecciones de la *Prospectiva¹⁷ de petróleo y petrolíferos 2015-2029*.

Bajo las condiciones arriba descritas el biodiésel no sería competitivo en el mercado Mexicano durante el período de estudio. La Figura 37 muestra las curvas de oferta y demanda del biodiésel en 2017. El biodiésel más barato (procedente de aceites usados y con costos de producción medios estimados de 12.4 \$MN/litro) es más caro que el precio de referencia del diésel de origen fósil. El diferencial fiscal actual (1.71 \$MN/L) desplaza verticalmente la curva de demanda de biodiésel con respecto al precio de referencia del diésel de origen fósil, sin embargo es insuficiente para hacer atractivo el biodiésel.

¹⁵ ACUERDO 57/2016 por el que se dan a conocer las cuotas complementarias y las cuotas definitivas del impuesto especial sobre producción y servicios aplicables a las gasolinas y al diésel, así como los precios máximos de dichos combustibles, aplicables en el mes de agosto de 2016. Disponible desde: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5446208&fecha=29/07/2016

¹⁷ SENER, 2015. *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*. Disponible desde: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44327/Prospectiva_Petroleo_Crudo_y_Petroliferos.pdf

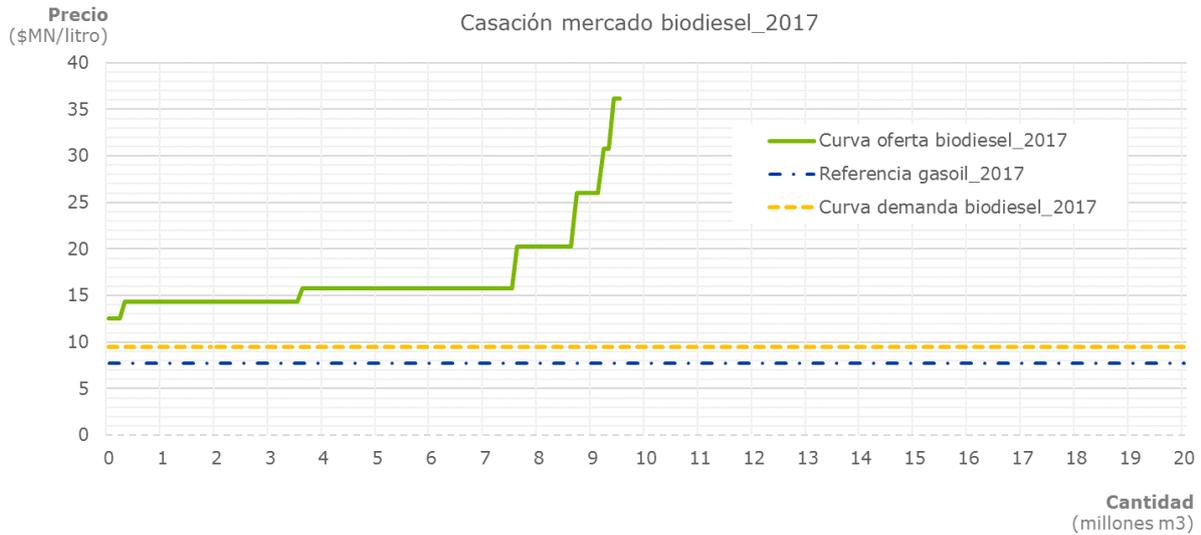


Figura 37. Condiciones para la introducción del biodiésel en 2017 (escenario tendencial)

El resultado del análisis con la herramienta de escenarios muestra que la situación no cambiaría en los próximos 20 años. La Figura 38 muestra las curvas de oferta y demanda del biodiésel esperadas en 2036 bajo el escenario tendencial. A pesar de que se estrecharía la diferencia entre el costo del biodiésel y el precio de referencia del diésel de origen fósil, el diferencial fiscal entre ambas sigue siendo insuficiente para inducir la demanda del biodiésel.

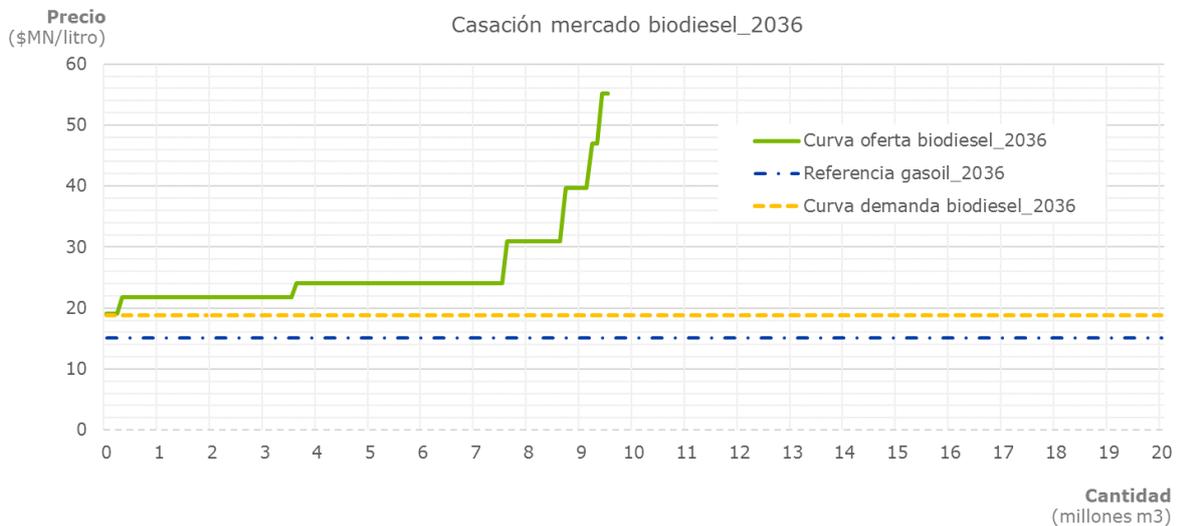


Figura 38. Condiciones para la introducción del biodiésel en 2036 (escenario tendencial)

En base a lo expuesto se puede concluir que es altamente improbable que el biodiésel consiga cuotas de mercado apreciables en el futuro en el mercado Mexicano con la continuación de las condiciones existentes para su desarrollo en la actualidad.

5.5.2 Escenario moderado de adopción del biodiésel

El escenario moderado refleja los resultados futuros de la adopción de políticas de apoyo encaminadas a introducir progresivamente el biodiésel hasta alcanzar una cuota de mercado del 3% en 15 años. A modo comparativo, un objetivo del 3% a largo plazo para el biodiesel se considera apropiado para el escenario moderado si tenemos en cuenta que la penetración del biodiesel en la Unión Europea – tras más de 15 años de desarrollo de la industria e implementación de políticas de apoyo - está actualmente en el entorno del 5%.

Para ello se asume el establecimiento de una obligación creciente de cuota de biodiésel a los suministradores de combustible, que se incrementa de media en $\sim 71,000 \text{ m}^3/\text{año}$ hasta alcanzar el objetivo en 2031. A partir de ahí la cuota obligatoria se mantendría constante. La Figura 41 muestra esta trayectoria tanto en términos de volumen de biodiésel introducido en el mercado como en términos de la cuota de mercado efectiva alcanzada en cada año.

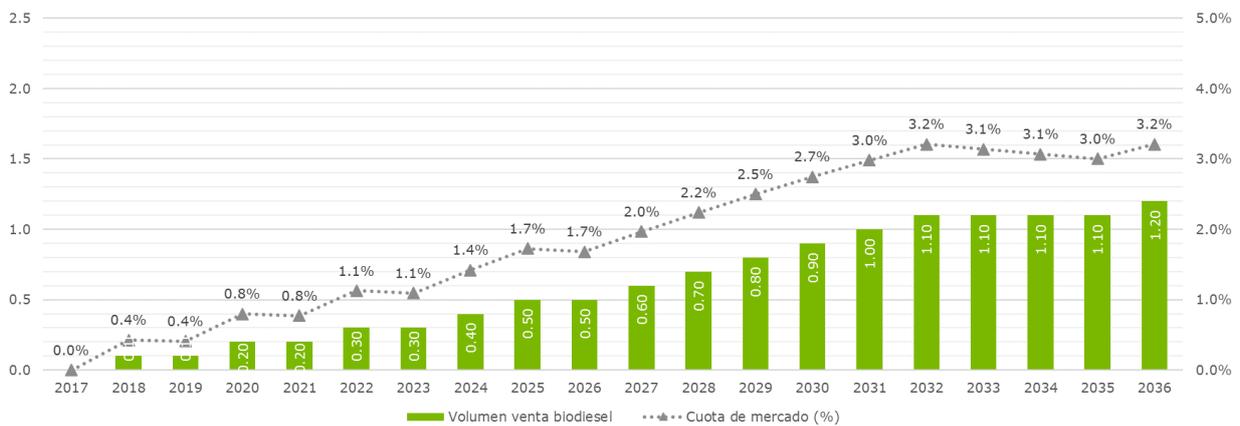


Figura 39. Evolución de la cuota de mercado de biodiésel (millones de m³ y %) en el escenario moderado

Para la construcción de este escenario se utiliza una trayectoria de precios moderados del petróleo, que crecerían progresivamente desde los 45-50 dólares por barril actuales hasta estabilizarse en los 70 dólares por barril a partir del año 2025. Se asumen también crecimientos moderados del consumo de combustible diésel en México, equivalentes al 70% de aquellos proyectados en la *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*.

La Figura 40 muestra la evolución de los costos de apoyo político al biodiésel bajo este escenario.

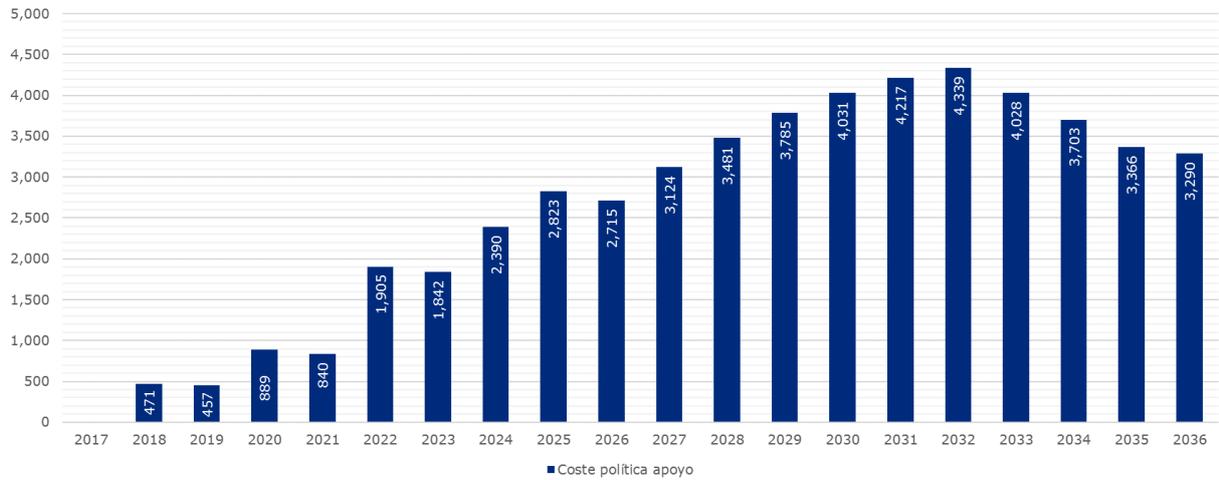


Figura 40. Evolución de los costos de políticas de apoyo (en millones de pesos) en el escenario moderado

Los costos totales de apoyo aumentarían progresivamente en línea con el incremento de la cuota obligatoria de biodiésel hasta un máximo de 4,339 millones de pesos en 2032. A partir de ese momento los costos de apoyo comenzarían a bajar como consecuencia del mantenimiento de la cuota obligatoria en el 3% y el incremento en el largo plazo de los precios de importación del diésel de origen fósil, a su vez debido a los precios moderados del petróleo asumidos y a la apreciación del dólar sobre el peso Mexicano.

En términos de reducción de emisiones de efecto invernadero, bajo este escenario se llegaría a un máximo de mitigación anual de entre 1.7 y 2.4 MtCO₂e/año en 2036, con un total acumulado de emisiones mitigadas en el período 2018-2036 de entre 17 y 24 MtCO₂e.

En términos de impacto económico, se estima que este escenario resultaría en ingresos adicionales acumulados para el sector agrícola de entre 60,000 y 86,000 millones de pesos entre 2018 y 2036 y una inversión acumulada de entre 6,000 y 9,000 millones de pesos en infraestructura industrial de producción de biodiésel.

5.5.3 Escenario optimista de adopción del biodiésel

El escenario optimista refleja los resultados futuros de la adopción de políticas de apoyo encaminadas a introducir el biodiésel en México, con un objetivo a largo plazo de un 6% de cuota de mercado, a un ritmo de penetración más rápido que en el caso del escenario moderado y considerando condiciones más optimistas en relación a los costos futuros del diésel de origen fósil. A modo comparativo, un objetivo del 6% a largo plazo para el biodiesel se considera apropiado para el escenario optimista si tenemos en cuenta que la penetración del biodiesel en la Unión Europea – tras más de 15 años de desarrollo de la industria e implementación de políticas de apoyo - está actualmente en el entorno del 5%.

Con respecto a la adopción de políticas de apoyo al biodiésel, en el escenario optimista se asume el establecimiento de una obligación creciente de cuota de biodiésel como % de las ventas totales de diésel a los suministradores de combustibles, que se incrementa de media en $\sim 160,000 \text{ m}^3/\text{año}$ hasta alcanzar el objetivo en 2028. Una vez alcanzado este objetivo la cuota obligatoria se mantendría constante.

La Figura 41 muestra esta trayectoria de desarrollo tanto en términos de volumen de biodiésel introducido en el mercado como en términos de la cuota de mercado efectiva alcanzada en cada año.

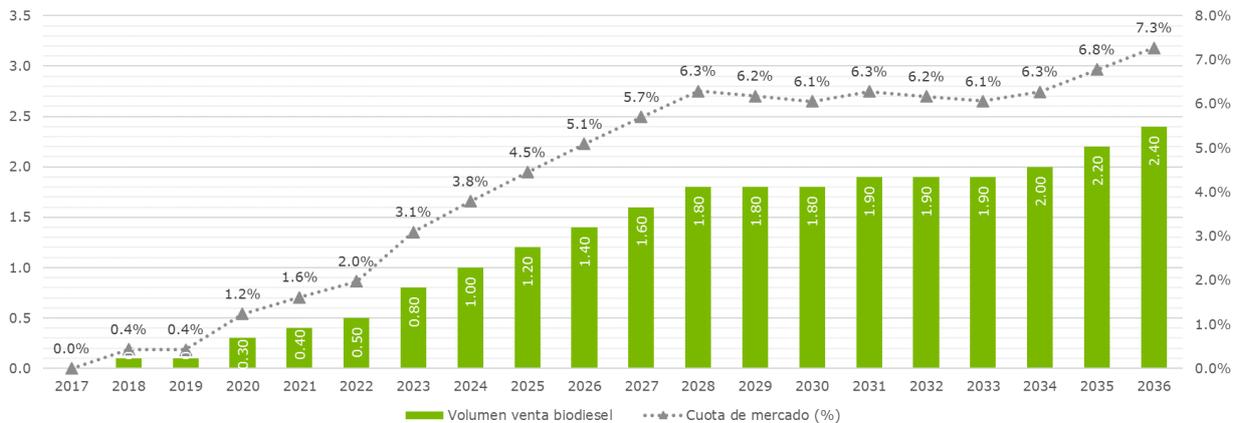


Figura 41. Evolución de la cuota de mercado de biodiésel (millones de m³ y %) en el escenario optimista

Para la elaboración de este escenario se utiliza la trayectoria de precios altos del petróleo, según la cual éstos crecerían progresivamente desde los 45-50 dólares por barril actuales hasta estabilizarse en los 100 dólares por barril a partir del año 2025. En cuanto al volumen de demanda de combustible diésel, se asume un crecimiento medio anual bajo, equivalente al 50% del proyectado en la *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*.

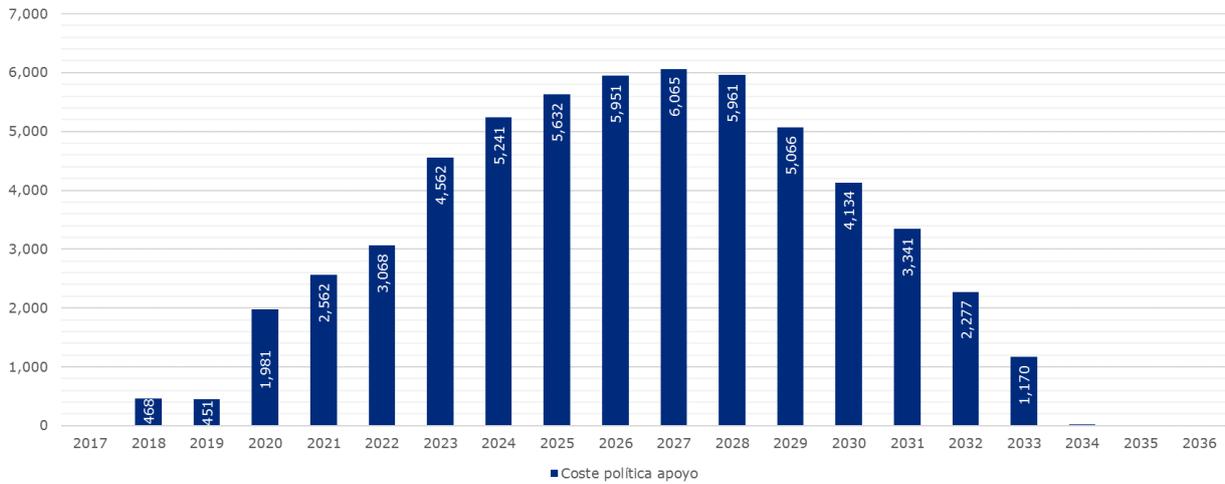


Figura 42. Evolución de los costos de políticas de apoyo (en millones de pesos) en el escenario optimista

Bajo este escenario los costos totales de apoyo aumentarían en línea con el volumen de biodiésel introducido en el mercado hasta un máximo de 6,065 millones de pesos en 2027. A partir de ese momento los costos de apoyo comenzarían a bajar como consecuencia del mantenimiento de la cuota en el 6% y el incremento en el largo plazo de los precios de importación del diésel de origen fósil, debidos a su vez a los precios altos del petróleo asumidos y a la apreciación del dólar sobre el peso Mexicano. De mantenerse dichas condiciones en el largo plazo, el biodiésel podría ser competitivo sin apoyo, motivo por el cual la cuota de mercado aumenta por encima del 6% sin costos adicionales en los últimos años del escenario.

En términos de reducción de emisiones de efecto invernadero, bajo este escenario se llegaría a un máximo de mitigación anual de entre 3.3 y 4.8 MtCO₂e/año en 2036, con un total acumulado de emisiones mitigadas en el período 2017-2036 de entre 35 y 50 MtCO₂e.

En términos de impacto económico, se estima que este escenario resultaría en ingresos adicionales acumulados para el sector agrícola de entre 183,000 y 261,000 millones de pesos entre 2018 y 2036 y una inversión acumulada de entre 12,000 y 18,000 millones de pesos en infraestructura industrial de producción de biodiésel en el mismo período.

6 Conclusiones

Estado del sector y recursos disponibles para la producción de biodiésel

Las principales materias primas actualmente disponibles para producir biodiésel en México son los aceites de cocina usados. Hay una incipiente actividad comercial de recolección y procesamiento, con capacidad instalada de menos de 2 mil m³/a y que todavía opera en gran medida de modo informal. El potencial de expansión para el sector es amplio, ya que se podría obtener desde 120 mil hasta 360 mil m³/a en las ciudades de más de 100 mil habitantes si se alcanzara una tasa de recuperación del 10% al 30% del consumo aparente. Los costos estimados para el biodiésel producido con aceites usados van de 11.12 a 13.70 \$MN/litro.

La posibilidad de producir biodiésel con grasas animales existe técnicamente, ya que se obtienen en el país entre 176 y 215 mil t/año, que podrían convertirse a biodiésel con una producción de 154 a 194 mil m³/a. Sin embargo, los precios de las grasas animales son altos (de 8 a 12 \$MN/kg para el de sebo de res, y de 12 a 20 \$MN/kg para la de grasa de cerdo) por lo cual los costos de producción de biodiésel con estas materias primas se estiman entre 14 y 26 \$MN/litro.

A día de hoy no existen excedentes de aceites crudos para producir biodiésel en México. La producción nacional de aceites vegetales depende de la importación de oleaginosas (o de aceites crudos). En México se cosechan tres cultivos oleaginosos principales: soja, palma y coco. De éstos se obtuvieron unas 271 mil t (o 300 mil m³) de aceites vegetales crudos en 2014. El consumo nacional aparente de aceites fue de 3.4 millones de m³ en 2014, por lo cual la producción nacional de estas materias primas solo cubrió el 9% de la demanda y se importaron semillas oleaginosas y aceites por un 91% de lo consumido.

La tendencia de producción de oleaginosas en México es creciente y, si continuara al mismo ritmo del último decenio se podría llegar a producir 350 mil t de aceite en 2020 y 560 mil t en 2030, equivalente a cubrir en torno a una sexta parte del consumo nacional de aceites con la cosecha nacional de oleaginosas.

Existe la posibilidad técnica de expandir algunos cultivos oleaginosos de modo más intenso, para producir biodiésel en plantaciones dedicadas a esta finalidad. Para no competir con la producción de alimentos y respetar los principios establecidos en la LPDB, solamente se podrían utilizar tierras de pastizales (de uso actual no agrícola y no forestal). Los cultivos considerados por este estudio para esa expansión son seis: palma, coco, soja, girasol, higuera y jatropha.

Las tierras de pastizales son abundantes, pero pocas de ellas tienen las condiciones ambientales (de suelo, clima, topografía) propias de sitios con alta calidad productiva. Para el cultivo de más alta productividad, que es la palma de aceite, las tierras más aptas se concentran en el trópico húmedo del Sureste. Las aptas para el coco se limitan a las costas del Pacífico Sur-central y del Golfo de México. Las restantes oleaginosas (soja, girasol, higuera, jatropha) pueden cultivarse con rendimientos medios o altos en muchas áreas que tengan precipitación mayor a 900 mm durante el ciclo del cultivo y moderadas limitaciones de suelo y pendiente del terreno.

Debe notarse que al establecer cultivos en tierras cuya productividad real es menor que la máxima de ese cultivo, los costos de producción unitarios aumentan a medida que se reduce la aptitud del terreno. Asumiendo que los nuevos cultivos se expanden sólo en las tierras que corresponden a las primeras dos clases de costo de producción (con costo de materia prima hasta 15 \$MN/L), se podría obtener hasta 4.4 millones de m³ de aceite por año (equivalente a ~4.4 millones de m³ de biodiésel), ocupando 3.5 millones de hectáreas, con costos de materias primas entre 6.29 y 12.17 \$MN/L de aceite equivalente. Si se continuara la expansión incluyendo las otras tres clases de costo más caras (hasta 30 \$MN/L) sería posible aumentar la producción hasta un total de 5.3 millones de m³/año, pero con costos marginales marcadamente crecientes (desde 17.87 hasta 27.93 \$MN/L).

El área total de pastizales en México es de unos 13 millones de hectáreas. La conversión de pastos a cultivos de oleaginosas en las áreas de mayor productividad y menor costo de producción (hasta 1.9 millones de hectáreas) resultaría en una oferta de biodiésel de hasta 3.2 millones de m³/a. Ésta opción no tendría efectos muy importantes sobre la disponibilidad de pastos para la cría de ganado (especialmente de bovinos). Sin embargo, expansiones ulteriores del área cultivada resultarían en costos unitarios de biodiésel más altos y podrían aumentar sensiblemente el impacto negativo sobre la ganadería.

Por otro lado, existen abundantes recursos lignocelulósicos disponibles, como residuos agrícolas o coproductos agroindustriales y forestales, que en el futuro podrían utilizarse para obtener biodiésel de segunda generación cuando las tecnologías de conversión hayan alcanzado su madurez comercial y resulten competitivas.

En términos de infraestructura de conversión de aceites crudos a biodiésel, ésta se limita por el momento a un reducido número de plantas de demostración de muy pequeña escala. Se identificaron asimismo 3 plantas de producción de biodiésel que llegaron a operar comercialmente y han cesado operaciones en los últimos años por diversos motivos. En la actualidad operan – o están a punto de entrar en operación – seis plantas de pequeña escala, implantadas con apoyo económico de la SAGARPA. La capacidad total de producción de biodiésel de estas plantas es inferior a los 5,000 m³ al año.

Escenarios futuros

El análisis de escenarios futuros de introducción del biodiésel muestra que es altamente improbable que éste consiga en el futuro cuotas de mercado apreciables bajo un escenario tendencial de continuación de las condiciones existentes para su desarrollo en la actualidad.

Dado que los costos de producción de biodiésel son superiores a su alternativa fósil, la introducción del biodiésel en el mercado se ha de inducir a través de la adopción de políticas de apoyo, que tendrán en cualquier caso un costo económico directo. Este costo es dependiente de múltiples factores como la cuota de mercado de biodiésel deseada o la evolución futura de los precios internacionales del petróleo, entre otros.

Los costos directos de adoptar estas políticas de apoyo al biodiésel ha sido estimados en este estudio bajo dos escenarios: *moderado* y *optimista*.

El escenario **moderado** considera un objetivo a largo plazo del 3% de cuota de mercado, con precios del petróleo moderados (en torno a 70 dólares el barril). Este escenario requeriría un incremento anual de biodiésel en el mercado de unos 71,000 m³/año hasta alcanzar el objetivo en 15 años. Los costos totales de apoyo aumentarían progresivamente en línea con el incremento de la cuota obligatoria de biodiésel hasta un máximo de 4,339 millones de pesos en 2032. A partir de ese momento los costos de apoyo comenzarían a bajar como consecuencia del mantenimiento de la cuota obligatoria en el 3% y el incremento en el largo plazo de los precios de importación del diésel de origen fósil, a su vez debido a los precios moderados del petróleo asumidos (mayores a los actuales) y a la apreciación del dólar sobre el peso Mexicano.

En términos de reducción de emisiones de efecto invernadero, bajo este escenario se llegaría a un máximo de mitigación anual de entre 1.7 y 2.4 MtCO₂e/año en 2036, con un total acumulado de emisiones mitigadas en el período 2018-2036 de entre 17 y 24 MtCO₂e.

En términos de impacto económico, se estima que este escenario resultaría en ingresos adicionales acumulados para el sector agrícola de entre 60,000 y 86,000 millones de pesos entre 2018 y 2036 y una inversión acumulada de entre 6,000 y 9,000 millones de pesos en infraestructura industrial de producción de biodiésel.

El escenario **optimista** considera un objetivo a largo plazo del 6% de cuota de mercado, con precios del petróleo altos (en torno a 100 dólares el barril) y crecimientos moderados del consumo de combustible diésel en México, equivalentes al 70% de aquellos proyectados en la *Prospectiva de petróleo y petrolíferos 2015-2029*. Este escenario requeriría un incremento anual de biodiésel en el mercado de ~ 160,000 m³/año hasta alcanzar el objetivo del 6% en 2028.

Los costos totales de apoyo aumentarían en línea con el volumen de biodiésel introducido en el mercado hasta un máximo de 6,065 millones de pesos en 2027. A partir de ese momento los costos de apoyo comenzarían a bajar como consecuencia del mantenimiento de la cuota en el 6% y el incremento en el largo plazo de los precios de importación del diésel de origen fósil, debidos a su vez a los precios altos del petróleo asumidos y a la apreciación del dólar sobre el peso Mexicano. De mantenerse dichas condiciones en el largo plazo, el biodiésel podría ser competitivo sin necesidad de apoyo.

En términos de reducción de emisiones de efecto invernadero, bajo el escenario optimista se llegaría a un máximo de mitigación anual de entre 3.3 y 4.8 MtCO₂e/año en 2036, con un total acumulado de emisiones mitigadas en el período 2017-2036 de entre 35 y 50 MtCO₂e.

En términos de impacto económico, se estima que este escenario resultaría en ingresos adicionales acumulados para el sector agrícola de entre 183,000 y 261,000 millones de pesos entre 2018 y 2036 y una inversión acumulada de entre 12,000 y 18,000 millones de pesos en infraestructura industrial de producción de biodiésel en el mismo período.

Recomendaciones de política

El diseño e implementación de un programa orientado al fomento de las formas de biodiésel más económicas se considera la opción más razonable a corto plazo. El biodiésel procedente de aceites usados se muestra como el más competitivo entre las opciones estudiadas. Por otro lado la recuperación y valorización energética de los aceites usados tiene impactos ambientales muy favorables al reducir la carga orgánica y las emisiones de carbono de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Desde el punto de vista económico, una exención fiscal situaría al biodiésel de aceites usados en un rango de costos similar al del diésel de origen fósil a precios actuales del petróleo. Por otro lado, el costo total de apoyo sería limitado, ya que el potencial total de producción con aceites usados está por debajo del 2% del consumo total de diésel en el país. Finalmente, la adopción de dicho programa permitiría la creación de un mercado para el biodiésel en el país, adquirir experiencia técnica e institucional en el manejo de un programa de biocombustibles, conteniendo los costos de apoyo.

La adopción de un programa de mayor escala con la introducción de biodiésel procedente de cultivos es técnicamente posible en términos de disponibilidad potencial del recurso. Las necesidades de apoyo económico serían en este caso considerablemente mayores que en el caso de un programa limitado a los aceites usados. Sin embargo, es importante considerar que los costos calculados en este estudio reflejan únicamente el impacto económico directo de incentivar la elección del biodiésel frente al diésel de origen fósil y debe considerarse que además de los beneficios ambientales por la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, existen otros impactos económicos positivos derivados de la introducción del biodiésel. De un lado, genera ingresos adicionales en el sector agrícola e inversión en infraestructura de producción en el sector industrial, con la consecuente generación de empleo y los ingresos fiscales asociados. Por otro lado, el biodiésel producido con recursos nacionales reduce las importaciones de diésel, contribuyendo a mejorar la balanza comercial del país y a mitigar el efecto negativo de altos precios del petróleo.

Los impactos económicos positivos arriba descritos podrían ser significativos y compensar parcialmente los costos directos de un programa de apoyo al biodiésel. Por ello se recomienda evaluar la posibilidad de introducir un programa de mayor escala tras un análisis detallado del impacto en la economía Mexicana en su conjunto, incluyendo no sólo el costo directo de apoyo, sino también los impactos positivos en términos de inversión, ingresos fiscales indirectos, balanza comercial, generación de empleo, entre otros.

Annex I Metodologías

A.1 Cálculo del potencial de expansión de cultivos oleaginosos

Para estimar el potencial de expansión de los cultivos oleaginosos, definimos algunos criterios de selección de las “tierras disponibles”. Para ello, utilizamos la clasificación y los mapas de coberturas y usos de la tierra de INEGI (Serie 5). Incluimos las tierras con cobertura actual de Pastizal (3 clases) y excluimos las tierras con Bosques y Selvas, Vegetación Secundaria, Tierras Agrícolas, y otros.

La exclusión de las áreas cubiertas por bosques y selvas nativas y sus formaciones secundarias, al igual que la exclusión de las tierras ocupadas por cultivos, corresponde a lo establecido en la LPDB y su Reglamento, referidos en la Sección 1 (Antecedentes) de este informe. Por el mismo criterio excluimos las Áreas Naturales Protegidas.

En un segundo paso, definimos algunas condiciones ambientales que condicionan el rendimiento de los cultivos de oleaginosas: pendientes (2 clases); días con heladas (5 clases); temperatura mínima (5 clases); precipitación anual (14 clases), grupos de suelos (25 clases). Asignamos factores de rendimiento a las clases de cada condicionante ambiental para cada uno de los cultivos considerados. Obtuvimos, así unos 430 mil polígonos más o menos aptos para establecer alguno(s) de los seis cultivos considerados, equivalentes a aproximadamente 13 millones de hectáreas ocupadas principalmente por pastizales inducidos.

En un tercer paso, montamos un Sistema de Información geográfica (SIG), que contiene “capas” (file geodatabases) para cada una de las cinco variables ambientales, más una capa de Estados y Municipios y una de Localidades, entre otras.

En el cuarto paso, las capas se combinaron aplicando los factores de rendimiento que afectan al rendimiento potencial o máximo de cada cultivo, asignando valores a cada polígono mediante un “script”. Si el valor de algún factor es cero, el resultado es cero para ese polígono. El valor máximo teórico sería 1, pero esto es altamente improbable, porque en la gran mayoría de los casos alguno de los coeficientes de rendimiento resulta menor a 1.

El producto de todos los coeficientes por el rendimiento máximo posible de cada cultivo generó así los valores de rendimiento esperado que se aplicó para obtener el costo de producción de cada polígono.

El costo de establecimiento y mantenimiento de los cultivos se obtuvo de estudios realizados por organismos oficiales mexicanos (SAGARPA, INIFAP, FIRA, COFUPRO) nacionales, y se lo dividió en costo fijo y variable. Se asumió que los costos fijos por hectárea de un mismo cultivo son iguales en todos los polígonos, pero que sus costos variables son una función del rendimiento estimado para ese polígono. Esto permitió que el SIG calculara el costo total de cada cultivo en cada polígono y lo dividiera por su producción, para obtener el costo unitario por tonelada de producto potencialmente cosechable. Este valor se convirtió a costo por m³ de aceite equivalente, con los coeficientes de la Tabla 6.

En el quinto paso, los valores obtenidos se organizaron, clasificaron, filtraron, y procesaron con Tablas Dinámicas en Excel, para obtener tablas de resultados de: producción de materias primas oleaginosas, producción equivalente de aceite, y costos de producción; los que fueron resumidos y clasificados por cultivo, por Estado, y por Municipio. De los 1496 polígonos analizados, se pudo calcular la producción y los costos de materias primas en 626 casos, los que se asignaron al cultivo que tuviera el menor costo de producción por m³ de aceite. Algunos polígonos actualmente ocupados por pasturas quedaron vacíos por presentar condiciones ambientales limitantes que no permitieron asignarles ningún cultivo. Con el SIG también generamos mapas para interpretación visual de los resultados.

A.2 Cálculo del potencial de aceites usados

Para la estimación del aceite usado potencialmente utilizable para la producción de biodiésel utilizamos el método reportado por Scheinbaum et al. (2013), empleando la ecuación:

$$WCO = (Voc) * (Rr) * (Rc) , \text{ donde:}$$

WCO = aceite usado disponible para biodiésel

Voc=Aceite Consumido anualmente

Rr= Proporción de recuperación.

Rc= Proporción de aceite recuperable (consumo en áreas metropolitanas)

Por su parte Voc se estima a partir de la ecuación

$$Voc = Ap [L] + Ai[L] - Ae[L] , \text{ donde:}$$

Ap=Aceite producido nacionalmente en litros

AI=Aceite importado en litros

Ae=Aceite exportado en litros

Tabla 18. Estadística de aceites para el año 2014. Fuente: ANIAME

| | t/a | m ³ / a |
|-------------------------|------------------|--------------------|
| Producción nacional | 1,876,600 | 2,039,783 |
| Importación | 1,288,000 | 1,400,000 |
| Exportación | 31,000 | 33,696 |
| Consumo aparente | 3,133,600 | 3,406,087 |

El consumo aparente nacional tiene dos componentes principales: el consumo de aceite embotellado para cocinar y el consumo de aceites para usos industriales (producción de margarinas, mantecas vegetales, mayonesas, jabones, etc.). El aceite embotellado para cocinar, con el 60% del consumo total, corresponde a un consumo "per cápita" anual de 17.2 L. Este valor se tomó como base para estimar el potencial de recuperación de aceite usado de cocina.

Para el coeficiente de recuperación de aceites usados (Rr), se encontraron valores muy discrepantes en la bibliografía. Asumimos los valores más conservadores y asignamos un valor de Rr=10% para un escenario de baja producción y Rr=30% para un escenario de alta producción (Tabla 19).

Tabla 19. Coeficientes de recuperación de aceite usado (Rr)

| Autor | Coef. recuperación |
|--|--------------------|
| Scheinbaum (México) | 30% |
| Plascencia A. (México) | 49% |
| Thamsiroj T, Murphy JD. (Irlanda) | 21% |
| Kumaran P, Mazlini N, Hussein I, Nazrain M, Khairul M. (Malasia) | 30% |
| ReOil (México) | 40% |
| Biofuels de México (México) | 30% |
| Iglesias et al. (2012) (España) | 10% |

En cuanto al coeficiente (Rc) asumimos un valor de 58%, que de acuerdo a INEGI, es el porcentaje de la población que habita en comunidades con más de 100 mil habitantes, las cuales consideramos viables para recolección de aceite.

A.3 Cálculo del potencial de grasas animales

El potencial técnico de producción de grasas animales se calculó con base en la información de SIAP sobre número de cabezas de bovinos, porcinos y aves sacrificadas en los rastros de México en el año 2014.

Una encuesta a operadores de rastros permitió obtener valores máximos y mínimos de obtención de sebo, grasa de cerdo y grasa de pollo, expresados en kg por cabeza. Los potenciales técnicos de producción resultaron de multiplicar el número de cabezas sacrificadas por el valor mínimo y máximo de producción de grasa animal por cabeza, para cada una de los tres grupos de animales faenados: bovinos, porcinos, y aves.

Para estimar la posible producción de biodiésel a partir de grasas animales se asumió una relación de conversión de 0.9 L de biodiésel por 1.0 kg de grasa.

A.4 Cálculo del potencial de residuos agrícolas

El potencial de recuperación de residuos agrícolas de campo (esquilmos de cosechas) se calculó en base a los datos de SIAP sobre cinco cultivos principales: trigo, cebada, maíz, sorgo. A los valores de cosecha reportados para el año 2014 por cada Estado se los multiplicó por una serie de cuatro coeficientes específicos:

Tabla 20. Coeficientes para cálculo de residuos de cultivos de cosecha anual. Fuente: REMBIO

| Coeficientes | Función | TRIGO | CEBADA | MAIZ | SORGO | CAÑA |
|--------------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Esquileo / Cosecha | Expresa la relación entre materia seca no cosechada y al producto cosechado (paja: grano de trigo; punta y hoja : tallo de caña) | 0.6 | 0.65 | 1.3 | 1.33 | 0.10 |
| Acceso | Es la fracción del área cosechada a la cual se tiene acceso físico para poder retirar los esquilmos: depende de la pendiente del terreno, su pedregosidad, cercanía a caminos. | 0.8 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.8 |
| Recuperación | Es la fracción técnicamente recuperable de la materia seca no cosechada. | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| Disponibilidad | Es la fracción de los esquilmos que no tiene otros usos concurrentes preferentes -como forrajes, cobertura de suelos, cama de ganado- y podrían ser usados para energía. | 0.5 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.9 |
| Coeficiente Final | | 0.192 | 0.328 | 0.094 | 0.096 | 0.058 |

Los valores obtenidos representan el potencial técnico neto de obtención de biomasa residual para biodiésel, ya deducidos los usos concurrentes actualmente identificados.

A.5 Cálculo del potencial de biomasa forestal

El potencial de biomasa forestal para biodiésel se estimó con las bases de datos y metodología utilizadas por el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE- SENER). Representa el incremento medio anual de maderas no aptas para usos industriales en los bosques y selvas de México que se encuentran en terrenos con menos de 30% de pendiente y a menos de 3 km de una camino.

Definimos como maderas no aptas para usos industriales a las de los árboles de especies no comerciales, más la de las partes de árboles que no son comercialmente utilizables para aserrío, celulosa, tableros o postes; en su conjunto son maderas que por su forma o su calidad solo son aptas para uso energético.

Las tablas de resultados presentan la disponibilidad en tMS/año, por Estados y grupos de especies, según los datos de extensión y la tipología de INEGI- Serie 5. Los valores obtenidos equivalen al potencial técnico bruto, sin considerar los usos concurrentes. El potencial técnico es de 112 millones de tMS/año, pero deben deducirse unos 22 millones de tMS/año usados como combustible doméstico y 3 millones de tMS/año destinados a fabricar carbón de leña. El potencial neto, resulta así de unos 87 millones de tMS/año.

A.6 Cálculo de mitigación de emisiones GEI

Para la estimación de la reducción de emisiones atribuible a la introducción del biodiesel en el mercado Mexicano se empleó un rango de factor de reducción de emisiones basado en los valores oficiales publicados en el Anexo V de la Directiva Europea de Fomento de Energías Renovables (DIRECTIVA 2009/28/CE), tal y como se describe a continuación:

Como valor de referencia para las emisiones del combustible diésel de origen fósil se empleó el valor de 83.8 gCO₂/MJ, según la mencionada directiva.

En cuanto al % de reducción de emisiones por el uso de biodiesel, la tabla A del citado Anexo V de la Directiva Europea proporciona valores por defecto y valores típicos (iguales o mayores que los valores por defecto) para diferentes tipos de biodiesel en base al insumo empleado para su producción. Para obtener los rangos aplicados en este estudio seleccionamos los valores por defecto y típicos publicados en la Directiva (utilizando los valores por defecto como rango inferior y los valores típicos como rango superior) para los siguientes insumos:

- Aceites usados (entre 83% y 88% de reducción de emisiones);
- Palma aceitera (entre 19% y 62% de reducción de emisiones);
- Soja (entre 31% y 40% de reducción de emisiones);

Asumiendo el mismo peso para estos tres cultivos, se obtiene (como media) un rango de reducción de emisiones de entre 43.9% y 62.7% con respecto al uso de diésel de origen fósil.

Annex II Mapas del SIG

A.7 Parámetros limitantes para la aptitud de cultivos

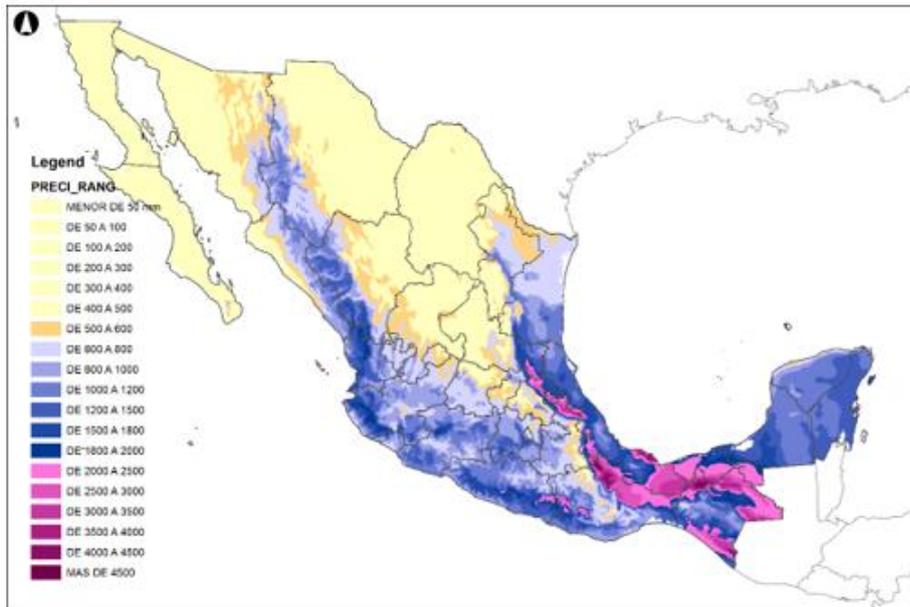


Figura 43. Clasificación de áreas en base a nivel de precipitación. Fuente: INEGI (2015)

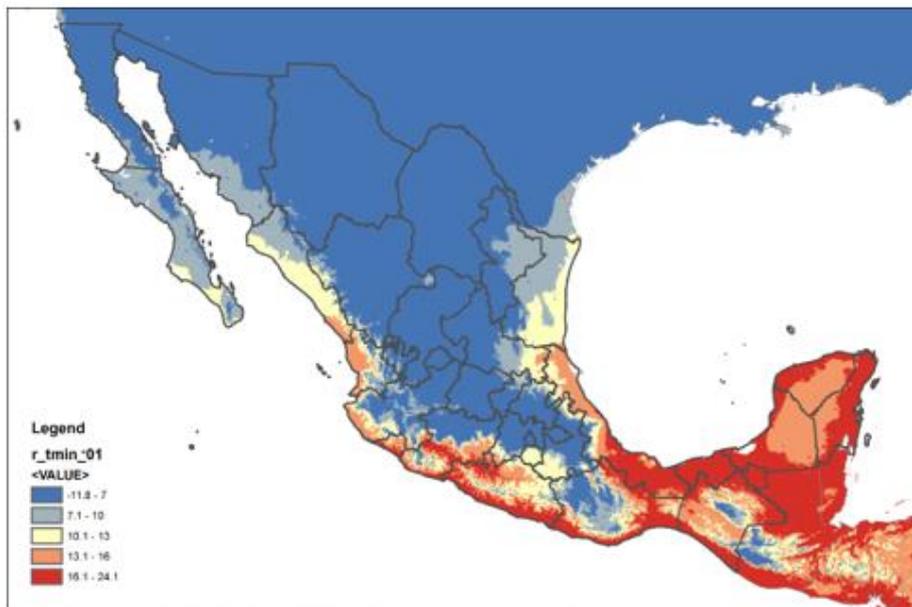


Figura 44. Clasificación de áreas en base a temperaturas mínimas. Fuente: INEGI (2015)

A.8 Áreas aptas para diferentes tipos de cultivos



Figura 45. Áreas aptas para cultivo de jatropha. Fuente: REMBIO (2016)



Figura 46. Áreas aptas para cultivo de higuierilla. Fuente: REMBIO (2016)

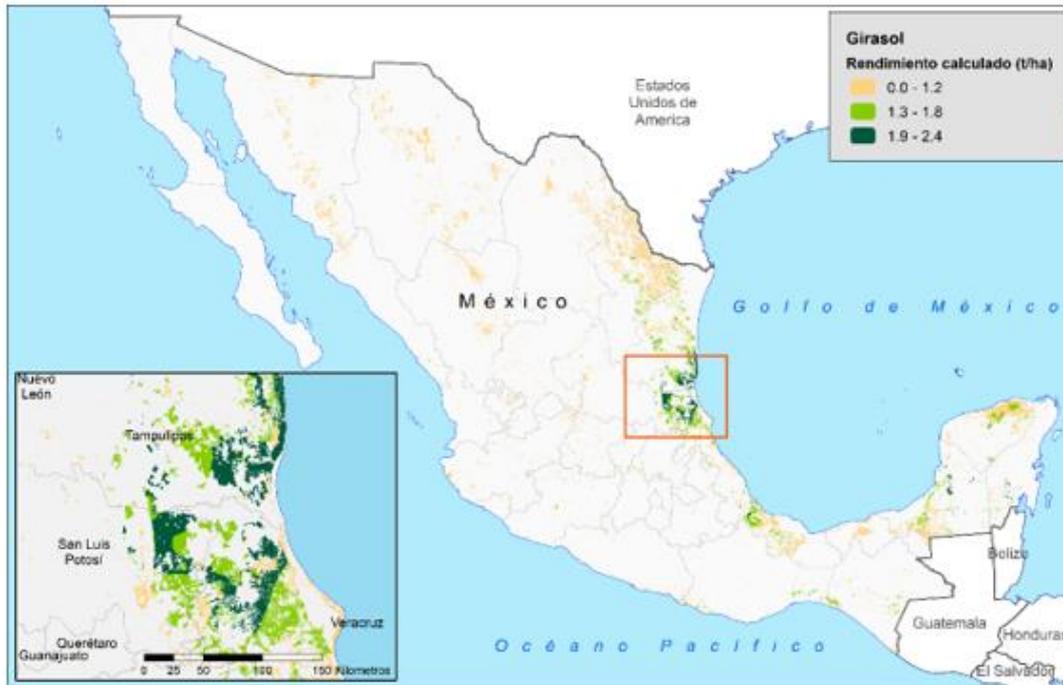


Figura 47. Áreas aptas para cultivo de girasol. Fuente: REMBIO (2016)



Figura 48. Áreas aptas para cultivo de coco. Fuente: REMBIO (2016)



Figura 49. Áreas aptas para cultivo de palma de aceite. Fuente: REMBIO (2016)



Figura 50. Áreas aptas para cultivo de soja. Fuente: REMBIO (2016)

A.9 Mapas de disponibilidad de residuos agrícolas lignocelulósicos

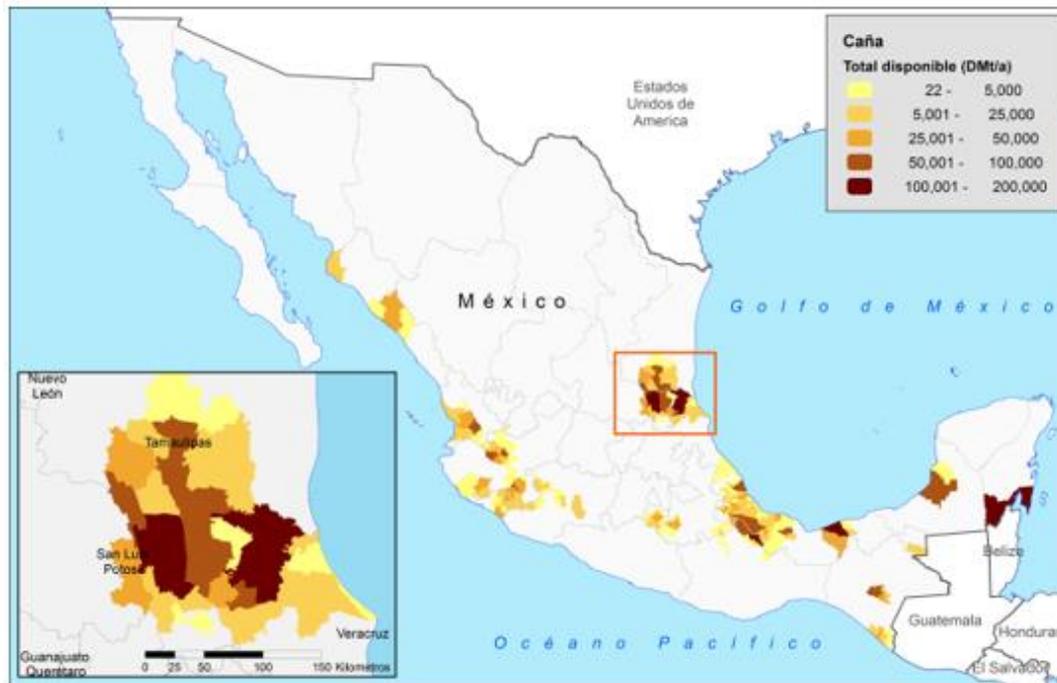


Figura 51. Disponibilidad de residuos de caña. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP (2014)

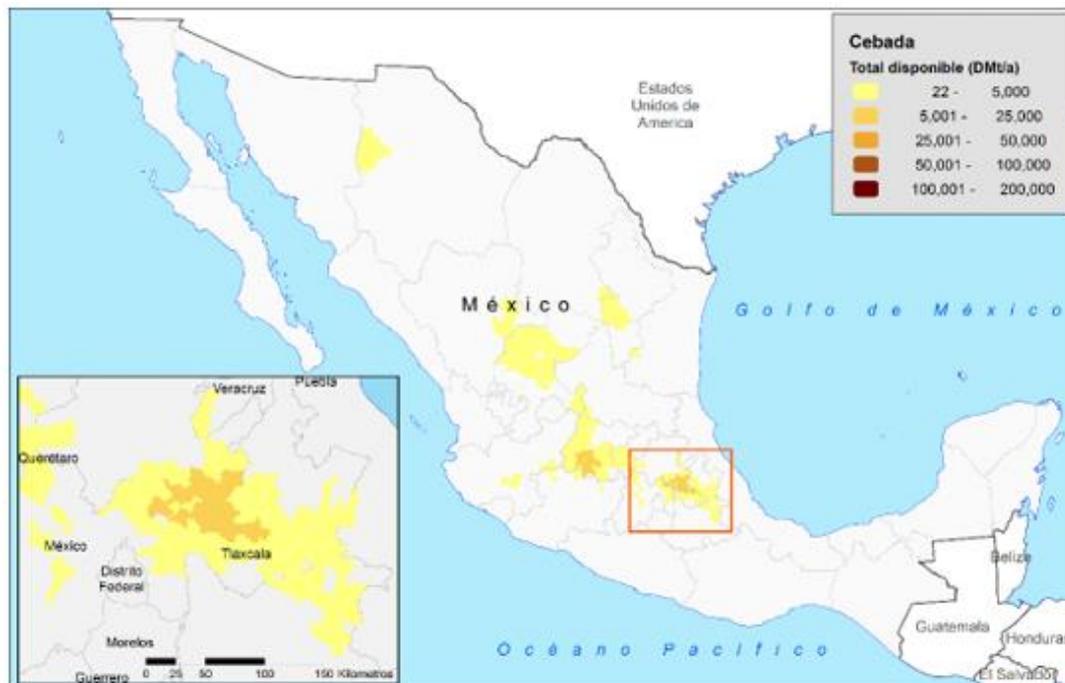


Figura 52. Disponibilidad de residuos de cebada. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP (2014)

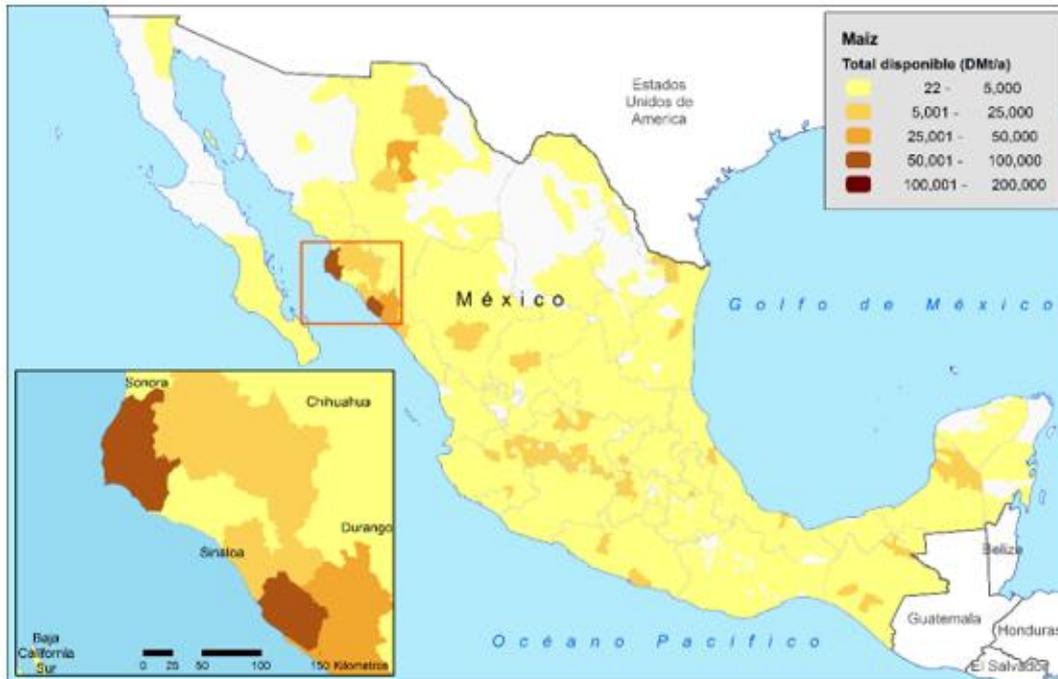


Figura 53. Disponibilidad de residuos de maíz. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP (2014)



Figura 54. Disponibilidad de residuos de sorgo. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP (2014)

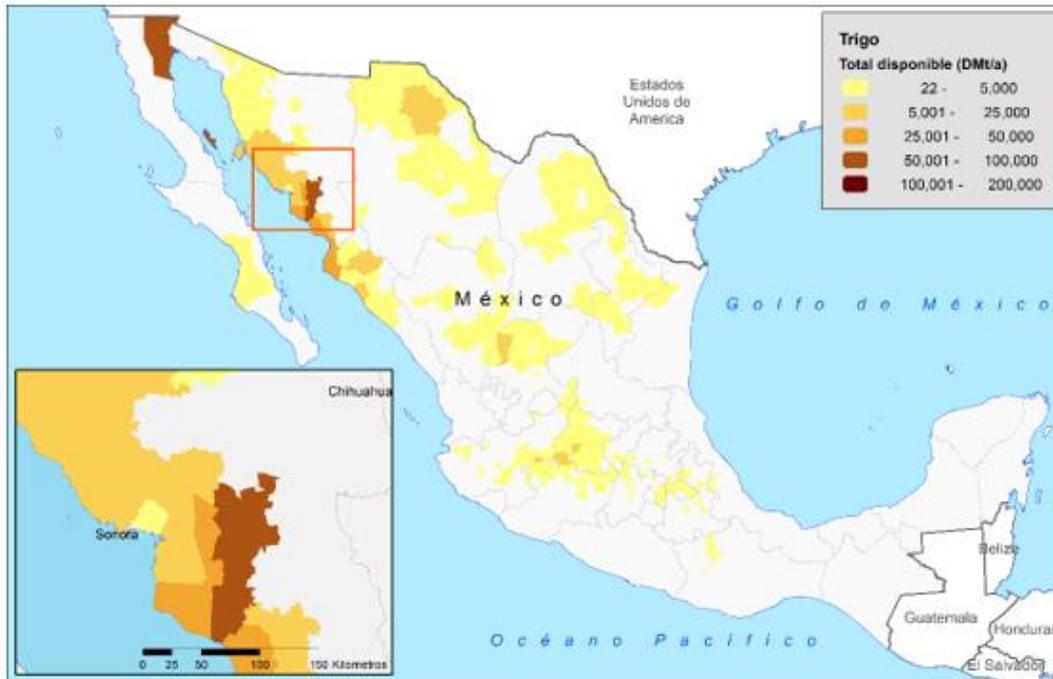


Figura 55. Disponibilidad de residuos de trigo. Fuente: REMBIO (2016) con datos de SIAP (2014)

A.10 Mapas de potencial de tala sustentable de biomasa forestal

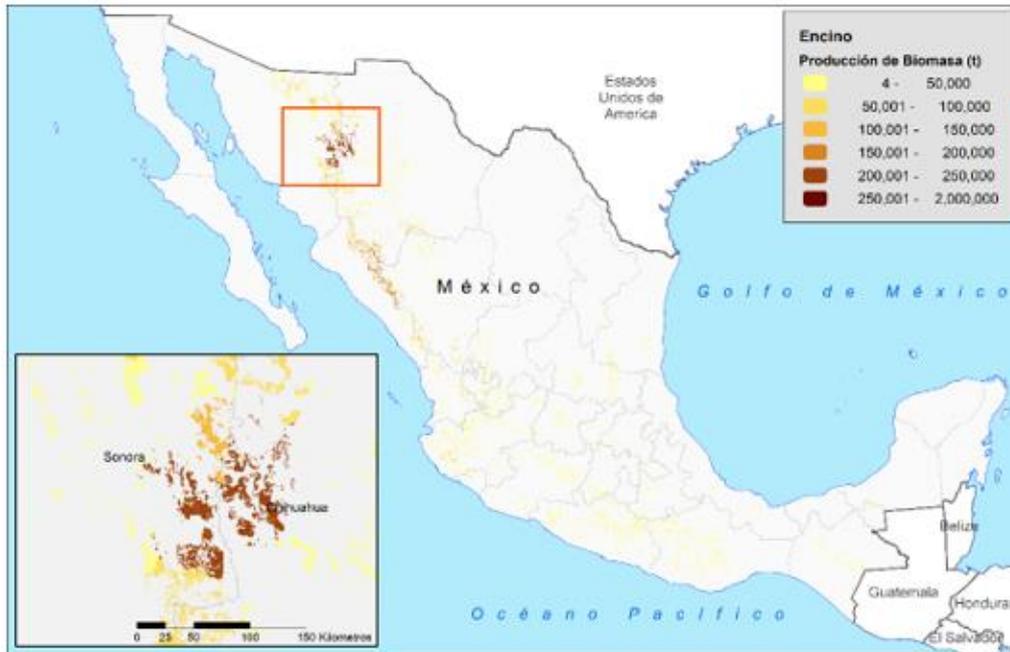


Figura 56. Potencial para tala sustentable de encino. Fuente: REMBIO (2016)

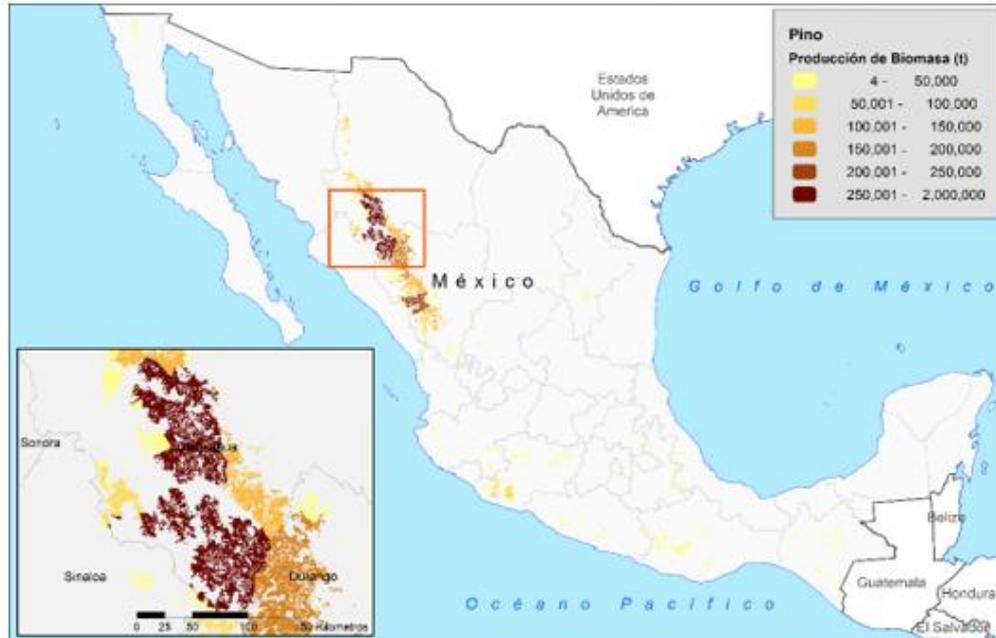


Figura 57. Potencial para tala sustentable de pino. Fuente: REMBIO (2016)



Figura 58. Potencial para tala sustentable de selva alta. Fuente: REMBIO (2016)

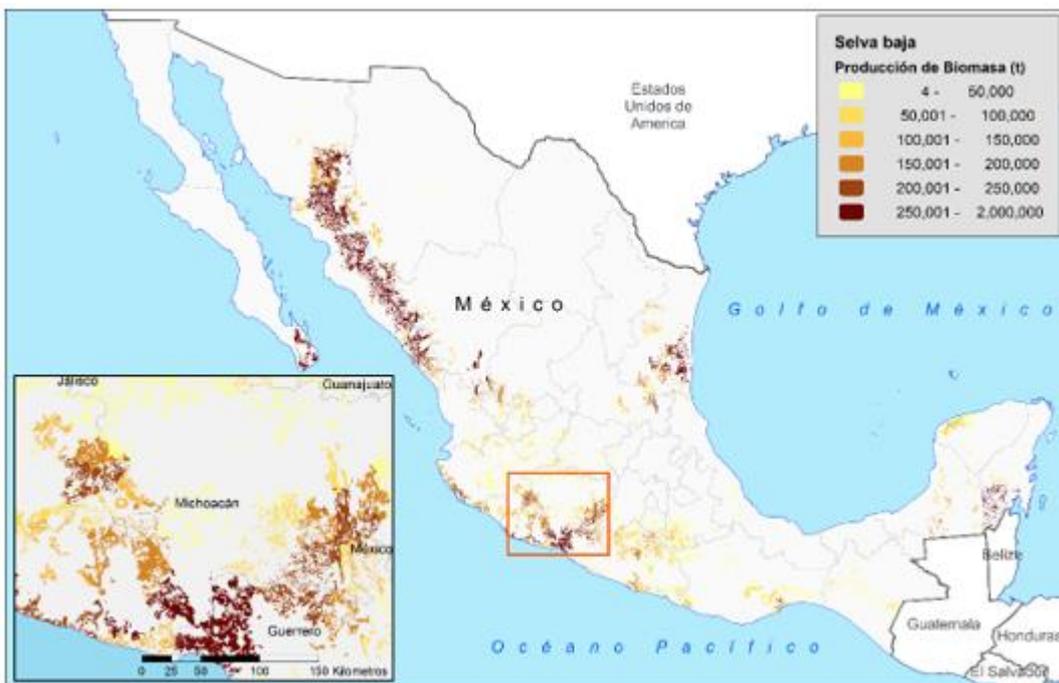


Figura 59. Potencial para tala sustentable de selva baja. Fuente: REMBIO (2016)

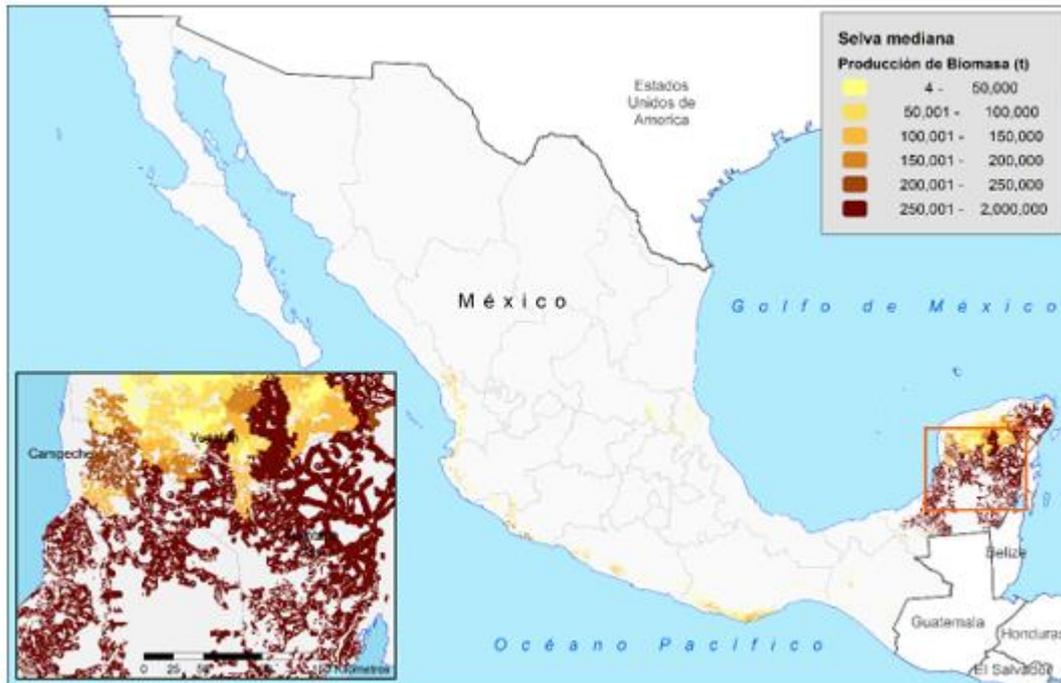


Figura 60. Potencial para tala sustentable de selva mediana. Fuente: REMBIO (2016)

Annex III Contenidos del Sistema de Información Geográfica

Los contenidos del SIG construido para este estudio se listan a continuación:

- Capa de estadísticas de área sembrada y cosechada, producción y productividad de 6 cultivos (fuente SIAP): canola, girasol, soja, coco, palma, jatropha e higuera.
- Capa de potencial biomásico de residuos de cultivos (base SIAP + cálculos propios): trigo, cebada, maíz, sorgo, caña de azúcar
- Capa de potencial de biomasa de residuos de agroindustrias: bagazo de caña y de agave
- Capa de residuos de industrias forestales: aserrín, costeros, puntas y ramas (Anuario forestal 2013, por Estado)
- Capa de tala sustentable de bosques y selvas: es el POTENCIAL de producción de biomasa leñosa mediante manejo forestal (SENER 2013)
- Capa de Aceites vegetales usados (estimación por población urbana en Municipios de más de 100 mil habitantes)

Annex IV Información analizada, construida y seleccionada

Tabla 21. Potencial de recuperación de biodiésel de aceite usado en localidades con población mayor a 100 mil habitantes

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|---------------------|-------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Aguascalientes | Aguascalientes | 797,010 | 13,626,713 | 1,363 | 4,088 |
| | Jesús María. | 99,590 | 1,702,719 | 170 | 511 |
| Baja California | Mexicali | 936,826 | 16,017,188 | 1,602 | 4,805 |
| | Tecate | 101,079 | 1,728,177 | 173 | 518 |
| | Tijuana | 1,559,683 | 26,666,356 | 2,667 | 8,000 |
| | Rosarito | 90,668 | 1,550,177 | 155 | 465 |
| Baja California Sur | La Paz | 251,871 | 4,306,312 | 431 | 1,292 |
| | Los Cabos | 238,487 | 4,077,482 | 408 | 1,223 |
| Campeche | Campeche | 259,005 | 4,428,284 | 443 | 1,328 |
| | Carmén | 221,094 | 3,780,109 | 378 | 1,134 |
| Coahuila | Acuña | 133,765 | 2,287,019 | 229 | 686 |
| | Matamoros | 107,160 | 1,832,146 | 183 | 550 |
| | Monclova | 216,206 | 3,696,537 | 370 | 1,109 |
| | Piedras Negras | 152,806 | 2,612,569 | 261 | 784 |
| | Saltillo | 725,123 | 12,397,640 | 1,240 | 3,719 |
| | San Pedro | 102,650 | 1,755,037 | 176 | 527 |
| Colima | Torreón | 639,629 | 10,935,924 | 1,094 | 3,281 |
| | Colima | 146,904 | 2,511,661 | 251 | 753 |
| | Manzanillo | 161,420 | 2,759,845 | 276 | 828 |
| | Tecomán | 112,726 | 1,927,309 | 193 | 578 |
| Chiapas | Villa de Alvarez | 119,956 | 2,050,923 | 205 | 615 |
| | C. de Dominguez | 141,013 | 2,410,940 | 241 | 723 |
| | Chilón | 111,554 | 1,907,271 | 191 | 572 |
| | Las Margaritas | 111,484 | 1,906,074 | 191 | 572 |
| | Ocosingo | 198,887 | 3,400,429 | 340 | 1,020 |
| | Palenque | 110,918 | 1,896,397 | 190 | 569 |
| Chihuahua | S.Cristóbal Casas | 185,917 | 3,178,677 | 318 | 954 |
| | Tapachula | 320,451 | 5,478,844 | 548 | 1,644 |
| | Tuxtla Gutierrez. | 553,374 | 9,461,197 | 946 | 2,838 |
| | Cuahutemoc | 154,639 | 2,643,908 | 264 | 793 |

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|------------|----------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Chihuahua | 819,543 | 14,011,966 | 1,401 | 4,204 |
| | Delicias | 137,935 | 2,358,315 | 236 | 707 |
| | Hidalgo del Parral | 107,061 | 1,830,453 | 183 | 549 |
| | Juárez. | 1,332,131 | 22,775,833 | 2,278 | 6,833 |
| DF | Azapotzalco | 414,711 | 7,090,435 | 709 | 2,127 |
| | Coyoacán | 620,416 | 10,607,433 | 1,061 | 3,182 |
| | Cuajimalpa | 186,391 | 3,186,781 | 319 | 956 |
| | Gustavo A. Madero | 1,185,772 | 20,273,490 | 2,027 | 6,082 |
| | Iztacalco | 384,326 | 6,570,934 | 657 | 1,971 |
| | Iztapalapa | 1,815,786 | 31,045,023 | 3,105 | 9,314 |
| | Magdalena Contreras | 239,086 | 4,087,723 | 409 | 1,226 |
| | Milpa Alta | 130,582 | 2,232,599 | 223 | 670 |
| | Alváro Obregón | 727,034 | 12,430,313 | 1,243 | 3,729 |
| | Tlahuac | 360,265 | 6,159,556 | 616 | 1,848 |
| | Tlalpán | 650,567 | 11,122,934 | 1,112 | 3,337 |
| | Xochimilco | 415,007 | 7,095,496 | 710 | 2,129 |
| | Benito Juárez. | 385,439 | 6,589,963 | 659 | 1,977 |
| | Cuahutemoc | 531,831 | 9,092,870 | 909 | 2,728 |
| | Miguel Hidalgo | 372,889 | 6,375,392 | 638 | 1,913 |
| | Venustiano Carranza | 430,978 | 7,368,557 | 737 | 2,211 |
| Durango | Durango | 582,267 | 9,955,189 | 996 | 2,987 |
| | Gomez Palacio | 327,985 | 5,607,655 | 561 | 1,682 |
| | Lerdo | 141,043 | 2,411,453 | 241 | 723 |
| Guanajuato | Acámbaro | 109,030 | 1,864,118 | 186 | 559 |
| | San Miguel Allende | 160,383 | 2,742,115 | 274 | 823 |
| | Celaya | 468,469 | 8,009,551 | 801 | 2,403 |
| | Dolores Hidalgo | 148,173 | 2,533,357 | 253 | 760 |
| | Guanajuato | 171,709 | 2,935,759 | 294 | 881 |
| | Irapuato | 529,440 | 9,051,990 | 905 | 2,716 |
| | León | 1,436,480 | 24,559,918 | 2,456 | 7,368 |
| | Penjámó | 149,936 | 2,563,500 | 256 | 769 |
| | Salamánca | 260,732 | 4,457,811 | 446 | 1,337 |
| | San Felipe | 106,952 | 1,828,590 | 183 | 549 |
| | San Fransisco Rincón | 113,570 | 1,941,739 | 194 | 583 |
| | San Luis de la Paz | 115,656 | 1,977,404 | 198 | 593 |
| | Sílao | 173,024 | 2,958,242 | 296 | 887 |
| | Valle de Santiago | 141,058 | 2,411,710 | 241 | 724 |

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|-------------|----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Guerrero | Acapulco de Juárez | 789,971 | 13,506,365 | 1,351 | 4,052 |
| | Chilapa de Álvarez | 120,790 | 2,065,182 | 207 | 620 |
| | Chilpancingo de Alarcón | 241,717 | 4,132,706 | 413 | 1,240 |
| | Iguala de la independencia | 140,363 | 2,399,827 | 240 | 720 |
| | Zihuatanejo de Azueto | 118,211 | 2,021,088 | 202 | 606 |
| | Taxco de Alarcón | 104,053 | 1,779,025 | 178 | 534 |
| Hidalgo | Huejutla de Reyes | 122,905 | 2,101,343 | 210 | 630 |
| | Pachuca de Soto | 267,862 | 4,579,715 | 458 | 1,374 |
| | Mineral de la reforma | 127,404 | 2,178,263 | 218 | 653 |
| | Tula de Allende | 103,919 | 1,776,733 | 178 | 533 |
| | Tulancingo de Bravo. | 151,584 | 2,591,676 | 259 | 778 |
| Jalisco | Zapotlán el Grande | 100,534 | 1,718,859 | 172 | 516 |
| | Guadalajara | 1,495,189 | 25,563,683 | 2,556 | 7,669 |
| | Lagos de Moreno | 153,817 | 2,629,854 | 263 | 789 |
| | Puerto Vallarta | 255,681 | 4,371,453 | 437 | 1,311 |
| | El Salto | 138,226 | 2,363,290 | 236 | 709 |
| | Tepatitlán de Morelos | 136,123 | 2,327,335 | 233 | 698 |
| | Tlajomulco de Zuñiga | 416,626 | 7,123,176 | 712 | 2,137 |
| | Tlaquepaque | 608,114 | 10,397,103 | 1,040 | 3,119 |
| | Tonalá | 478,689 | 8,184,286 | 818 | 2,455 |
| | Zapopán | 1,243,756 | 21,264,859 | 2,126 | 6,379 |
| Edo. México | Acolmán | 136,558 | 2,334,772 | 233 | 700 |
| | Almoloya de Juaréz | 147,653 | 2,524,466 | 252 | 757 |
| | Atizapán de Zaragoza | 489,937 | 8,376,596 | 838 | 2,513 |
| | Coacalco de Berriozábal | 278,064 | 4,754,141 | 475 | 1,426 |
| | Cuautitlán | 140,059 | 2,394,630 | 239 | 718 |
| | Chalco | 310,130 | 5,302,383 | 530 | 1,591 |
| | Chicoloapan | 175,053 | 2,992,932 | 299 | 898 |
| | Chimalhuacán | 614,453 | 10,505,482 | 1,051 | 3,152 |
| | Ecatepec de Morelos | 1,656,107 | 28,314,945 | 2,831 | 8,494 |
| | Huehuetoca | 100,023 | 1,710,122 | 171 | 513 |
| | Huixquilucan | 242,167 | 4,140,400 | 414 | 1,242 |
| | Ixtapaluca | 467,361 | 7,990,607 | 799 | 2,397 |
| | Ixtlahuaca | 141,482 | 2,418,959 | 242 | 726 |
| Lerma | 134,799 | 2,304,698 | 230 | 691 | |
| Metepec | 214,162 | 3,661,590 | 366 | 1,098 | |

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Naucalpan de Juárez | 833,779 | 14,255,363 | 1,426 | 4,277 |
| | Nezahualcóyotl | 1,110,565 | 18,987,654 | 1,899 | 5,696 |
| | Nicolás Romero | 366,602 | 6,267,901 | 627 | 1,880 |
| | La Paz | 253,845 | 4,340,062 | 434 | 1,302 |
| | San Felipe del Progreso | 121,396 | 2,075,543 | 208 | 623 |
| | Tecámac | 364,579 | 6,233,314 | 623 | 1,870 |
| | Texcoco | 235,151 | 4,020,445 | 402 | 1,206 |
| | Tlalnepantla de Baz | 664,225 | 11,356,449 | 1,136 | 3,407 |
| | Toluca | 819,561 | 14,012,274 | 1,401 | 4,204 |
| | Tultepec | 131,567 | 2,249,439 | 225 | 675 |
| | Tultitlán | 486,998 | 8,326,347 | 833 | 2,498 |
| | Zinacantepec | 167,759 | 2,868,225 | 287 | 860 |
| | Cuatitlán Izcalli | 511,675 | 8,748,257 | 875 | 2,624 |
| | Valle de Chalco Solidaridad | 357,645 | 6,114,761 | 611 | 1,834 |
| Michoacán | Apatzingán | 123,649 | 2,114,063 | 211 | 634 |
| | Cd. Hidalgo | 117,620 | 2,010,983 | 201 | 603 |
| | Lázaro Cárdenas | 178,817 | 3,057,286 | 306 | 917 |
| | Morelia | 729,279 | 12,468,696 | 1,247 | 3,741 |
| | Uruapan | 315,350 | 5,391,631 | 539 | 1,617 |
| | Zamora | 186,102 | 3,181,840 | 318 | 955 |
| | Zitacuaro | 155,534 | 2,659,210 | 266 | 798 |
| Morelos | Cuatla | 154,358 | 2,639,104 | 264 | 792 |
| | Cuernavaca | 338,650 | 5,789,998 | 579 | 1,737 |
| | Juitepec | 162,427 | 2,777,062 | 278 | 833 |
| | Temixco | 108,126 | 1,848,662 | 185 | 555 |
| Nayarit | Tepic | 380,249 | 6,501,228 | 650 | 1,950 |
| | Bahía de Banderas | 124,205 | 2,123,569 | 212 | 637 |
| Nuevo León | Apodaca | 523,370 | 8,948,210 | 895 | 2,684 |
| | García | 143,668 | 2,456,334 | 246 | 737 |
| | San Pedro Garza García | 122,659 | 2,097,137 | 210 | 629 |
| | Gral. Escobedo. | 357,937 | 6,119,753 | 612 | 1,836 |
| | Guadalupe | 678,006 | 11,592,066 | 1,159 | 3,478 |
| | Juárez | 256,970 | 4,393,491 | 439 | 1,318 |
| | Linares | 78,669 | 1,345,027 | 135 | 404 |
| | Monterrey | 1,135,550 | 19,414,830 | 1,941 | 5,824 |
| | San Nicolas de los Garza | 443,273 | 7,578,768 | 758 | 2,274 |
| | Santa Catarina | 268,955 | 4,598,402 | 460 | 1,380 |

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|-----------------|-----------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Oaxaca | Oaxaca de Juárez. | 263,357 | 4,502,692 | 450 | 1,351 |
| | San Juan B. de Tuxtepec | 155,766 | 2,663,177 | 266 | 799 |
| Puebla | Amozoc | 100,964 | 1,726,211 | 173 | 518 |
| | Atlixco | 127,062 | 2,172,416 | 217 | 652 |
| | Puebla | 1,539,819 | 26,326,735 | 2,633 | 7,898 |
| | San Andrés Cholula | 100,439 | 1,717,235 | 172 | 515 |
| | San Martín Texmelucan | 141,112 | 2,412,633 | 241 | 724 |
| | San Pedro Cholula | 120,459 | 2,059,523 | 206 | 618 |
| | Tehuacán | 274,906 | 4,700,148 | 470 | 1,410 |
| Querétaro | Corregidora | 143,073 | 2,446,161 | 245 | 734 |
| | El Marqués | 116,458 | 1,991,116 | 199 | 597 |
| | Querétaro | 801,940 | 13,711,002 | 1,371 | 4,113 |
| | San Juan del Río | 241,699 | 4,132,398 | 413 | 1,240 |
| Quintana Roo | Othón P. Blanco | 244,553 | 4,181,194 | 418 | 1,254 |
| | Benito Juárez | 661,176 | 11,304,319 | 1,130 | 3,391 |
| | Solidaridad | 159,310 | 2,723,770 | 272 | 817 |
| San Luis Potosí | Ciudad Valles | 167,713 | 2,867,438 | 287 | 860 |
| | San Luis Potosí | 772,604 | 13,209,436 | 1,321 | 3,963 |
| | Soledad de Graciano Sánchez | 267,839 | 4,579,322 | 458 | 1,374 |
| Sinaloa | Ahome | 416,299 | 7,117,586 | 712 | 2,135 |
| | Culiacán | 858,638 | 14,680,385 | 1,468 | 4,404 |
| | Guasave | 285,912 | 4,888,321 | 489 | 1,466 |
| | Mazatlán | 438,434 | 7,496,034 | 750 | 2,249 |
| | Navolato | 135,603 | 2,318,444 | 232 | 696 |
| Sonora | Cajeme | 409,310 | 6,998,093 | 700 | 2,099 |
| | Guaymas | 149,299 | 2,552,609 | 255 | 766 |
| | Hermosillo | 784,342 | 13,410,124 | 1,341 | 4,023 |
| | Navojoa | 157,729 | 2,696,739 | 270 | 809 |
| | Nogales | 220,292 | 3,766,397 | 377 | 1,130 |
| | San Luis Río Colorado | 178,380 | 3,049,815 | 305 | 915 |
| Tabasco | Cárdenas | 248,481 | 4,248,352 | 425 | 1,275 |
| | Centla | 102,110 | 1,745,804 | 175 | 524 |
| | Centro | 640,359 | 10,948,405 | 1,095 | 3,285 |
| | Comalcalco | 192,802 | 3,296,392 | 330 | 989 |
| | Cunduacán | 126,416 | 2,161,371 | 216 | 648 |
| | Huimanguillo | 179,285 | 3,065,288 | 307 | 920 |
| | Macuspana | 153,132 | 2,618,143 | 262 | 785 |

| Estado | Municipio | # Habitantes | Litros de aceite consumidos | Recuperación 10% (m3/a) | Recuperación 30% (m3/a) |
|--------------|----------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | Nacajuca | 115,066 | 1,967,317 | 197 | 590 |
| Tamaulipas | Altamira | 212,001 | 3,624,643 | 362 | 1,087 |
| | Ciudad Madero | 197,216 | 3,371,860 | 337 | 1,012 |
| | El Mante | 115,792 | 1,979,730 | 198 | 594 |
| | Matamoros | 489,193 | 8,363,876 | 836 | 2,509 |
| | Nuevo Laredo | 384,033 | 6,565,924 | 657 | 1,970 |
| | Reynosa | 608,891 | 10,410,387 | 1,041 | 3,123 |
| | Tampico | 118,259 | 2,021,909 | 202 | 607 |
| | Victoria | 321,953 | 5,504,524 | 550 | 1,651 |
| Veracruz | Boca del Río | 138,058 | 2,360,418 | 236 | 708 |
| | Coatzacoalcos | 305,260 | 5,219,119 | 522 | 1,566 |
| | Córdoba | 196,541 | 3,360,319 | 336 | 1,008 |
| | Cosoleacaque | 117,725 | 2,012,779 | 201 | 604 |
| | Xalapa | 457,928 | 7,829,329 | 783 | 2,349 |
| | Martínez de la Torre | 101,358 | 1,732,947 | 173 | 520 |
| | Minatitlán | 157,840 | 2,698,637 | 270 | 810 |
| | Orizaba | 120,995 | 2,068,687 | 207 | 621 |
| | Papantla | 158,599 | 2,711,613 | 271 | 813 |
| | Poza Rica de Hidalgo | 193,311 | 3,305,095 | 331 | 992 |
| | San Andrés Tuxtla | 157,364 | 2,690,498 | 269 | 807 |
| | Tantoyuca | 101,743 | 1,739,530 | 174 | 522 |
| | Álamo Temapache | 104,499 | 1,786,650 | 179 | 536 |
| | Tuxpan | 143,362 | 2,451,102 | 245 | 735 |
| | Veracruz | 552,156 | 9,440,372 | 944 | 2,832 |
| Yucatán | Mérida | 830,732 | 14,203,267 | 1,420 | 4,261 |
| Zacatecas | Fresnillo | 213,139 | 3,644,100 | 364 | 1,093 |
| | Guadalupe | 159,991 | 2,735,413 | 274 | 821 |
| | Zacatecas | 138,176 | 2,362,435 | 236 | 709 |
| Total | | 70,506,117 | 1,205,463,662 | 120,546 | 361,639 |

Tabla 22. Potencial de recuperación de esquilmos (tMS/año) y rendimiento agrícola medio (t/ha) de algunos cultivos.

Fuente: REMBIO (2016) en base a datos de SIAP.

| ESTADOS | TRIGO | | CEBADA | | MAIZ | | SORGO | | CAÑA | |
|----------------------|----------------|------------|----------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|-------------|
| | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha | tMS/a | t/ha |
| Aguascalientes | | | | | 37,759 | 2.6 | 10,664 | 8.0 | | |
| Baja California | 99,900 | 3.7 | | | 10,028 | 3.8 | 6,358 | 4.8 | | |
| Baja California Sur | 4,493 | 4.7 | | | 37,426 | 5.6 | 6,225 | 4.7 | | |
| Campeche | | | | | 32,838 | 1.9 | 30,926 | 2.9 | 20,052 | 71.6 |
| Chiapas | 18 | 1.0 | | | 270,535 | 1.7 | 87,205 | 2.8 | 153,118 | 91.1 |
| Chihuahua | 28,031 | 4.6 | 601 | 1.4 | 274,219 | 4.6 | 62,464 | 5.2 | | |
| Coahuila de Zaragoza | 5,487 | 3.2 | 62 | 1.1 | 89,802 | 1.9 | 57,386 | 3.1 | | |
| Colima | | | | | 50,966 | 3.8 | 55,053 | 5.2 | 103,657 | 92.6 |
| Durango | 2,795 | 2.9 | 1,009 | 2.4 | 118,237 | 2.4 | 55,439 | 3.2 | | |
| Guanajuato | 54,823 | 5.2 | 108,218 | 5.0 | 226,951 | 3.7 | 259,522 | 5.7 | | |
| Guerrero | | | | | 285,923 | 2.7 | 250,297 | 4.0 | | |
| Hidalgo | 679 | 2.7 | 68,297 | 1.9 | 289,727 | 2.6 | 8,185 | 6.1 | | |
| Jalisco | 25,430 | 4.8 | 1,520 | 5.2 | 887,961 | 5.7 | 579,308 | 5.2 | 498,060 | 93.6 |
| México | 3,572 | 2.0 | 22,158 | 1.9 | 587,873 | 3.6 | 31,459 | 5.9 | 195,306 | 93.0 |
| Michoacán | 29,757 | 4.3 | 2,027 | 4.1 | 590,374 | 3.9 | 535,319 | 5.1 | | |
| Morelos | 288 | 4.1 | | | 140,541 | 3.2 | 164,252 | 4.6 | 339,226 | 121.2 |
| Nayarit | | | | | 116,122 | 4.4 | 91,777 | 3.8 | 123,248 | 80.0 |
| Nuevo León | 16,077 | 2.9 | 206 | 2.5 | 86,490 | 2.0 | 85,605 | 2.3 | | |
| Oaxaca | 2,344 | 1.0 | 70 | 1.8 | 832,168 | 1.1 | 113,665 | 2.8 | 135,502 | 69.1 |
| Puebla | 1,432 | 1.7 | 19,177 | 2.0 | 487,578 | 1.7 | 249,511 | 3.9 | 308,286 | 104.9 |
| Querétaro | 278 | 3.4 | 2,679 | 4.5 | 49,636 | 2.1 | 100,655 | 6.9 | | |
| Quintana Roo | | | | | 5,679 | 0.5 | 12,597 | 3.2 | 8,456 | 60.4 |
| San Luis Potosí | 95 | 1.9 | 931 | 0.6 | 78,563 | 1.0 | 47,761 | 2.2 | 101,184 | 72.3 |
| Sinaloa | 53,581 | 4.5 | | | 244,481 | 7.7 | 130,514 | 4.1 | 64,830 | 77.2 |
| Sonora | 332,160 | 4.5 | | | 223,254 | 4.1 | 106,880 | 3.5 | | |
| Tabasco | | | | | 37,041 | 1.6 | 32,325 | 3.5 | 48,425 | 69.2 |
| Tamaulipas | 578 | 2.7 | 165 | 1.3 | 153,256 | 2.9 | 123,796 | 2.4 | 98,346 | 78.1 |
| Tlaxcala | 16,686 | 2.7 | 30,506 | 2.6 | 247,447 | 3.1 | | | | |
| Veracruz | 377 | 1.8 | 210 | 1.4 | 602,636 | 2.2 | 156,468 | 3.8 | 991,322 | 71.5 |
| Yucatán | | | | | 97,422 | 0.7 | 5,185 | 1.9 | | |
| Zacatecas | 7,174 | 1.9 | 10,700 | 1.4 | 195,949 | 2.5 | 53,027 | 3.1 | | |
| Total general | 686,055 | 3.1 | 268,536 | 2.4 | 7,351,123 | 3.0 | 3,499,164 | 4.0 | 3,189,018 | 83.0 |

Tabla 23. Superficie aprovechable de bosques y selvas nativas de México (Ha). Fuente: REMBIO (2016) en base a datos de INERE

| | PINO | ENCINO | MIXTO | SELVA ALTA | SELVA MEDIA | SELVA BAJA | TOTALES |
|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Aguascalientes | | 12,676 | | | | 15,984 | 28,660 |
| Baja California | 64,039 | 1,253 | | | | 205,341 | 270,632 |
| Baja California Sur | | 1,958 | | | | | 1,958 |
| Campeche | | 9,035 | | 25,885 | 1,562,650 | 204,569 | 1,802,139 |
| Chiapas | 154,776 | 105,911 | 382,412 | 552,613 | 72,430 | 226,659 | 1,494,801 |
| Chihuahua | 1,462,202 | 867,292 | 1,568,977 | | | 358,945 | 4,257,416 |
| Coahuila de Zaragoza | 54,340 | 29,292 | 35,357 | | | 18,360 | 137,349 |
| Colima | 101 | 17,820 | 4,432 | | 42,174 | 118,805 | 183,332 |
| Distrito Federal | 11,967 | 861 | 2,618 | | | | 15,446 |
| Durango | 1,624,549 | 449,756 | 919,697 | | 3,365 | 366,411 | 3,363,778 |
| Guanajuato | 11,349 | 100,991 | 8,077 | | | 144,911 | 265,328 |
| Guerrero | 141,436 | 499,039 | 909,760 | | 173,473 | 1,281,439 | 3,005,147 |
| Hidalgo | 20,913 | 44,690 | 27,101 | 13,615 | 21,204 | 249 | 127,772 |
| Jalisco | 95,705 | 659,632 | 635,242 | | 159,284 | 1,030,881 | 2,580,743 |
| México | 25,011 | 80,473 | 83,842 | | | 60,672 | 249,997 |
| Mic | 399,549 | 250,411 | 534,409 | | 114,541 | 1,025,177 | 2,324,087 |
| Morelos | 916 | 4,765 | 1,412 | | | 60,419 | 67,512 |
| Nayarit | 5,833 | 114,003 | 197,896 | | 184,413 | 141,231 | 643,375 |
| Nuevo León | 50,544 | 17,273 | 33,365 | | | 9,841 | 111,023 |
| Oaxaca | 382,011 | 449,076 | 1,036,091 | 345,134 | 427,311 | 634,366 | 3,273,990 |
| Puebla | 76,989 | 77,773 | 65,916 | 35,057 | 9 | 340,687 | 596,430 |
| Querétaro | 1,033 | 24,745 | 12,163 | | 15 | 31,674 | 69,629 |
| Quintana Roo | | | | 119 | 1,761,176 | 224,774 | 1,986,070 |
| San Luis Potosí | 8,566 | 152,696 | 13,379 | 25,163 | 63,352 | 154,947 | 418,103 |
| Sinaloa | 59,513 | 336,210 | 141,371 | | 44,952 | 1,318,788 | 1,900,834 |
| Sonora | 14,165 | 875,913 | 200,414 | | | 1,527,861 | 2,618,354 |
| Tabasco | | 19,676 | | 49,783 | 34,240 | 35,297 | 138,996 |
| Tamaulipas | 9,749 | 81,431 | 12,447 | | 5,195 | 677,502 | 786,325 |
| Tlaxcala | 9,821 | 7,637 | 4,622 | | | 72,189 | 94,269 |
| Veracruz | 51,226 | 36,814 | 21,214 | 352,780 | 98,852 | 262,753 | 823,639 |
| Yucatán | | | | | 2,149,242 | 210,851 | 2,360,093 |
| Zacatecas | 43,388 | 230,634 | 123,010 | | | | 397,032 |
| TOTALES | 4,779,688 | 5,547,062 | 6,975,225 | 1,400,148 | 6,917,879 | 10,745,599 | 36,365,601 |
| Participación | 13% | 15% | 19% | 4% | 19% | 30% | 100% |

Tabla 24. Producción potencial sostenible de biomasa energética en selvas y bosques de México (tMS/año). Fuente: REMBIO (2016) en base a datos de INERE

| | PINO | ENCINO | MIXTO | SELVA ALTA | SEVA MEDIA | SELVA BAJA | TOTALES |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Aguascalientes | | 25,351 | | | | 63,937 | 89,289 |
| Baja California | 128,077 | 2,507 | | | | 821,362 | 951,946 |
| Baja California Sur | | 3,917 | | | | | 3,917 |
| Campeche | | 18,071 | | 129,424 | 6,250,601 | 818,276 | 7,216,372 |
| Chiapas | 309,552 | 211,823 | 764,824 | 2,763,063 | 289,719 | 906,636 | 5,245,617 |
| Chihuahua | 2,924,403 | 1,734,584 | 3,137,954 | | | 1,435,780 | 9,232,721 |
| Coahuila | 108,680 | 58,585 | 70,715 | | | 73,439 | 311,418 |
| Colima | 202 | 35,640 | 8,864 | | 168,697 | 475,221 | 688,624 |
| Distrito Federal | 23,933 | 1,722 | 5,236 | | | | 30,892 |
| Durango | 3,249,098 | 899,512 | 1,839,394 | | 13,460 | 1,465,644 | 7,467,108 |
| Guanajuato | 22,698 | 201,982 | 16,153 | | | 579,646 | 820,479 |
| Guerrero | 282,872 | 998,077 | 1,819,520 | | 693,893 | 5,125,757 | 8,920,120 |
| Hidalgo | 41,826 | 89,379 | 54,201 | 68,074 | 84,817 | 998 | 339,295 |
| Jalisco | 191,410 | 1,319,264 | 1,270,484 | | 637,134 | 4,123,522 | 7,541,814 |
| México | 50,021 | 160,946 | 167,684 | | | 242,688 | 621,339 |
| Michoacán | 799,098 | 500,822 | 1,068,819 | | 458,164 | 4,100,708 | 6,927,611 |
| Morelos | 1,832 | 9,530 | 2,824 | | | 241,675 | 255,861 |
| Nayarit | 11,665 | 228,006 | 395,792 | | 737,651 | 564,923 | 1,938,037 |
| Nuevo León | 101,088 | 34,546 | 66,731 | | | 39,363 | 241,728 |
| Oaxaca | 764,022 | 898,152 | 2,072,182 | 1,725,671 | 1,709,245 | 2,537,466 | 9,706,738 |
| Puebla | 153,978 | 155,545 | 131,832 | 175,283 | 35 | 1,362,749 | 1,979,422 |
| Querétaro | 2,066 | 49,489 | 24,325 | | 60 | 126,696 | 202,636 |
| Quintana Roo | | | | 595 | 7,044,705 | 899,098 | 7,944,397 |
| San Luis Potosí | 17,132 | 305,391 | 26,758 | 125,815 | 253,408 | 619,789 | 1,348,294 |
| Sinaloa | 119,025 | 672,420 | 282,743 | | 179,808 | 5,275,151 | 6,529,147 |
| Sonora | 28,330 | 1,751,826 | 400,829 | | | 6,111,445 | 8,292,430 |
| Tabasco | | 39,352 | | 248,917 | 136,959 | 141,188 | 566,416 |
| Tamaulipas | 19,498 | 162,862 | 24,893 | | 20,781 | 2,710,009 | 2,938,045 |
| Tlaxcala | 19,641 | 15,275 | 9,244 | | | 288,755 | 332,915 |
| Veracruz | 102,451 | 73,628 | 42,429 | 1,763,899 | 395,409 | 1,051,012 | 3,428,829 |
| Yucatán | | | | | 8,596,969 | 843,402 | 9,440,372 |
| Zacatecas | 86,775 | 461,269 | 246,020 | | | | 794,064 |
| TOTALES | 9,559,376 | 11,119,475 | 13,950,449 | 7,000,741 | 27,671,515 | 43,046,335 | 112,347,891 |
| Participación | 9% | 10% | 12% | 6% | 25% | 38% | 100% |

Tabla 25. Proyectos financiados de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Tecnologías de biodiésel en México, 2008-2015. Fuente: RTB (2015)

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|---|-----------------|---|--|------------------|------------------|
| 2008 | Hernández Barajas, José | Desarrollo de un proceso intermitente, confiable, de bajo costo y competitivo para la producción de biodiésel usando aceites vegetales o grasas animales no usados o de desecho para la industria del transporte del estado de Guanajuato | 1.5 | Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas AC | jHernandez@ciatec.mx | Desarrollo | Querétaro |
| 2008 | Sandoval Fabián, Georgina Coral | Nuevos biocatalizadores para la síntesis de nanomateriales poliméricos, fármacos enantiopuros y lípidos de alto valor agregado (biodiésel y lípidos bioactivos) | 3 | Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco | georgina.coral@gmail.com | Investigación | Jalisco |
| 2008 | Solís Guzmán, Blanca Flor | <i>Jatropha curcas</i> L., como componente en agroecosistemas para producción de biodiésel en Chiapas, México | 1 | Colegio de Postgraduados | blanca@colpos.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Rangel Quintos, Jaime | Evaluación del piñón (<i>Jatropha curcas</i> L.) asociado a cultivos de importancia socioeconómica de la región centro de Chiapas, México. | 3 | Colegio de Postgraduados | jqintos@yahoo.com | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Ruíz Rosado, Octavio | Evaluación de la integración del piñón (<i>Jatropha curcas</i> L.), a sistemas de producción de la Región Centro de Chiapas | 3 | Colegio de Postgraduados | octavior@colpos.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Castelán Estrada, Mepivoseth | Diagnostico Nutricional y Recomendaciones de Fertilización NPK en Palma de Aceite en la Zona Norte de Chiapas. | 3 | Colegio de Postgraduados | mcasan@colpos.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Pérez Vázquez, Arturo Pérez | Integración del piñón (<i>Jatropha curcas</i> L.) como materia prima para la producción de biodiésel en agroecosistemas de la región central de Veracruz, México | | Colegio de Postgraduados | | Desarrollo | Estado de México |
| 2008 | SIN NOMBRE | Estudio de insumos para la obtención de biocombustibles en México | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|------------|
| 2008 | Hernández Martínez, Miguel | Desarrollo de tecnología en el cultivo eficiente de plantaciones energéticas, para la sostenibilidad de biomasa para la producción de biodiésel. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | Hernández.miguel@inifap.gob.mx | Desarrollo | Guanajuato |
| 2008 | Alonso Báez, Moisés | Validar un programa eficiente de riego en cultivos de Palma de Aceite en las regiones de la costa, soconusco, norte y selva de Chiapas | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | alonso.moises@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Grajales Solís, Manuel | Difusión de tecnología del cultivo de soja en el soconusco Chiapas. | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | grajalesm@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Grajales Solís, Manuel | Validación de ambientes para la producción de semilla de soja en condiciones de riego en el Estado de Chiapas | 1.3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | grajalesm@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Grajales Solís, Manuel | Validación de genotipos de soja para siembra en el estado de Chiapas. | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | grajalesm@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Grajales Solís, Manuel | validación de labranza de conservación con rotación de cultivos en maíz y soja para el soconusco, Chiapas | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | grajalesm@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Capacitación y transferencia de tecnología para agentes de cambio en el manejo del cultivo de palma de aceite. | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aolivera118@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|---------|
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Capacitación y transferencia de tecnología para agentes de cambio en el manejo del cultivo de palma de aceite. Nueva Propuesta folio 07-2005-1999 | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | olivera.aida@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Curso Taller de Manejo integrado de Plagas y enfermedades en la Palma de Aceite | 1.2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aolivera118@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Esquemas y programas que facilitan el proceso de cosecha de la fruta de palma de aceite. | 1.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aolivera118@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Esquemas y programas que facilitan el proceso de cosecha de la fruta de palma de aceite. Propuesta de continuación folio 07-2005-2006 | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | olivera.aida@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Manejo integrado del cultivo de palma de aceite en las regiones Soconusco, Palenque y Selva del estado de Chiapas. | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | olivera.aida@inifap.gob.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Olivera de los Santos, Aída | Ordenamiento agroecológico de las regiones productoras de palma de aceite (Soconusco y Selva Palenque en el estado de Chiapas). | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aolivera118@hotmail.com | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Alvarado Mendoza, Simón | Validación y transferencia de tecnología en canola como una opción de reconversión productiva en el estado de Puebla | 0.8 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | alvarado.simon@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Puebla |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|--------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|--------------|
| 2008 | Cortázar Ríos, Matilde | Nueva distancia de siembra de Cocotero para incrementar su rentabilidad por unidad de superficie. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | cortazar.matilde@inifap.gob.mx | Desarrollo | Quintana Roo |
| 2008 | Rodríguez Cota, Franklin | Formación de variedades de soja, con alto potencial de rendimiento, tolerantes a mosca blanca y geminivirus, con calidad de grano y amplia adaptación para el estado de Sinaloa. | 1.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | jccefaf@prodigy.net.mx | Desarrollo | Sinaloa |
| 2008 | Rodríguez Cota, Franklin | Formación de variedades de soja, con alto potencial de rendimiento, tolerantes a mosca blanca y geminivirus, con calidad de grano y amplia adaptación para el estado de Sinaloa. | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | jccefaf@prodigy.net.mx | Desarrollo | Sinaloa |
| 2008 | Rodríguez Cota, Franklin | Formación de variedades de soja, con alto potencial de rendimiento, tolerantes a mosca blanca y geminivirus, con calidad de grano y amplia adaptación para el estado de Sinaloa. | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | jccefaf@prodigy.net.mx | Desarrollo | Sinaloa |
| 2008 | Wong Pérez, J. de Jesús | Formación de variedades de Cártamo con alto rendimiento de grano y calidad industrial para el estado de Sinaloa | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | josejesus@inifap.gob.mx | Investigación | Sinaloa |
| 2008 | SIN NOMBRE | Producción de biodiésel como fuente alternativa de agricultura sustentable en zonas marginales de México | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | Puebla |
| 2008 | SIN NOMBRE | Instalación de una planta piloto educativa de biocombustibles en Chiapas, México | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Transferencia Tecnológica | Chiapas |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|--|--|-----------------|--|--|------------------|------------|
| 2008 | Ponce Díaz, Pilar | Caracterización molecular y química de accesiones de <i>Jatropha</i> spp. de Chiapas | 1 | Universidad Autónoma de Chiapas | dp@unach.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Rosales Esquinca, María de los Ángeles | Colecta y caracterización de piñón (<i>Jatropha</i> spp.) en la Frailesca, Chiapas | 1 | Universidad Autónoma de Chiapas | rosalese9@prodigy.net.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Quiroga Madrigal, Ricardo René | Análisis morfoagronómico y agroecológico del cultivo del piñón (<i>Jatropha</i> spp.) en Chiapas. | 1.75 | Universidad Autónoma de Chiapas | quiroga@unach.mx | Investigación | Chiapas |
| 2008 | Zavala García, Francisco | Evaluación del Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> L.) y la higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) como cultivos con potencial para la producción de biocombustibles en México | 2 | Universidad Autónoma de Nuevo León | f_zavala_g@hotmail.com | Investigación | Nuevo León |
| 2008 | Rico Cerda, José Luis | Síntesis de biodiésel en presencia de catalizadores sólidos | 12 | Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA | jlrico@umich.mx | Investigación | |
| 2008 | Pathiyattom, Joséph Sebastian | Producción de biodiésel vía transesterificación de ácidos grasos de aceites vegetales y el desarrollo de un laboratorio de evaluación de biocombustibles | 1.5 | Universidad Politécnica de Chiapas | sjp@cie.unam.mx | Servicios | Chiapas |
| 2009 | Sánchez Cantú, Manuel | Establecimiento de una planta de producción de biodiésel para el abastecimiento de biocombustibles para el Sistema de Transporte Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | | Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | | Servicios | Puebla |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|---|-----------------|---|--|---------------------------|-----------------|
| 2009 | Angulo Escalante, Miguel Ángel | Explotación Agroindustrial del Piñoncillo (<i>Jatropha curcas</i> L.) nativo de Sinaloa | 1 | Centro de Investigación En Alimentación y Desarrollo AC | mangulo@ciad.edu.mx | Investigación | Sinaloa |
| 2009 | Angulo Escalante, Miguel Ángel | Establecimiento de cultivos <i>Jatropha curcas</i> mexicanas en las tres regiones de Sinaloa para la selección de clones altamente productivos (continuación) | 1 | Centro de Investigación En Alimentación y Desarrollo AC | mangulo@ciad.edu.mx | Transferencia Tecnológica | Sinaloa |
| 2009 | Sandoval Fabián, Georgina Coral | Estudio de la factibilidad de la obtención de biodiésel a partir de desechos grasos de rastros municipales en San Luis Potosí. | 2 | Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco | georgina@confluencia.net | Investigación | San Luis Potosí |
| 2009 | Afra Smit, Mascha | Improving the sustainability of the jatropha-biodiésel chain in the Yucatán Peninsula' | 1 | Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C | mascha@cicy.mx | Investigación | Yucatán |
| 2009 | Oropesa Salim, Carlos | Fortalecimiento del aprovechamiento integral del cocotero (biodiésel de coco). | 2 | Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C | cos@cicy.mx | Investigación | Yucatán |
| 2009 | Palma López, David Jesús | Diagnóstico de áreas productoras y determinación de tierras aptas para la producción de palma de aceite en el estado de tabasco | 0.5 | Colegio de Postgraduados | palmadave@gmail.com | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2009 | Estrada Mepivoseh, Castelán | Corrección de deficiencias micronutrimientales en el cultivo de Palma de Aceite en la Región Centro-Sierra de Tabasco. | 1 | Colegio de Postgraduados | mcasan@colpos.mx | Transferencia Tecnológica | Tabasco |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|----------------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|------------|
| 2009 | Khandua , Sanghamitra | Evaluation of salt stress tolerance of mexican <i>Jatropha curcas</i> accessions | | Colegio de Postgraduados - Campeche | | Investigación | Chihuahua |
| 2009 | Solís Guzmán, Blanca Flor | <i>Jatropha curcas</i> L . como componente en agroecosistemas para producción de biodiésel en Chiapas, México | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Chiapas |
| 2009 | Zavala del Ángel, Iván | Caracterización morfológica de ecotipos de <i>Jatropha curcas</i> L . en el estado de Veracruz | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |
| 2009 | Rodríguez Ramírez, María Rosario | Equipar laboratorios de biocombustibles del INIFAP | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Servicios | |
| 2009 | Hernández Martínez, Miguel | Producción y tecnología de semillas de higuera. | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | inifapHernández@prodigy.net.mx | Investigación | Guanajuato |
| 2009 | SIN NOMBRE | Obtención de variedades de cártamo tolerantes a enfermedades, de alto rendimiento, calidad industrial y desarrollo de tecnología de producción en el noroeste de México | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | Tamaulipas |
| 2009 | SIN NOMBRE | Uso de Herramientas biotecnológicas para acelerar el proceso de generación de variedades de soja resistentes a mosquita blanca | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Transferencia Tecnológica | Sonora |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|-----------------|
| 2009 | González Lauck, Víctor Walton | Parcelas de validación de tecnología sobre la aplicación de fertilizantes de origen orgánico y químico en plantaciones de palma africana | 1.3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | lauckv@yahoo.com.mx | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2009 | Hernández Martínez, Miguel | Transferencia de Tecnologías para la producción sustentable de Biocombustibles en Guanajuato. | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | inifapHernández@prodiagy.net.mx | Transferencia Tecnológica | Guanajuato |
| 2009 | Borbón García, Alberto | Validación de variedades de cártamo tolerantes a falsa cenicilla, con altos rendimientos y calidad industrial para el centro de Sinaloa | 0.7 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | borbon.alberto@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sinaloa |
| 2009 | Aguirre Álvarez, Eduardo | Validación y Transferencia de tecnología del riego por goteo en soja | 3.2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aguirre.eduardo@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | San Luis Potosí |
| 2009 | González Jiménez, Alberto | Estudio de potencial de producción para oleaginosas en la Planicie Huasteca Potosina | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | gonzalez.alberto@inifap.gob.mx | Investigación | San Luis Potosí |
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Generación de tecnología de producción de canola y garbanzo para el sur de sonora. | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Desarrollo | Sonora |
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Investigación, validación y transferencia de tecnología de canola y garbanzo para el sur de sonora | 3.1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|--------|
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Validación y transferencia de tecnología de producción de canola y garbanzo para el sur de sonora. | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |
| 2009 | Montoya Coronado, Lope | Formación de variedades de cártamo de alto rendimiento y calidad industrial para el estado de sonora | 1.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | montoya.lope@inifap.gob.mx | Investigación | Sonora |
| 2009 | Montoya Coronado, Lope | Validación de nuevos materiales genéticos de cártamo tolerantes a falsa cenicilla en el sur de sonora | 1.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | montoya.lope@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |
| 2009 | Montoya Coronado, Lope | Variedades de cártamo resistente a falsa cenicilla y documento técnico sobre el control de esta enfermedad | 1.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | montoya.lope@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |
| 2009 | Ramírez Arredondo, José Alfonso | Manejo integrado de falsa cenicilla en el cultivo de cártamo en el sur de sonora. folio 26-2005-1244 | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | ramirez.alfonso@inifap.gob.mx | Desarrollo | Sonora |
| 2009 | Ramírez Arredondo, José Alfonso | Validación y transferencia de tecnología para la producción de cártamo bajo presión de cenicilla. | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | ramirez.alfonso@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |
| 2009 | Tamayo Esquer, Luis Miguel | Generación, Validación y Transferencia de Tecnología para el manejo integrado de maleza en garbanzo, cártamo, algodónero y hortalizas en el sur de Sonora. | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | tamayo.luismiguel@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Sonora |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|----------------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|------------|
| 2009 | Castillo González, Ramon Artemio | Desarrollo de tecnologías sustentables para la generación de ingresos utilizando los subproductos de la palma de coco | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.ramon@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tabasco |
| 2009 | Domínguez Castillo, Esteban | Estudio del manejo fitosanitario para el control biológico de plagas y enfermedades en el cocotero | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | dominguez.esteban@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2009 | Domínguez Castillo, Esteban | Identificación, caracterización y control de plagas y enfermedades en semillero y vivero en cocotero híbrido | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | dominguez.esteban@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tabasco |
| 2009 | Domínguez Castillo, Esteban | Transferencia de tecnología en el control del picudo negro de manera responsable con el medio ambiente en la Palma del cocotero en el estado de Tabasco | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | dominguez.esteban@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2009 | González Cortés, Nicolás | Corrección nutrimental y fertilización NPK de Palma de Aceite en Tenosique, Tabasco. | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | ngcbiotec@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2009 | Hernández Cruz, José Miguel | Evaluación de híbridos de Palma de Aceite <i>Elaeis guineensis</i> Jacq. En Tabasco (2da etapa) | 4.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | Hernandez.josemiquel@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tabasco |
| 2009 | Ascencio Luciano, Guillermo | Estrategias tecnológicas para mejorar la productividad del cultivo de soja en Tamaulipas. | 2.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | ascencio54@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Tamaulipas |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|------------|
| 2009 | Ascencio Luciano, Guillermo | Generación y validación de tecnología para la producción sostenible de soja en el sur de Tamaulipas | 3.8 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | ascencio54@hotmail.com | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2009 | Cortinas Escobar, Héctor Manuel | Evaluación de variedades de oleaginosas genéticamente modificadas. | 3.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | cortinas.hector@inifap.gob.mx | Investigación | Tamaulipas |
| 2009 | González Quintero, Javier | Generación de variedades de canola y su tecnología de producción. | 3.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | gonzalez.javier@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2009 | Terán Vargas, Antonio Palemón | Control del picudo negro de la vaina en el cultivo de soja en Tamaulipas. | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | teran.antonio@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Módulos de validación y transferencia de tecnología de variedades comerciales y líneas mexicanas de canola en el estado de Tlaxcala | 1.1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Programa estatal de validación y transferencia de tecnología para el cultivo de canola en el estado de Tlaxcala | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Transferencia de tecnología de un paquete tecnológico integral para canola | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|----------|
| 2009 | Castillo Torres, Nemecio | Transferencia de tecnología para la producción de canola en el estado de Tlaxcala | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | castillo.nemecio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |
| 2009 | Fernández Sosa, Rogelio | Validación y Transferencia de Tecnología de Variedades Mexicanas de Canola en el Estado de Tlaxcala folio 29-2008-1378 | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | fernandez.rogelio@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |
| 2009 | Jiménez Regalado, Ramón | Desarrollo, construcción y evaluación de una sembradora de canola | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | rajire@hotmail.com | Desarrollo | Tlaxcala |
| 2009 | Jiménez Regalado, Ramón | Programa nacional de validación y transferencia de tecnología para el cultivo de canola en Tlaxcala | 0.9 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | rajire@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Tlaxcala |
| 2009 | SIN NOMBRE | Caracterización química <i>Jatropha</i> | | Instituto Politecnico Nacional - UACH | | Investigación | |
| 2009 | Martínez Ayala, Alma Leticia | Selección de genotipos de <i>J. curcas</i> L. nativos de México con potencial bioenergético susceptibles de cultivo en el estado de Sinaloa. | 1 | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Desarrollo de Productos Bióticos | mont54@yahoo.com | Investigación | Sinaloa |
| 2009 | López López, Víctor Eric | Aislamiento y selección de microorganismos productores de lipasas con alta actividad de transesterificación para la producción de biodiésel | 1 | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | vLopezyl@ipn.mx | Investigación | Tlaxcala |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|---|--|-----------------|--|--|---------------------------|------------|
| 2009 | López López, Víctor Eric | Producción de lipasas por medio de cultivos a alta densidad celular y su utilización en la transesterificación de aceites de <i>Jatropha curcas</i> para la obtención de biodiésel | 1 | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | vlópezyl@ipn.mx | Investigación | Tlaxcala |
| 2009 | López López, Víctor Eric | Evaluación Técnico-Económica de la transesterificación enzimática de aceites y grasas de desecho | 1 | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | vlópezyl@ipn.mx | Investigación | Tlaxcala |
| 2009 | Espinoza Verduzco, María de los Ángeles | Análisis de la variabilidad genética de poblaciones de <i>Jatropha curcas</i> (L) nativas de México y su susceptibilidad a plagas y enfermedades en el valle de Guasave, Sinaloa | 3 | Instituto Politecnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa | mespinoza@ipn.mx | Investigación | Sinaloa |
| 2009 | Rivera Lorca, Juan Antonio | Transferencia tecnológica para la obtención de agrocombustibles (biodiésel) a través del cultivo del Piñón (<i>Jatropha curcas</i>) como estrategia para fortalecer la reconversión productiva y el desarrollo local sustentable en Chiapas. | 0.9 | Instituto Tecnológico Conkal | rival@prodiqy.net.mx | Transferencia Tecnológica | Chiapas |
| 2009 | Aguirre Mancilla, Cesar Leobardo | Generación de una colección de mutantes de <i>Ricinus communis</i> para selección de materiales con características deseables en manejo agronómico y producción de biodiésel | 24 | Instituto Tecnológico de Roque | ceaguirre@itroque.edu.mx | Investigación | Guanajuato |
| 2009 | Aguilar Garnica, Efen | Estudio Cinético para la Automatización de la Producción de Biodiésel a partir de Desechos Contenidos en Trampas de Grasa | | Universidad Autónoma de Guadalajara | | Investigación | Jalisco |
| 2009 | Contreras Andrade, Ignacio | Obtención de Biodiésel vía catálisis heterogénea a partir de <i>Jatropha curcas</i> | 1 | Universidad Autónoma de Sinaloa | ignacio.contreras.andrade@gmail.com | Investigación | Sinaloa |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|-----------------|
| 2009 | Rocha Uribe, Alejandro | Producción enzimática de biodiésel a partir de aceites vegetales agotados: implementación de técnicas de caracterización | | Universidad Autónoma de San Luis Potosí | arochau@uaslp.mx | Desarrollo | San Luis Potosí |
| 2009 | Bello Gutiérrez, Joaquín | Estudio permita el métodos control de la ardilla en el cultivo del cocotero avalado por la SEMARNAT | | Universidad Juárez Autónoma de Tabasco | joaquin.bello@cicea.ujat.mx | Investigación | Tabasco |
| 2009 | Yanes García, Mario | Resultados de Investigación: aceite de palma africana | 0.9 | Universidad Juárez Autónoma de Tabasco | mario.yanes@daca.ujat.mx | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2009 | Rico Cerda, José Luis | Síntesis de biodiésel en presencia de catalizadores sólidos | 12 | Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA | jlrico@umich.mx | Investigación | |
| 2009 | Martínez Jiménez, Alfredo | Sistema de fotobiorreactores y protocolos experimentales para el cultivo de la microalga oleaginosa <i>Neochloris oleoabundans</i> | 0.5 | Universidad Nacional Autónoma de México | alfredo@ibt.unam.mx | Investigación | Morelos |
| 2009 | Carrera León, José Antonio | Validación y transferencia de tecnología para la extracción y aprovechamiento de la fibra y sustrato de coco en las plantaciones de cocotero en el estado de Tabasco | 2.8 | Universidad Tecnológica de Tabasco | ing_carrera@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Tabasco |
| 2010 | Corro Hernández, María Griselda | Producción de biodiésel del aceite vegetal no comestible, utilizando la radiación solar como fuente de energía. | 2 | Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | cs001380@siu.buap.mx | Desarrollo | Puebla |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|--------------------------------|--|-----------------|---|--|------------------|------------------|
| 2010 | Sánchez Cantú, Manuel | Establecimiento de una planta de producción de biodiésel para el abastecimiento de biocombustibles para el Sistema de Transporte Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | 2 | Benemérita Universidad Autónoma de Puebla | mscantu10@hotmail.com | Desarrollo | Puebla |
| 2010 | Angulo Escalante, Miguel Ángel | Establecimiento de cultivos de <i>Jatropha curcas</i> mexicanas en las tres regiones de Sinaloa para la selección de clones altamente productivos | 1 | Centro de Investigación En Alimentación y Desarrollo AC | mangulo@ciad.edu.mx | Desarrollo | Sinaloa |
| 2010 | Loyola Vargas, Victor Manuel | desarrollo de un sistema modelo biotecnológico en <i>Jatropha curcas</i> para el estudio de la producción de materia prima para biodiésel | 1 | Cento de investigacion Científica de Yucatan, A.C | vmloyola@cicy.mx | Investigación | Yucatán |
| 2010 | Arias García, Graciela | Estudio de la obtención de Biodiésel a partir de aceite de <i>Jatropha</i> empleando diferentes sistemas catalíticos | 3 | Centro de Investigación en Química Aplicada AC | chela@ciqua.mx | Desarrollo | Coahuila |
| 2010 | García Pérez, Eliseo | Diversidad morfogénica de <i>Jatropha curcas</i> y su potencial como materia prima para bioenergéticos, en Veracruz | 3 | Colegio de Postgraduados | eligarpe05@hotmail.com | Investigación | Estado de México |
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Recolecta de semillas en el estado de Michoacán - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados | | Investigación | Michoacán |
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Caracterización morfológica de accesiones (2° año de evaluación) establecidas en Sierra Norte de Puebla - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados | | Investigación | Puebla |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|--|-----------------|-------------------------------------|--------------------|------------------|-----------|
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Caracterización química de accesiones de la Sierra Norte de Puebla y Michoacán - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados | | Investigación | Michoacán |
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Reuniones de Red - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados | | Servicios | |
| 2010 | Inurreta Aguirre, Héctor Daniel | Propagación vegetativa de <i>Jatropha curcas</i> mediante el uso de diferentes estacas y sustratos | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | |
| 2010 | Zavala del Ángel, Ivan | Caracterización morfo genética de ecotipos de <i>Jatropha curcas</i> en el estado de Veracruz | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |
| 2010 | SIN NOMBRE | Recolecta de semillas de <i>J. curcas</i> en Veracruz | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Caracterización morfológica y genética de accesiones colectadas en Veracruz - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |
| 2010 | LEOBIGILDO CORDOVA TELLEZ | Caracterización química de accesiones de Veracruz - <i>Jatropha</i> | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|------------------|
| 2010 | Marín Rosas, Celia | Desarrollo de un catalizador heterogéneo para producir biodiésel por transesterificación de aceites vegetales y/o grasas animales en flujo continuo. | 3 | Instituto Mexicano del Petróleo | | Desarrollo | Ciudad de México |
| 2010 | Díaz Fuentes, Víctor Hugo | Impactos y servicios ecosistémicos en sitios tropicales de cultivo de <i>Jatropha</i> y Palma Aceitera en India y México | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | Diaz.victor@inifap.gob.mx | Investigación | Veracruz |
| 2010 | García Mariscal, Karina de la Paz | Generación y transferencia de tecnologías para la utilización de productos agropecuarios locales para la producción de combustibles alternativos como el biodiésel y el etanol | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | garcia.karina@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Colima |
| 2010 | Zamarripa Colmenero, Alfredo | Desarrollo de tecnología y selección de variedades de cultivos bioenergéticos para la producción competitiva de insumos para biodiésel en Chiapas | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | zama.alfredo@yahoo.com.mx | Desarrollo | Chiapas |
| 2010 | Herrera, Elizabeth de los Angeles | Evaluación agronómica integral de y obtención de biodiésel de <i>Thevetia spp.</i> En el estado de Yucatán | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | Yucatán |
| 2010 | Delgado García, Elsy María | Transferencia de tecnología integral para incrementar la productividad de los huertos de palma de aceite, en el municipio de Escárcega y Carmen en el estado de Campeche. | 1.5 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | Delgado.elsy@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Campeche |
| 2010 | Olivera de los Santos, Aída | manejo integrado del cultivo de palma de aceite en las regiones soconusco, palenque y selva del estado de Chiapas. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | aolivera118@hotmail.com | Desarrollo | Chiapas |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|--|---|-----------------|--|--|------------------|--------------|
| 2010 | Basulto Graniel, Jorge Alberto | Evaluación del comportamiento agronómico y la capacidad para producir biodiésel de la <i>Jatropha curcas</i> y <i>Ricinus communis</i> en el estado de Yucatán. | 3.1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | basulto.jorge@inifap.gob.mx | Investigación | Yucatán |
| 2010 | SIN NOMBRE | Recolecta de semillas en los estados de Morelos y Guerrero | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | Morelos |
| 2010 | Rodríguez Salomón, Neyif Salim | Fortalecimiento del Centro de Investigación y Tecnología en producción de Biocombustibles a través de la implementación y validación de un proceso de obtención de Biodiésel en condiciones supercríticas | 1 | Instituto para la Reconversión Productiva y Bioenergéticos | ifat@ifat.chiapas.gob.mx | Desarrollo | Chiapas |
| 2010 | Cherif Ben, Youssef Brants | Montaje y operación de una planta de reciclaje de aceites comestibles usados para la producción de biodiésel. | 1.5 | Instituto Tecnológico de Cancún | cherifby@itcancun.edu.mx | Servicios | Quintana Roo |
| 2010 | Fuentes Cerda, Carlos Francisco de Jesús | Colecta, propagación y caracterización de germoplasma de <i>Jatropha curcas</i> , una planta multipropósito, con potencial para la producción de biodiésel. | 1 | Instituto Tecnológico Conkal | cfuentes59@msn.com | Investigación | Yucatán |
| 2010 | Villanueva Alonzo, Hernan de Jesús | Producción de biodiésel a partir de semilla de higuera y semillas de mamey | 1 | Instituto Superior Tecnológico del Sur del Estado de Yucatán (oxkutzcab) | tecnologico@itsyucatan.edu.mx | Investigación | Yucatán |
| 2010 | Canedo López, Yunuen | Aprovechamiento de las aguas residuales urbanas para la producción de biomasa algal y obtención de biodiésel por <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Scenedesmus obliquus</i> en cultivo autótrofo y heterótrofo | 2 | Universidad Autónoma del Carmen | ycanedo@yahoo.com.mx | Investigación | Campeche |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|--------------------------------|---|-----------------|---|--|------------------|------------------|
| 2010 | Altamirano Cárdenas, J. Reyes | Evaluación de competitividad de la palma de aceite y su potencial para la producción de biodiésel en el trópico mexicano | 3 | Universidad Autónoma de Chapingo | dqip@correo.chapingo.mx | Investigación | Estado de México |
| 2010 | SIN NOMBRE | Recolecta de semilla en los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo - <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo | | Investigación | Tabasco |
| 2010 | SIN NOMBRE | Caracterización química de accesiones de los estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo - <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo | | Investigación | Yucatán |
| 2010 | SIN NOMBRE | Establecimiento de genotipos en diferentes localidades - <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo | | Desarrollo | |
| 2010 | Altamirano Cárdenas, J. Reyes | Caracterización de aceite de tres variedades de palma africana en la comunidad de Tzeltal Muculja Palenque Chiapas | | Universidad Autónoma de Chapingo - CIESTAAM | | Investigación | Chiapas |
| 2010 | Gómez Hernández, Teodoro | Generación y adaptación de tecnologías agroforestales para el cultivo de higuera <i>Ricinus communis</i> , para la obtención del insumo para biodiésel en la región de valles centrales, Oaxaca. | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Desarrollo | |
| 2010 | Krishnamurthy, Lakshmi Reddiar | Tecnología agroforestal en base a <i>Jatropha curcas</i> para la producción sostenible de biodiésel-estrategias de desarrollo regional sustentable a partir de la producción de biodiésel, en zonas marginadas y con potencial productivo, con piñón (<i>Jatropha curcas</i>) | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Desarrollo | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------------|--|-----------------|--|--------------------|------------------|--------|
| 2010 | Cuevas Sánchez, Jesús Axayacatl | Fitocombustibles del Totonacapan: <i>Jatropha curcas</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Investigación | |
| 2010 | Ordaz Hernández, Juan Carlos | Rentabilidad del sistema agroindustrial forestal mexicano en palma de aceite | | Universidad Autónoma de Chapingo - DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES | | Investigación | |
| 2010 | Cortes Hernández, Abraham | Diseño de una planta piloto para la producción de biodiésel | | Universidad Autónoma de Chapingo - INGENIERÍA MECÁNICA AGRÍCOLA | | Desarrollo | |
| 2010 | Cortes Hernández, Abraham | Prueba y evaluación de motores de combustión interna con biodiésel | | Universidad Autónoma de Chapingo - INGENIERÍA MECÁNICA AGRÍCOLA | | Desarrollo | |
| 2010 | Guerra Ramírez, Diana | Obtención de biodiésel a partir de semillas mexicanas del género <i>Jatropha spp.</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2010 | Reyes Trejo, Benito | Perfil del contenido de aceite de las semillas del género Anonaceae y su transformación a biocombustible | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2010 | Calyecac Cortero, Humberta Gloria | Comportamiento sexual y de alimentación de <i>Leptoglossus zonatus</i> Dallas, plaga del piñon <i>Jatropha curcas</i> L. | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|--------------------------------------|--|-----------------|---|--|------------------|------------------|
| 2010 | Romero Romero, Rubí | Obtención de biodiésel a partir de aceite de girasol mediante catálisis heterogénea | 3 | Universidad Autónoma del Estado de México - Facultad de Química | rromeror@uaemex.mx | Investigación | Estado de México |
| 2010 | Aguilar Garnica, Efren | Modelado matemático y control automático para la generación de biodiésel a partir de desechos contenidos en trampas de grasa | 3 | Universidad Autónoma de Guadalajara | efren.aguilar@uag.mx | Desarrollo | Jalisco |
| 2010 | González García, Yolanda | Estudio de fuentes alternativas de lípidos para la producción de biodiésel de tercera generación: aceite microbiano a partir de residuos celulósicos | 3 | Universidad de Guadalajara | yolyglez@hotmail.com | Investigación | Jalisco |
| 2010 | Sánchez Arreola, Eugenio | Distribución de las poblaciones de <i>Jatropha curcas</i> (piñón), <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla) y <i>Thevetia peruviana</i> (hueso de fraile) en Puebla y su aprovechamiento para producción de biodiésel | 2 | Universidad de las Américas de Puebla | eugenio.sanchez@udlap.mx | Investigación | Puebla |
| 2010 | Lozada Ramírez, José Daniel | Clonación, caracterización y aplicación de enzimas en la síntesis de biocombustibles: biocatálisis usando enzimas libres e inmovilizadas sobre soportes nanoestructurados. | 3 | Universidad de las Américas de Puebla | guilar.guillermo@udlap.mx | Investigación | Puebla |
| 2010 | Echevarria Parres, Antonio | Desarrollo de un método de cultivo de microalgas para su uso en biocombustibles | 1 | Universidad Anáhuac Mayab | anechevarria@yahoo.com | Investigación | Yucatán |
| 2010 | Estrada Carrillo, Marisa del Rosario | La higuerilla (<i>Ricinus comunis</i>) cultivo alternativo para la producción de aceite para biodiésel | 1 | Universidad Politécnica del Estado de Morelos | mestrada@upemor.edu.mx | Investigación | Morelos |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---|---|-----------------|---|--|---------------------------|------------|
| 2010 | SIN NOMBRE | Recolecta planificada en el estado de Veracruz - <i>Jatropha</i> | | Universidad Veracruzana | | Investigación | Veracruz |
| 2011 | SIN NOMBRE | Mejoramiento genético de <i>Jatropha</i> para generar variedades de maduración homogénea en frutos, alto rendimiento agronómico, alto contenido de aceite y baja toxicidad para la obtención de biodiésel | 6 | Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco | | Investigación | Jalisco |
| 2011 | Loyola Vargas, Victor Manuel | Mejoramiento genético de <i>Jatropha curcas</i> por medio de técnicas biotecnológicas | 4 | Cento de investigacion Científica de Yucatan, A.C | vmloyola@cicy.mx | Investigación | Yucatán |
| 2011 | Herrera Valencia, Virginia Aurora | Estudio de genes involucrados en la síntesis de triacilglicéridos (TAGs) en la microalga modelo <i>Chlamydomonas reinhardtii</i> y en la microalga oleaginosa <i>Chlorella saccharophila</i> : oportunidades para incrementar la acumulación de TAGs en microalgas para la pr | 3 | Cento de investigacion Científica de Yucatan, A.C | vicky@cicy.mx | Investigación | Yucatán |
| 2011 | Magallanes Estala, Agustín | Actualización de tecnología para la producción de soja en el norte de de Tamaulipas | 3 | Colegio de Postgraduados | magallanes.agustin@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Tamaulipas |
| 2011 | González Chávez, Ma. del Carmen Ángeles | La micorriza arbuscular en la producción de <i>Jatropha curcas</i> L. planta de interés energético | | Colegio de Postgraduados - Montecillo | | Investigación | |
| 2011 | Méndez García, Wilfrido | Genotipos sobresalientes de <i>Jatropha curcas</i> L. en la región centro de Veracruz | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|-----------------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|---------------------|
| 2011 | García Mariscal, Karina de la Paz | Generación y transferencia de tecnologías para la utilización de productos agropecuarios locales para la producción de combustibles alternativos como el biodiésel y el etanol | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | garcia.karina@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Colima |
| 2011 | SIN NOMBRE | Estudio de nuevas especies con potencial agroenergético en México. | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | |
| 2011 | SIN NOMBRE | Diseño, construcción, adaptación y/o evaluación de maquinaria y equipo para la cosecha y procesamiento de la semilla de higuera (<i>Ricinus communis</i>) y las prácticas agrícolas relacionadas con la cosecha | 4 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Desarrollo | |
| 2011 | López Guillen, Guillermo | Biología, ecología y comportamiento del picudo negro de la vaina de la soja en el trópico húmedo | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | Lopez.guillermo@inifap.gob.mx | Investigación | |
| 2011 | Osuna Amador, José Denis | Paquete tecnológico para la producción de girasol en el valle de santo domingo. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | osuna.jose@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Baja California Sur |
| 2011 | Orozco Hernández, Gamaliel | Validación de tecnología en girasol (<i>Helianthus annuus</i> L.) alto oleico como nueva alternativa para el estado de chihuahua. | 1.5 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | orozco.gamaliel@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Chihuahua |
| 2011 | Grajales Solís, Manuel | Validar la respuesta de los genotipos de soja, tolerantes a la roya asiática, bajo diferentes métodos y densidades de siembra | 1.5 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | grajalesm@hotmail.com | Transferencia Tecnológica | Chiapas |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|-------------------------------|--|-----------------|--|--|---------------------------|------------------|
| 2011 | García Sandoval, José Angel | Validación de un paquete tecnológico para la producción de <i>Jatropha</i> bajo condiciones de temporal en el sur de Quintana Roo | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | garcia.angel@inifap.gob.mx | Transferencia Tecnológica | Quintana Roo |
| 2011 | Rodríguez Cota, Franklin | Formación de variedades de soja, con alto potencial de rendimiento, tolerantes a mosca blanca y geminivirus, con calidad de grano y amplia adaptación para el estado de Sinaloa. | 1 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | rodriguez.franklin@inifap.gob.mx | Desarrollo | Sinaloa |
| 2011 | Terán Vargas, Antonio Palemón | Control del picudo negro de la vaina en el cultivo de soja en Tamaulipas. | 3 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | teran.antonio@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2011 | Terán Vargas, Antonio Palemón | Innovación para la prevención y control de la roya asiática de la soja. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | teran.antonio@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2011 | Terán Vargas, Antonio Palemón | Innovación para la prevención y control de la roya asiática de la soja. | 2 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | teran.antonio@inifap.gob.mx | Desarrollo | Tamaulipas |
| 2011 | SIN NOMBRE | Desarrollo de un proceso de explotación de semillas de Higuierilla para la producción de biodiésel y bioetanol. | 3 | Instituto Tecnológico Superior del Perote | | Investigación | Veracruz |
| 2011 | SIN NOMBRE | Mejoramiento genético de higuierilla (<i>Ricinus communis</i> L.) | 5.3 | Universidad Autónoma de Chapingo | | Desarrollo | Estado de México |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------------|---|-----------------|--|--------------------|------------------|----------|
| 2011 | Márquez Rosano, Conrado | Los actores y el sistema de biocombustibles en Chiapas: análisis desde la perspectiva de la sustentabilidad. el caso de la política de promoción de los bioenergéticos del gobierno del estado de Chiapas | | Universidad Autónoma de Chapingo - CENTRO REGIONAL ANÁHUAC | | Investigación | Chiapas |
| 2011 | Altamirano Cárdenas, J. Reyes | Caracterización de aceite de tres variedades de palma africana en la comunidad de tzeltal Muculja palenque Chiapas | | Universidad Autónoma de Chapingo - CIESTAAM | | Investigación | Chiapas |
| 2011 | Rendon Medel, Roberto | Evaluación de la estrategia de intervención para el desarrollo de proveedores en la cadena productiva palma de aceite en Acayucan, Veracruz | | Universidad Autónoma de Chapingo - CIESTAAM | | Investigación | Veracruz |
| 2011 | Gómez Hernández, Teodoro | Generación y adaptación de tecnologías agroforestales para el cultivo de higuierilla <i>Ricinus communis</i> , para la obtención del insumo para biodiésel en la región de valles centrales, Oaxaca | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Desarrollo | |
| 2011 | Ordaz Hernández, Juan Carlos | Rentabilidad del biodiésel producido a partir del aceite de palma del sistema producto palma de aceite en México. | | Universidad Autónoma de Chapingo - DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES | | Investigación | |
| 2011 | Ordaz Hernández, Juan Carlos | Desarrollo de proveedores y estrategias de abasto para la agroindustria palma de aceite en el trópico húmedo | | Universidad Autónoma de Chapingo - DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES | | Servicios | |
| 2011 | Calyecac Cortero, Humberta Gloria | Entomofauna relacionada con <i>Jatropha curcas</i> en el Totonacapan | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Veracruz |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|--------------------------|---|-----------------|--|--|---------------------------|--------------|
| 2011 | Guerra Ramirez, Diana | Obtención de biodiésel a partir de semillas mexicanas del género <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2011 | Reyes Trejo, Benito | Obtención y caracterización de aceites de semillas de <i>Cnidoscullus chayamansa</i> y su transformación sustentable a biocombustible | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2011 | Rivera Espinoza, Ramon | Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha</i> para producción de biocombustibles en la sierra norte y nororiental de Puebla | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Puebla |
| 2011 | Mata Garcia, Bernardino | Innovaciones y tecnologías exitosas locales como base para la adopción de tecnología y el desarrollo sostenible en el sistema palma de aceite en México | | Universidad Autónoma de Chapingo - SOCIOLOGÍA RURAL | | Transferencia Tecnológica | |
| 2011 | Rico Cerda, José Luis | Síntesis de biodiésel a partir de aceite de higuera y en presencia de catalizadores sólidos | | Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA | | Investigación | |
| 2011 | Muñoz Soria, Jesús | Estudio teórico de las propiedades electrónicas de los triacilglicéridos involucrados en los procesos de metanólisis catalizada en la producción de biodiésel: nuevos mecanismos de reacción con catalizadores heterogéneos | 3 | Universidad Politécnica de Chiapas | jmuniz@upchiapas.edu.mx | Investigación | Chiapas |
| 2012 | Fernández Pérez, Laura | Identificación de especies nativas con potencial para la producción de biocombustibles. | 1.5 | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | fernandez.laura@inifap.gob.mx | Investigación | Quintana Roo |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------------|--|-----------------|--|--|------------------|----------|
| 2012 | Díaz Reyes, Joel | Aceites de aguacate e higuera como agro-energía. | | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | | Investigación | |
| 2012 | López Y López, Víctor Eric | Aislamiento de microorganismos productores de hidrocarburos para la obtención de biocombustibles. | | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | | Investigación | |
| 2012 | Iglesias Silva, Gustavo Arturo | Caracterización Termodinámica de Biodiésel Sintético | | Instituto Tecnológico de Celaya | | Investigación | |
| 2012 | SIN NOMBRE | Innovación y desarrollo sustentable en la producción de biocombustibles a partir de microalgas | | Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey - Campus Sonora | rmoreno@pradmen.com | Investigación | Sonora |
| 2012 | Pinto, Víctor Manuel | Control biológico del ácaro rojo de las palmas <i>Raoiella indica</i> hirst (acari: Tenuipalpidae) en los estados de Yucatán y Quintana Roo México | | Universidad Autónoma de Chapingo - PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA | | Investigación | Yucatán |
| 2012 | Calyecac Cortero, Humberta Gloria | Entomofauna relacionada con <i>Jatropha curcas</i> en el totonacapan | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Veracruz |
| 2012 | Guerra Ramirez, Diana | Obtención de biodiésel a partir de semillas mexicanas del género <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|---|-----------------|--|--|------------------|--------------|
| 2012 | Reyes Trejo, Benito | Obtención del aceite de semillas de <i>Annona purpurea</i> y su transformación sustentable a biodiésel | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2012 | Rivera Espinoza, Ramón | Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha c.</i> para producción de biocombustibles en la sierra norte y nororiental del estado de Puebla | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Puebla |
| 2012 | Goytia Jiménez, María Antonieta | mejoramiento genético de higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2012 | Martínez Jiménez, Alfredo | Caracterización fisiológica y genómica de <i>Neochloris oleoabundans</i> bajo condiciones foto y heterotróficas que favorecen el crecimiento celular y la acumulación de lípidos | 2 | Universidad Nacional Autónoma de México | alfredo@ibt.unam.mx | Investigación | Morelos |
| 2012 | Vergara Galicia, Jorge | Investigación y desarrollo tecnológico para producir biodiésel a partir de <i>Ricinus communis</i> | 1.5 | Universidad de Quintana Roo | fernandez.laura@inifap.gob.mx | Desarrollo | Quintana Roo |
| 2013 | Cruz Rubio, Blanca Azucena | Caracterización bioquímica de <i>Jatropha curcas</i> L. tóxica y no tóxica del estado de Veracruz | | Colegio de Postgraduados - Veracruz | | Investigación | Veracruz |
| 2013 | Díaz Reyes, Joel | Espectroscopias fototérmicas y ópticas para la caracterización de biocombustibles producidos a partir de aceites vegetales: aceites de higuera, aguacate y semillas y frutas endémicas silvestres | | Instituto Politécnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | | Investigación | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---|--|-----------------|--|--------------------|---------------------------|----------|
| 2013 | Verduzco Espinoza, María de los Angeles | Interacción de micorriza y bacillus en la producción de plantas de calidad de <i>Jatropha curcas</i> no toxica en invernadero | | Instituto Politecnico Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa | | Investigación | Sinaloa |
| 2013 | Reyes Trejo, Benito | Caracterización del biodiésel y del aceite obtenido de semillas de durazno (<i>Prunus persica</i>) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2013 | Calyecac Cortero, Humberta Gloria | Entomofauna relacionada con <i>Jatropha curcas</i> en el Totonacapan | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Veracruz |
| 2013 | Guerra Ramirez, Diana | Obtención de biodiésel a partir de semillas mexicanas del género <i>Jatropha</i> | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2013 | Rivera Espinoza, Ramon | Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha c.</i> para producción de biocombustibles en la sierra norte y nororiental del estado de puebla | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Puebla |
| 2013 | Goytia Jimenez, María Antonieta | Mejoramiento genético de higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2014 | Jiménez Aparicio, Antonio Ruperto | Aplicación de mejoras para el procesamiento de residuos agroindustriales derivados de la transesterificación de <i>Jatropha curcas</i> y procesos extractivos en Agaváceas | | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Desarrollo de Productos Bióticos | | Transferencia Tecnológica | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|---------------------------------|--|-----------------|--|--------------------|------------------|--------|
| 2014 | Díaz Reyes, Joel | Estudio de ácidos grasos de fuente vegetales y animales para la producción de biodiésel y otros productos derivados | | Instituto Politecnico Nacional - Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada | | Investigación | |
| 2014 | Cervantes Martínez, Teresa | Caracterización anatómica y genética de especies endémicas mexicanas de <i>Jatropha</i> . | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Investigación | |
| 2014 | Cuevas Sánchez, Jesús Axayacatl | Contribución a la caracterización antropocéntrica de especies silvestres mexicanas de <i>Jatropha spp.</i> : diversidad genética y relaciones filogenéticas. | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Investigación | |
| 2014 | Romo Lozano, José Luis | Análisis multicriterio de tres sistemas agroindustriales de producción de biodiésel en México. | | Universidad Autónoma de Chapingo - DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES | | Investigación | |
| 2014 | Rivera Espinoza, Ramon | Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha curcas</i> , para producción de biocombustibles y estrategia alimentaria en la sierra norte y nororiental del estado de Puebla | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Puebla |
| 2014 | Goytia Jimenez, María Antonieta | Mejoramiento genético de higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2014 | SIN NOMBRE | Nuevo Inmovilización de catalizadores para la producción de biodiésel | | Universidad Autónoma del Estado de México - Facultad de Química | | Investigación | |
| 2014 | SIN NOMBRE | Producción de biodiésel mediante catálisis heterogénea | | Universidad Autónoma del Estado de México - Facultad de Química | | Investigación | |

| Año Inicial | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|-------------|-----------------------------------|---|-----------------|---|--------------------|------------------|-----------|
| 2014 | Romero Romero, Rubí | Obtención de biodiésel a partir de aceite de girasol mediante catálisis heterogénea | | Universidad Autónoma del Estado de México - Facultad de Química | | Investigación | |
| 2015 | SIN NOMBRE | Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta piloto integral de 230,000 L/año de biodiésel con cultivo sustentable acelerado de microalgas. Fase I: Producción de biomasa | | Centro de Tecnología Avanzada A.C (CIATEQ) | | Desarrollo | Querétaro |
| 2015 | Cuevas Sánchez, Jesús Axayacatl | Contribución a la caracterización antropocéntrica de especies silvestres mexicanas de <i>Jatropha spp.</i> : diversidad genética y relaciones filogenéticas de tres especies (<i>J. eopauciflora</i> , <i>J. pseudocurcas</i> y <i>J. rzedowskii</i>) | | Universidad Autónoma de Chapingo - FITOTECNIA | | Investigación | |
| 2015 | Reyes Trejo, Benito | obtención sustentable de biodiésel a partir del aceite de semillas de mandarina (<i>citrus reticulata</i>) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2015 | Calyecac Cortero, Humberta Gloria | Entomofauna relacionada con <i>Jatropha curcas</i> en el Totonacpan y <i>Ricinus communis</i> en Texcoco | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Veracruz |
| 2015 | Goytia Jimenez, María Antonieta | Mejoramiento genético de la higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | |
| 2015 | Rivera Espinoza, Ramon | Impacto ambiental en la introducción de cultivos de <i>Jatropha curcas</i> , para producción de biocombustibles y estrategia alimentaria en la sierra norte y nororiental del estado de Puebla | | Universidad Autónoma de Chapingo - PREPARATORIA AGRÍCOLA | | Investigación | Puebla |

| Año Inicio | Investigador Responsable | Título del Proyecto | Duración (años) | Ejecutor | Correo electrónico | I-D-TT-Servicios | Estado |
|------------|----------------------------------|--|-----------------|--|--|------------------|------------------|
| 2015 | Trejo Calzada, Ricardo | Cultivos alternativos para la producción de biodiésel en zonas áridas | | Universidad Autónoma de Chapingo - UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS | | Investigación | |
| 2015 | Martínez Hernández, Pedro Arturo | Integración de la pasta detoxificada de higuera (<i>Ricinus communis</i> L.) a la dieta de finalización de conejos | | Universidad Autónoma de Chapingo - ZOOTECNIA | | Investigación | |
| 2015 | SIN NOMBRE | Desarrollo tecnológico y diseño de planta prototipo para transformar en biodiésel las grasas y jabones residuales de la refinadora de aceite de soja de Grupo El Calvario, mejorando así la salud de su fuerza laboral al sustituir diésel en caldera y camión | | Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa | | Desarrollo | Ciudad de México |
| 2015 | González Rodríguez, Horacio | Diseño de nuevos catalizadores bifuncionales para la producción de biodiésel a partir de aceites con alto contenido de ácidos grasos. | | Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA | hogoro@umich.mx | Investigación | |
| 2015 | Salcedo Estrada, Luis Ignacio | Simulación del proceso de producción de biodiésel a partir del aceite de oliva | | Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo - FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA | liscalcedofiq@gmail.com | Investigación | |
| 2015 | | | | | | | |
| N/E | SIN NOMBRE | Investigación y desarrollo de producción de moringa para la obtención de biodiésel en México | | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias | | Investigación | Chiapas |

Annex V Referencias

Banco de México: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/index.html>

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. Disponible desde: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN>

FIRA, 2013. Sistema de elaboración de costos agropecuarios. Estimación de costos de Girasol, ciclo otoño invierno 2013-2014.

FUNDACION PRODUCE CAMPECHE A.C., 2013. Validación de tecnologías para establecimiento de materiales de soja en Campeche. M. Hernández Pérez.

Iglesias L., Laca A., Herrero M., Díaz M. A life cycle assessment comparison between centralized and decentralized biodiésel production from raw sunflower oil and waste cooking oils. *Journal of Cleaner Production* 37 (2012) 162-171.

INEGI:

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/ganado/default.aspx>.

Consultado en mayo 2016.

INIFAP, 2011. Balance energético del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) para la producción de biodiésel. L.J. Lopez Angel, J.L. Solis Bonilla, B.B. Martínez Valencia, .A. Zamarripa Colmenero. ISBN: 978-607-425-621-5.

INIFAP, 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán.

INIFAP, 2011. Paquete Tecnológico Palma de Coco Alto Pacífico. Establecimiento y mantenimiento. Matilde Cortázar Ríos

INIFAP, 2011. Paquete Tecnológico Palma de Aceite (*Elaeis guinnensis* Jacq.) Establecimiento y mantenimiento. Alfredo Sandoval Esquivas.

INIFAP, 2013. Validación de Tecnología para el Establecimiento de Materiales de Soja Huastecas (100, 200, 300 y 400) en el ciclo O.I en la Zona Centro y Norte del Estado de Campeche. Mirna Hernández Pérez.

INIFAP, 2013. CIR NORESTE-CAMPO EXPERIMENTAL SAN LUIS. Vinculación y transferencia de tecnologías a productores de soja. J.L. Barrón Contreras.

Plascencia, M.A.. Estudio de factibilidad para el uso de biodiésel en el transporte interno de Ciudad Universitaria a partir de aceites comestibles de desecho. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 2010.

RTB, 2015. Inventario de Proyectos y Programas de Bioenergía en México, 2005-2015.

SAGARPA, 2010. Monografía de cultivos: palma de Aceite. Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios

SAGARPA, 2016. Dirección General de Fibras Naturales y Biocombustibles. BIODIÉSEL 06052016. Presentación realizada en el Taller de Biodiésel. Paquete Tecnológico de Higuierilla y Paquete Tecnológico de Jatropha.

SENER/ BID/ GTZ (Edit.): Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México, México, D.F., México, Noviembre 2007. ISBN 970-9983-14-8

Sheinbaum-Pardo, C.; Calderon-Irazoque, M. Ramirez-Suarez, 2013. Potential of biodiésel from waste cooking oil in Mexico. Biomass and Bioenergy 56 (2013) 230-238

Tauro, Raúl (2016) Estudio de costos de transporte de biomasa para co-combustión en central Petacalco (no publicado)

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2003. Girasol: producción de grano, contenido de aceite y composición de ácidos grasos de variedades cultivadas bajo temporal en el norte de México. Diana Jasso Cantu, Bliss S. Phillips, Raúl Rodríguez-García y José Luis Angulo- Sánchez

Bases de datos geográficos

CONABIO: Vidal-Zepeda, R. (1990) Precipitación media anual. Disponible desde:
<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>

CONANP: Áreas naturales protegidas. Disponible desde:
http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/informacion/anps/SHAPE_ANPS.zip

INEGI: Censo de Población y Vivienda 2010. Disponible desde:
http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx

INEGI: Conjunto de datos vectorial Edafológico escala 1: 250 000 Serie II. Disponible desde:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/edafologia/vectorial_serieii.aspx

INEGI: Conjunto de Datos Vectoriales 1:50,000. Disponible desde:
http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/productos_geograficos.aspx

INEGI: Marco geoestadístico 2014 versión 6.2 (DENUE). Disponible desde:
http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos//prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/geografia/marc_geo/889463084105_s.zip

INEGI: Uso de suelo y vegetación: Datos vectoriales escala 1:250 000 serie V (Capa Unión).
Disponible desde: <http://geoweb.inegi.org.mx/DisponibilidadProductos/?param=70>

UNAM: Atlas de México, Temperatura mínima promedio (1902 - 2011). Disponible desde:
<http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/>

SENER: Inventario Nacional de Energías Renovables. Disponible desde:
<http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), 2014. Disponible desde:
<http://www.cmgs.gob.mx:8080/mapasdinamicos/>

ECOFYS



sustainable energy for everyone

ECOFYS

sustainable energy for everyone



ECOFYS Netherlands B.V.

Kanaalweg 15G
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662-3300

F: +31 (0) 30 662-3301

E: info@ecofys.com

I: www.ecofys.com