



Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.

Posgrado en Ciencias en Energía Renovable

**ANÁLISIS DEL MACRO Y EL MICROENTORNO DEL
ETANOL, BIODIESEL Y BIOGÁS EN MÉXICO.**

Tesis que presenta:

SAMANTHA ALEJANDRA PAREDES CERVANTES

En opción al título de

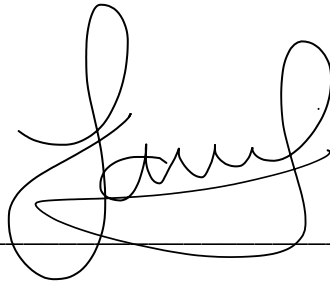
DOCTOR EN CIENCIAS EN ENERGÍA RENOVABLE

Mérida, Yucatán, Octubre de 2023

DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de: Materiales y Métodos, Resultados y Discusión de este documento, proviene de las actividades de investigación realizadas durante el período que se me asignó para desarrollar mi trabajo de tesis, en las Unidades y Laboratorios del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y que, a razón de lo anterior, y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente a dicho Centro de Investigación. Por otra parte, en virtud de lo ya manifestado, reconozco que de igual manera los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que deriven o pudieran derivar de lo correspondiente a dicha información, le pertenecen patrimonialmente al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., y se registrarán, en todo caso, por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley Federal de Protección a la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma: _____



Nombre: Samantha Alejandra Paredes Cervantes

*CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE YUCATÁN, A. C.
POSGRADO EN CIENCIAS EN ENERGIA RENOVABLE*



RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis de **Samantha Alejandra Paredes Cervantes** titulado “**Análisis del Macro y Micro entorno del Etanol, Biodiésel y Biogás en México**”, fue realizado en la Unidad de Energía Renovable, bajo la línea de Bioenergía del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. bajo la dirección del **Dr. Donny Ponce Marbán** y codirección del **Dr. Luis Felipe Barahona Pérez**, perteneciente al Programa de Posgrado en Ciencias en Energía Renovable de este Centro.

Atentamente



Dra. Cecilia Hernández Zepeda
Directora de Docencia

Mérida, Yucatán, México, a 18 de septiembre de 2023

AGRADECIMIENTOS

CONACYT por la beca número 258415 otorgada para la realización de esta investigación.

Al Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY) y Unidad de Energía Renovable por la disposición de sus instalaciones y equipos.

Al Dr. Luis Felipe Barahona, Dr. Donny Ponce Marbán, y Dra. Liliana Alzate por la dirección en la realización de este trabajo y los aprendizajes de vida.

Al Dr. Gerardo Ángeles Castro por sus valiosas aportaciones y su amable disposición.

A mis revisores, Dr. Manuel Robert y Dr. Francisco Barroso Tanoira por tomarse el tiempo y la buena voluntad de apoyar esta investigación.

Al Dr. Juan Carlos Chavarría, eternamente gracias por su amable acompañamiento y muy valiosas aportaciones.

A mis papás por toda la motivación y por todo su apoyo, por siempre gracias.

A Germán, por ser parte de esta etapa de tanto y tan fundamental aprendizaje.

DEDICATORIA

A Dios, que siempre ha puesto en mi mente, manos y corazón cuanto necesito y más.

A ti papá, por elegirme.

A Ella, Germán, Nicole y Lara, como parte de mi mayor esfuerzo por darles un mundo mejor. Son y serán por siempre mi lugar feliz y eterna alegría.

ÍNDICE

Índice de Figuras	iii
Índice de Tablas	iv
Listado de Unidades	v
Glosario	vi
Abstract	viii
Introducción	1
Antecedentes	3
1.1 La energía y las actividades productivas.....	3
1.1.1 La bioenergía en el mundo	7
1.1.2 Etanol	8
1.1.3 Biodiesel.....	9
1.1.4 Biogás	9
1.2 Casos de éxito y controversia de los biocombustibles en el mundo	10
1.3 Situación energética de México.....	20
1.3.1 Las políticas energéticas.....	21
1.3.2 El consumo de energía en México	24
1.3.3 Biocombustibles en México	26
1.4 La investigación de mercados para el sector energético	35
1.4.1 Diseño de la encuesta como herramienta de la investigación de mercado	37
1.4.2 Análisis del entorno energético en México	42
1.4.3 Análisis del micro y el macroentorno.....	42
Objetivo	44
Objetivo General	44
Objetivos Específicos.....	44
Metodología.....	46
2.1 Análisis del Macro y Microentorno de los biocombustibles.....	46
2.1.2 Diseño de herramientas de investigación y aplicación	47
2.1.2 Elaboración de la base de datos	50
2.2 Procedimiento para el cálculo de actualización de costos de producción de insumos para la producción de etanol con base en el tipo de cambio e inflación.....	51
2.3 Cálculo de costos de producción para la producción de biodiesel	52
2.4 Cálculo del potencial de generación de biogás en plantas de tratamiento de agua	52

2.5 Elaboración de un plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables a partir del análisis del macro y el micro entorno en México.	52
Resultados y discusiones.....	53
3.1 Perspectivas para los biocombustibles bajo las condiciones actuales.....	53
3.1.1 El macroentorno del etanol, biodiesel y biogás en México	53
3.1.2 El microentorno del etanol, biodiesel y biogás en México	58
3.2. Estrategia de producción, distribución y consumo de biocombustibles que	63
representa una ventaja para México	63
3.3 Áreas de oportunidad en la normatividad aplicable a los biocombustibles para su introducción al mercado mexicano	65
3.4 Plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables en México	70
3. 5 Discusiones.....	78
Conclusiones.....	81
Bibliografía.....	85
Anexos.....	96
Anexo 1.	96
Cuestionario para empresas productoras de Etanol/Biodiesel	96
Anexo 2.	98
Cuestionario para empresas productoras de Biogás	98
Anexo 3.	99
Cuestionario para Intermediarios/proveedores de insumos	99
Reporte de las encuestas realizadas.....	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Consumo Histórico Mundial por tipo de energía	3
Figura 1.2 Producción de biocombustibles a 2017	16
Figura 1.3 La demanda de etanol anhidro 2015-2016	29
Figura 1.4 Comparación de la Tasa de cambio entre el Diésel y Aceite de Palma	32
Figura 1.5 Proceso para el desarrollo de un estudio de mercado	36
Figura 3.1 Representación gráfica del análisis del macroentorno del etanol, biodiesel y biogás... ..	53
Figura 3.2 Representación gráfica de análisis del microambiente del etanol en México.....	59
Figura 3.3 Logística de producción, mezclado y distribución de la mezcla de etanol.....	71
Figura 3.4 Logística de producción, mezclado y distribución de la mezcla de aceite vegetal y gasolina	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Generaciones de los Biocombustibles	8
Tabla 1.2 Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía por sector 2016.....	26
Tabla 1.3 Capacidad Instalada de producción de Alcohol Etílico.....	28
Tabla 1.4 Capacidad Instalada de producción de Etanol Anhidro	28
Tabla 1.5 Contratos para la adquisición de etanol puro en el país	30
Tabla 1.6 Producción Agrícola 2015	31
Tabla 1.7 La producción de ganado por producto.....	33
Tabla 2.1 Producción de biocombustibles a 2017.....	48
Tabla 2.2 Valores microentorno tabulados	50
Tabla 2.3 Valores macroentorno tabulados.....	50
Tabla 3.1 Cálculo del valor actual de costos proyectados para la producción de etanol, empleando materias primas diversas (dólares por litro)	54
Tabla 3.2 Potencial de producción de biogás en plantas de tratamiento de aguas	77

LISTADO DE UNIDADES

EJ	Exa Joules
MBD	Millones de Barriles diarios
MDLA	Millones de Litros al año
Mtep	Millones de toneladas de petróleo equivalentes
MW	Mega Watts
PJ	Peta Joules

GLOSARIO

1. B2B. es un acrónimo con el que nos referimos a aquellos modelos de negocio en los que las transacciones de bienes o la prestación de servicios se producen entre dos empresas. B2B se refiere a la expresión business to business, es decir, de negocio a negocio y se relaciona principalmente con el comercio mayorista
2. B2G2C. es la abreviatura de Business to Government to Consumer y consiste en optimizar los procesos de negociación entre empresas y el gobierno. Para que posteriormente se pueda proveer de un servicio al consumidor final.
3. Costo de oportunidad. es un concepto económico que permite nombrar al valor de la mejor opción que no se concreta o al **costo** de una inversión que se realiza con recursos propios y que hace que no se materialicen otras inversiones posibles.
4. ETBE . Etil-Ter-Butil-Eter
5. FODA. Es una herramienta de planificación estratégica que permite evaluar condiciones internas y externas (fortalezas, oportunidades, debilidades y demandas) con el fin de generar información que le facilite emprender un proyecto con mayor efectividad y certeza
6. GEI Gases de efecto invernadero
7. Intensidad Energética. La intensidad energética es un indicador de la eficiencia energética de una economía. Se calcula como la relación entre cada unidad de consumo energético (E) y su relación de costo beneficio con el producto interior bruto (PIB) de un país
8. Licitación. Sistema por el que se adjudica la realización de una obra o un servicio, generalmente de carácter público, a la persona o la empresa que ofrece las mejores condiciones
9. Microcuencas. son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas.
10. MTBE. Metil-Ter-Butil-Eter
11. Producto Interno Bruto (PIB) El PIB es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado. EL PIB es un indicador representativo que ayuda a medir el crecimiento o decrecimiento de la producción de bienes y servicios de las empresas de cada país, únicamente dentro de su territorio.
12. TAME. Ter-Amil-Metil-Eter
13. UBA. Gasolinas Ultra Bajas en Azufre, con un nivel

RESUMEN

Una de las dificultades que enfrentan los países es garantizar su seguridad energética mediante diversas fuentes de energía. La más aprovechada ha sido la proveniente de los combustibles fósiles, sin embargo, su uso contribuye aproximadamente al 78% del total de emisiones de GEI [1], lo que ha motivado a varios países al empleo de fuentes alternas de energía. Los biocombustibles representan una opción de energía renovable utilizada por varias de las economías más estables, siendo los más empleados el etanol, el biodiesel y el biogás [2]. El alto potencial para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas que México posee puede representar una opción satisfactoria para la producción de biocombustibles. Sin embargo, pese a modificaciones en materia de políticas energéticas, el consumo de biocombustibles en México no es aun porcentualmente significativo.

En este trabajo se llevó a cabo un estudio de mercado donde se analizaron factores macro y micro ambientales para definir el estado y potencial de los biocombustibles en México en el cual se halló que, de estos productos, el biogás tiene el mayor potencial de crecimiento a corto plazo en el mercado. Sin embargo, las posibilidades de comercialización de etanol y biodiesel son reducidas, principalmente debido a la falta de disponibilidad en la producción de materia prima. Adicionalmente aún no existe un espacio real de inclusión de los biocombustibles en la matriz energética nacional, y para que estos puedan representar una opción dentro del mercado, México deberá hacer modificaciones diversas en materia de política energética, fiscal y/o normativa.

ABSTRACT

One of the difficulties that countries face is to guarantee their energy security through various sources of energy. The most exploited has been fossil fuels, however, its use contributes approximately 78% of total greenhouse gas emissions [1], which has motivated several countries to use alternative sources of energy. Biofuels represent a renewable energy option used by several of the most stable economies, with ethanol, biodiesel and biogas being the most used [2]. The high potential for the development of agricultural and livestock activities that Mexico has, may represent a satisfactory option for the production of biofuels. However, despite changes in energy policies, the consumption of biofuels in Mexico is not even significant.

In this work, a market study was conducted where macro and micro environmental factors were analyzed to define the status and potential of biofuels in Mexico. This research indicated that, of these products, biogas has the greatest potential for short-term growth in the market, however, the possibilities of commercialization of ethanol and biodiesel are reduced, mainly due to the lack of availability in the production of material. Additionally, there is still no real space for the inclusion of biofuels in the national energy matrix, and in order for these to represent an option within the market, Mexico must make various modifications in terms of energy, fiscal and / or regulatory policy.

INTRODUCCIÓN

Durante 2017, el 92% del total de la energía consumida en México provino de fuentes fósiles [3], con un 43.8% consumido por el sector del transporte [4]. Según lo informado por la Secretaría de Energía [4], debido a los requisitos de alta densidad de energía, el sector transporte aún depende casi enteramente de los combustibles líquidos. Como consecuencia de la alta cifra de consumo de las fuentes fósiles de energía, a nivel mundial se ha generado un aumento de la concentración de gases de efecto de invernadero (GEI) en la atmósfera, por lo que se está optando por una transición hacia el empleo de fuentes alternas de energía renovable que sean sustentables [5]. Una de estas fuentes renovables son los biocombustibles, entre los que se encuentran el etanol, el biodiesel y el biogás. Estos biocombustibles han sido propuestos como medidas de seguridad energética y para reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, sin embargo, su inclusión en el mercado energético mexicano no ha sido fácil debido a los altos costos de producción y comercialización asociados a estos productos y a la necesidad de mejorar los procesos de producción para lograr un mercado energético sostenible [6-9].

Si bien la experiencia internacional de países como Brasil, Estados Unidos, China, Alemania y Argentina indican que éstos países han llevado a cabo modificaciones en materia de política energética, fiscal y/o normativa posterior a lo cual ha sido posible adicionarlos entre su oferta de energéticos, aun cuando las condicionantes del costo de estos, no los hagan competitivos, en su mayoría éstos han sido incluidos entre las opciones energéticas sopesando los impactos negativos en el medio ambiente que otras fuentes no renovables podrían causar.

Como parte de las actividades que a nivel global se han generado para disminuir las condiciones negativas de impacto ambiental debido a las emisiones de carbono generadas, México ha realizado modificaciones a su legislación [10]. Si bien, el objetivo de algunas de estas leyes es regular la explotación de las energías renovables con el fin de cuidar el medio ambiente y promover la sostenibilidad, no se consideran en ellas pautas claras que propicien la entrada o la adecuada regulación del etanol, biogás y el biodiesel una vez en el mercado. Esta situación crea incertidumbre para los inversionistas privados, por lo que el uso de biocombustibles en México es casi inexistente [11]. También ha firmado acuerdos internacionales, por ejemplo, el acuerdo de París en 2015 para reducir sus emisiones GEI.

En este trabajo, se realizó una investigación documental para conocer las condiciones establecidas, para el desarrollo de estos, por países como Alemania, China, Estados Unidos, Brasil y Argentina, entre otros y poder así contrastar las condiciones existentes en México. Se seleccionó a aquellos países que según las cifras anuales reportadas por British Petroleum presentan la cifra de consumo de biocombustibles más elevada por región del mundo (Norteamérica, se seleccionaron 2 países de Centro y Sur América, Asia y Europa) [3]. También se analizaron las condiciones que rodean a los biocombustibles, como lo son las condiciones económicas, políticas, demográficas, tecnológicas y socioambientales, así como todas las situaciones que modifican la interacción entre los participantes del mercado de los biocombustibles, como son los productores, competidores, intermediarios, clientes y proveedores. Cada uno de estos elementos fue descrito en su situación actual y se estudiaron los elementos que resultan una fortaleza y aquellos que contrariamente, pueden considerarse condiciones que limitan sus posibilidades de inclusión viable.

Finalmente se presenta el panorama completo para etanol, biodiesel y biogás, así como de manera puntual, se enuncian aquellos elementos que presentan un área de oportunidad que debe replantearse para cada producto.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 La energía y las actividades productivas

Hoy en día, la mayor parte de las actividades de la vida cotidiana involucran directa o indirectamente energía, producida a partir de diversas fuentes, siendo la más importante la de origen fósil, como puede observarse en la figura 1.1. Debido al aumento de la población mundial, se estima que para el año 2050, el consumo de energía global aumentará a 1500 EJ, es decir, tres veces el consumo actual [2]. En los últimos años, países como Estados Unidos, Brasil, India, China, y la Unión Europea, entre otros, han realizado cuantiosos esfuerzos por mejorar sus planes de desarrollo energético. Estos países han concentrado sus esfuerzos en reducir sus índices de consumo y producción de energía de origen fósil desde hace aproximadamente 30 años. Muchas de las medidas tomadas se reflejan en cifras concretas. De 2015 a 2016, el aumento en el consumo mundial de energía fue inferior al promedio anual en todas las regiones del mundo, excepto Europa y Eurasia (53 Mtep)[3].

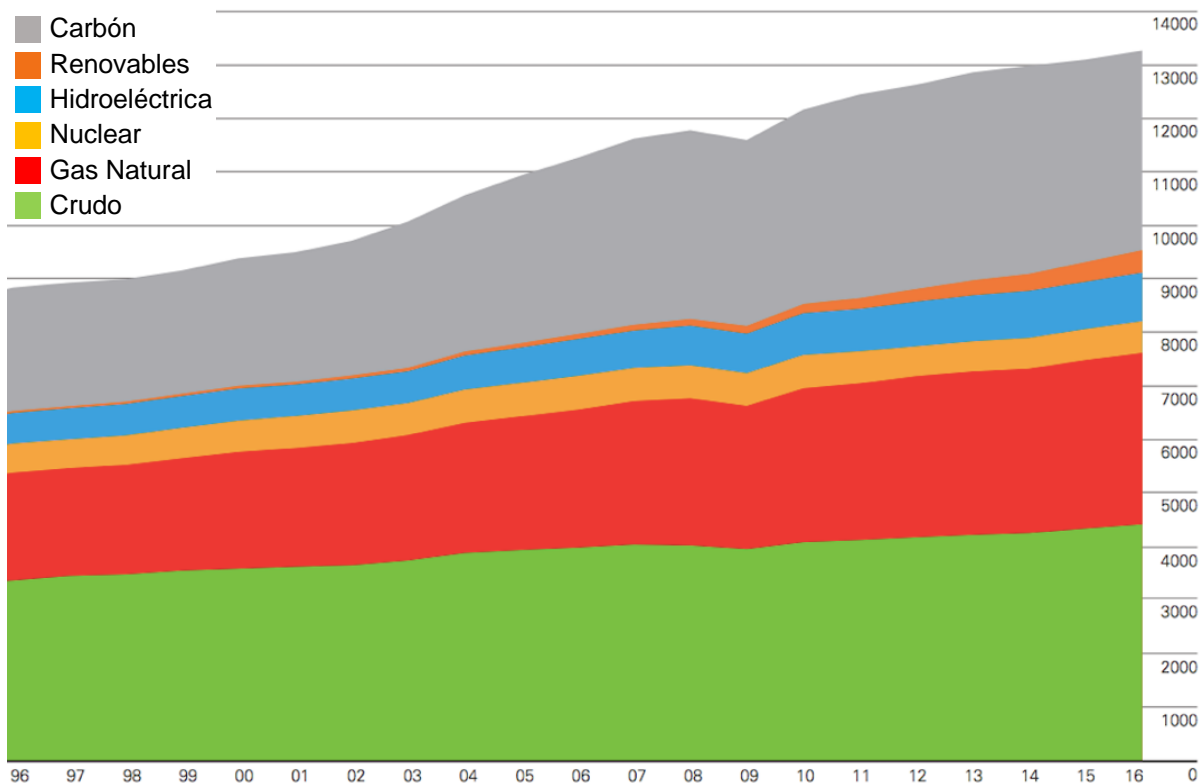


Figura 1.1 Consumo Histórico Mundial por tipo de Energía (Unidades en Mtbe) [3].

La intensidad energética es un indicador de la eficiencia energética de una economía que se calcula como la relación entre cada unidad de consumo energético (E) y su relación de costo beneficio con el producto interior bruto (PIB) de un país. El 2016 fue el tercer año consecutivo en el que la intensidad energética mundial creció en promedio 1%, lo que significa una tasa histórica de eficiencia energética sin precedentes. Sin embargo, el crecimiento de algunas economías en desarrollo implica en muchos casos un aumento en su consumo energético. China, por ejemplo, con un aumento de consumo energético en 2016 del 1,3% (equivalente a 47 Mtep) y la India, con un aumento de 5,4% (equivalente a 39 Mtep) representan alrededor de la mitad del aumento de la demanda global, la cual incrementó en 171.3 Mtep) [3]. Esta condición es similar en ambos países, debido a que están en un proceso de crecimiento interno, por lo presentarán igualmente un incremento en su consumo de energía. De esto se puede concluir que a mayor consumo energético se encuentra ligado a un más alto nivel de desarrollo económico, ya que implica una mayor productividad [12]. Asimismo, se requiere un uso más eficiente de la energía, que pueda resultar en una reducción de consumo de la misma, sin embargo, esto requiere necesariamente un alto nivel de desarrollo económico.

La importancia económica del nexo entre las variables “consumo energético” y “productividad” ha sido cuantificada por diversos autores [13-17]. Se encontró una causalidad unidireccional entre ambas variables en el estudio llevado a cabo respecto al consumo de energía en los Estados Unidos durante el periodo de 1947 a 1974 [10]. Posteriormente, dada la importancia y discusiones sobre el tema mencionado, diversos autores presentaron estudios donde se evaluaba el consumo de energía en comparación con la productividad del país, enfocados en periodos y países diversos, cada uno de los cuales apoyaba o refutaba la hipótesis de que ambas variables estaban directamente relacionadas, es decir: a mayor productividad, mayores niveles de consumo de energía [19, 21]. Sin embargo, con el paso del tiempo y con el desarrollo de técnicas econométricas y modelos, se ha señalado una fuerte relación entre el factor económico denominado “ingreso” y el nivel de consumo de la energía [19-21]. Debido a que las naciones buscan mejorar su índice de riqueza, mismo que se deriva de su productividad interna, uno de los objetivos de toda sociedad es la estabilidad de los precios de la energía, ya que variaciones sin control de los mismos, podrían afectar severamente los niveles de ingresos esperados [19].

Con respecto al nivel de riqueza de las naciones, se ha reportado que los países que no son miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) son países

con ingresos per cápita bajos, presentan menor consumo de fuentes de energía renovable y muestran una mayor dependencia de los hidrocarburos fósiles [11]. Es importante recalcar que los países miembros de la OCDE son, en su mayoría, considerados económicamente estables y sus reservas de hidrocarburos no están entre las más altas, por lo que un amplio porcentaje de sus inversiones están destinadas al desarrollo de fuentes de energía alternas, con las cuales completan su demanda de energía y así no tienen una dependencia total de las importaciones de hidrocarburos fósiles. Los cambios en las condiciones internacionales del crudo afectan severamente la economía internacional y de manera particular en la mayor parte de los casos, las condiciones internas de los países, situación que aunado a compromisos ambientales contraídos por diversos países ha generado un aumento en la inversión en fuentes alternativas de energía. En términos generales, una desaceleración del crecimiento anual del PIB de los países se traduce usualmente en una menor inversión en la capacidad de compra de barriles de crudo. Aunado a esto, una producción que excede las demandas internacionales y las reservas promedio, hacen caer drásticamente el precio por barril y, en la mayoría de los casos, afecta de manera importante la balanza económica internacional.

Los constantes cambios en los precios del crudo durante los últimos 50 años, en los que ha habido dos severas crisis (1973 y 1979), los fuertes problemas de inflación en el precio por barril (2004 a 2008) e indicadores de especulación (a partir de 2009) demandan atención constante a los organismos económicos como la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP), el Fondo Monetario Internacional (FMI) e indirectamente, el Banco Mundial y la OCDE. Estos organismos, como respuesta, preparan esquemas de previsión ante posibles crisis futuras, tales como control de la producción y políticas restrictivas diversas que disminuyan los efectos negativos al precio del barril.

El incremento de los precios del petróleo en el año 1973, la crisis energética de 1979 y la nueva subida de los precios del petróleo en 2003, que se mantuvo hasta el 2008, han tenido como consecuencia un cambio en la política económica energética de varios países, como Estados Unidos, Brasil, China, Argentina, India y países de la Unión Europea, muchos de los cuales han decidido incursionar en el consumo de energía proveniente de fuentes renovables, procurando migrar parte de sus esfuerzos al aumento en la producción y el consumo de energía renovable [22]. Las anteriores crisis se presentaron por situaciones de conflicto entre países productores de Medio Oriente y economías desarrolladas (grandes consumidores, dependientes de combustibles

fósiles). En 1973 y hasta 1979 se prolongaron los efectos de la decisión de la Organización de Países Árabes Exportadores de Petróleo, de promover un embargo económico a países que habían apoyado a Israel en la reciente guerra. El aumento del precio del petróleo y las características internas de cada país (transporte y producción industrial) los mantenía bajo una gran dependencia de los países industrializados, lo que provocó un fuerte efecto inflacionista y una reducción de la actividad económica de los países afectados. Estos países respondieron con una serie de medidas permanentes, tales como medidas arancelarias proteccionistas en la importación de productos energéticos fósiles y apoyos gubernamentales y económicos que propiciaron el crecimiento de una industria energética de fuentes renovables, todo con el fin de frenar su dependencia exterior. Por otro lado, algunos detractores del sistema de libre mercado plantean que en el mundo se emplean y seguirán empleando principalmente fuentes de energía no renovable debido que estas son fácilmente controlables y lucrativas [23].

Históricamente, existe evidencia de una relación negativa entre las alzas al precio del crudo, y el crecimiento de las economías. Para México, cuya economía tiene una fuerte dependencia de la venta de los combustibles fósiles, a corto plazo, el alza en el precio de venta por barril representa una ventaja, sin embargo, al igual que para el resto de los países, las repercusiones económicas terminan por afectar el país con efectos como desaceleración económica, incremento en el precio de la energía como insumo básico para las actividades industriales, disminución en las exportaciones nacionales y alza generalizada en los precios de los productos, por nombrar algunas. Hamilton demostró que siete de las ocho recesiones post Segunda Guerra Mundial fueron precedidas por una sustancial alta en el precio del crudo [24]. En fechas más cercanas, se observó que las recesiones fueron precedidas por un aumento en los precios de la energía [23]. Asimismo, Hamilton explica que las crisis de petróleo tienen efectos macroeconómicos, principalmente deprimiendo la demanda, debido a la reducción del consumo y la inversión de bienes [23]. Alguno de los posibles efectos económicos son una preocupación con respecto al precio y la oferta de energía; el aumento no previsto de precios puede causar irreversiblemente que algunas decisiones de inversión sean pospuestas. En caso contrario, precios bajos pueden generar un nivel bajo de ingresos para los oferentes y dificultad en la recuperación de costos, derivando en la dificultad de continuar la producción de diversos sectores. Por otro lado, algunas de las afectaciones directas en el ambiente microeconómico del país por las fluctuaciones en el precio del crudo pueden ser un alza generalizada en los precios de los alimentos, los productos y los servicios, derivados del aumento en precios del combustible necesario para el transporte y

la producción; una disminución significativa en las exportaciones debido a los altos precios; una disminución de las inversiones en el país, derivada de la alta inflación, y situaciones adversas relacionadas con el robo de energéticos y la corrupción en el ámbito de la administración energética, entre muchas otras.

La economía mexicana depende en gran medida de los ingresos generados por Pemex (Petróleos Mexicanos). Las exportaciones de crudo representan una fuente importante de entradas para el país, por lo que la baja de los ingresos provenientes de estas exportaciones repercute severamente en la economía interna. Irremediablemente cualquier situación adversa que pudiera generarse, ya sea inestabilidad en los precios del petróleo o un precio por barril considerablemente menor del proyectado, puede afectar severamente las proyecciones presupuestales hechas para México, ya que éstas se basan en ingresos esperados, calculados a partir del precio internacional del petróleo. Adicionalmente a los problemas ya mencionados, se suman los relacionados con el macroentorno, pues se presentan condiciones de una economía globalizada en la cual las afectaciones de una nación repercuten en varias más, provocando un efecto dominó en diversos sectores productivos domésticos.

1.1.1 La bioenergía en el mundo

Los problemas relacionados con la alta demanda energética, la falta de crecimiento en la oferta de combustibles, así como las fluctuaciones en el precio han impulsado la investigación mundial en torno a la producción de fuentes de energía alterna, entre las cuales se encuentra la energía renovable. Los biocombustibles han tenido un fuerte impulso a nivel global en materia de investigación. Estos derivados de la biomasa pueden ser aprovechados en diversos sectores, situación que, aunada a la inestabilidad en las condiciones de precio del crudo, ha generado un creciente interés en su uso desde hace más de una década [25]. Entre los principales elementos a favor del empleo de la biomasa para la generación de energía, es que se define a los biocombustibles como una fuente de energía “inagotable”, gracias a la gran biodiversidad, y son contemplados por países en vías de desarrollo como una fuente de progreso que puede contribuir a la seguridad energética [26]. En la actualidad, los biocombustibles son usados de forma complementaria con los combustibles de origen fósil en diferentes proporciones. La expectativa de su desarrollo es una alternativa de transición a sistemas de combustión más sustentables y, no necesariamente, con el objetivo de sustituir en forma total a los combustibles derivados del petróleo. En los próximos 30 años es poco probable que el biodiesel, el etanol o el biogás

desplacen completamente a los combustibles fósiles en el mercado. En algunos casos, se plantea lograr una moderada cuota de mercado, a fin de preservar recursos fósiles para el futuro.

Tabla 1.1 Generaciones de los Biocombustibles [27]

	Descripción	Fuente	Productos
1ª	Insumos de procedencia agrícola, formados principalmente por las partes comestibles de las plantas, como almidón, azúcar, aceites, grasas animales y de desecho.	Jugo de la caña de azúcar, granos de maíz, jugo de la remolacha o betabel, aceite de semilla de girasol, aceite de soya, aceite de palma, aceite de ricino, aceite de semilla de algodón, aceite de coco, aceite de maní o cacahuate, grasas animales, grasas y aceites provenientes de la cocción y elaboración de alimentos, y desperdicios sólidos orgánicos.	Etanol, metanol y n-butanol (a partir de azúcares), biodiesel (a partir de los aceites) y biogás (mezcla de metano y anhídrido carbónico, también conocidos como gas natural y dióxido de carbono).
2ª	Residuos agrícolas y forestales compuestos principalmente por celulosa.	Bagazo de la caña de azúcar, el rastrojo de maíz (tallos, hojas y olote), paja de trigo, aserrín, hojas y ramas secas de árboles.	Etanol, metanol, gas de síntesis (anhídrido carbonoso= monóxido de carbono + hidrógeno), biodiesel, 2,5-dimetilfurano (DMF), entre otros.
3ª	Vegetales no alimenticios de crecimiento rápido y con alta capacidad energética almacenada.	Pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido y las algas verdes y verde-azules.	Biodiesel y etanol a nivel planta piloto.
4ª	Bacterias genéticamente modificadas.	Bacterias que emplean CO ₂ (dióxido de carbono).	Posible síntesis de etanol.

Como se menciona en la Tabla 1.1, los biocombustibles y sus usos se han dividido de acuerdo con su origen y evolución en generaciones, mismas que pueden variar según el autor, ya que algunos no reconocen una cuarta generación, sino que consideran a esta última etapa de desarrollo como parte de la tercera

1.1.2 Etanol

Este producto puede comercializarse en porcentajes reducidos como oxigenante de la gasolina, en vez del éter metil terbutílico¹⁰ (MTBE, por sus siglas en inglés). En varios países es igualmente distribuido como mezcla con gasolina. Para el caso de las mezclas, la proporción entre ambos combustibles se suele indicar con el porcentaje de etanol precedido por una E mayúscula. De esta manera, el E10 se compone de un 10% de etanol y un 90% de gasolina, y el E85 se obtiene mezclando el 85% de etanol y el 15% de gasolina.

En 2010, casi el 10% de la gasolina vendida en Estados Unidos fue mezclada con etanol. Para 2011, más de veinte países utilizaban E10 o mezclas de menor contenido de etanol. El uso de

mezclas en vehículos convencionales de combustión interna a gasolina está restringido a las de bajo contenido (E5), ya que el etanol es corrosivo y puede degradar algunos materiales en los motores y el sistema de inyección del combustible. En casos esporádicos, la mezcla de gasolina puede hacerse con metanol, sin embargo, ha sido utilizado en forma más limitada debido a que es tóxico. El porcentaje de metanol es precedido por una M mayúscula; así, M85 es un combustible compuesto de 85% de metanol y un 15% de gasolina [28, 29].

1.1.3 Biodiesel

El biodiesel presenta una ventaja ecológica, ya que el uso de una tonelada de biodiesel evita la producción de 2.5 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) y, sobre todo, reduce las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) en comparación con el uso del diésel de origen fósil [30]. Además de reducir los impactos ambientales, para las economías, este biocombustible presenta una opción renovable y de fuente difícilmente agotable, a diferencia de los hidrocarburos, que acorde a las reservas mundiales totales reportadas, presentan año con año una disminución [31]. En diversos países se emplea el biodiesel de manera comercial, siendo una opción altamente viable, sin embargo, aún presenta algunas desventajas como la dificultad en su almacenamiento, su dificultad de uso en maquinarias con piezas de caucho o goma y su inconveniente cambio de estado líquido a sólido a temperaturas bajas [32].

Al emplearse en mezclas, la proporción entre el diésel y biodiesel se suele indicar con el porcentaje de biodiesel precedido por una B mayúscula. Las mezclas más comunes son: la B20 (20% de biodiesel y 80% de diésel de origen fósil), la B10 (10% de biodiesel con un 90% de diésel de origen fósil) y B5 (5% de biodiesel y 95% de diésel de origen fósil); todas pueden usarse generalmente sin modificar el motor, sin embargo, también se puede emplear un 100% de biodiesel, aunque con especial cuidado en el uso de B100, para todos los casos es necesario asegurarse de que el biodiesel cumpla la norma UNE-EN 14214 para garantizar el buen mantenimiento y desempeño del vehículo [33].

1.1.4 Biogás

Es posible producir biogás de diversas fuentes, entre estas, la basura orgánica, aguas residuales, residuos de rastros y rellenos sanitarios o estercoleros. En el caso de la obtención de biogás a partir de vertederos de basura, se trata de una red de pozos de extracción instalados dentro de la masa de residuos, de los cuales se extrae el gas que produce a través de un equipo de bombeo.

Bajo un principio similar, se extrae el gas producido por desechos sólidos contenidos en aguas residuales, mismas que contienen un alto grado de nutrientes para ser reutilizadas en la agricultura. El biogás posteriormente puede ser empleado para producir energía eléctrica (cogeneración) [34].

1.2 Casos de éxito y controversia de los biocombustibles en el mundo

El aumento de precios de los alimentos es uno de los problemas relacionados frecuentemente a la producción de biocombustibles planteando un dilema ético que tiene que ser atendido.

A nivel global se presentan, en algunos países, condiciones poco favorables para el desarrollo de los biocombustibles, tales como bajo ingreso per cápita, legislación aplicable poco adecuada para la promoción de estos, dificultad para la adquisición de tecnología e insumos, u obstáculos diversos en la adaptación de la metodología industrial necesaria a la logística de producción y comercialización vigente, entre otros. Se puede observar que, salvo contadas excepciones, la mayoría de los países con economías inestables pertenecientes a las regiones de Centro y Suramérica, Asia y África que reportan niveles de bajo consumo y producción de biocombustibles [35]. No obstante lo ya mencionado, algunas de las naciones interesadas en incentivar su producción han elevado los aranceles en la importación de combustibles fósiles, incluso, han otorgado un considerable subsidio para motivar a la producción y la comercialización de los biocombustibles [36]. Asimismo, un creciente número de estos países (Colombia, Argentina, Estados Unidos y Alemania, entre otros) ha llevado este interés a un nivel aún mayor, introduciendo normas, para estimular y regular el empleo de los biocombustibles en su matriz energética.

A continuación, se presentan la estrategia legislativa y algunas herramientas normativas que han aplicado países como Estados Unidos, Argentina, Brasil, China y Alemania en materia de legislación energética, promoción de los biocombustibles, subsidios y política ambiental.

En México, el interés manifestado desde el punto de vista de legislación, por incursionar en el ámbito de los biocombustibles se generó desde hace poco más de dos décadas, situación que ha sido ampliamente diferente si comparamos las acciones llevadas a cabo a nivel internacional, donde desde el punto de vista de políticas públicas, el interés por la inclusión de estrategias

sustentables de producción de energía puede ser observado desde 1992 en Estados Unidos, el cual ha aprobado tres leyes de política energética, en 1992, 2005 y 2007, las cuales incluyen revisiones para la conservación del medioambiente (tales como el programa Energy Star) y el desarrollo de energía, con concesiones y estímulos fiscales tanto para la energía renovable (considerando también a los biocombustibles), como para la no renovable. La creciente demanda en el consumo de energía ha generado un interés de parte del gobierno norteamericano de promover, a través de incentivos, la producción de biocombustibles, lo cual impulsa el desarrollo de la industria a través de la construcción de plantas, aumento de operaciones y labores de mantenimiento y con esto aumentan las fuentes de empleo, sobre todo en las comunidades rurales [37].

Mientras que en los años 68 Pemex vivía una de las épocas de mayor fortaleza económica y empresarial originada por la exploración de Cantarell, catalogada entre las mayores reservas localizadas históricamente en el territorio mexicano, otros países iniciaban su incursión en la bioenergía como parte de sus planes de desarrollo energético. En Argentina el interés por los biocombustibles inició a la par que México explotaba de manera intensiva su abundancia de crudo. Durante los años 68 y 80 funcionó el Programa gubernamental Alconafta [38] y posteriormente, a partir del año 2000, la participación tanto del Estado Nacional, como del sector privado se hizo latente [39]. Oportunamente establecieron a la par la normatividad regulatoria aplicable ya que desde ése mismo año se estableció el Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de los Biocombustibles, en el cual se establece que el combustible de comercialización dentro del país debe contener un mínimo del 5% de bioetanol y un 10% en el caso de biodiesel, y se determinó que el organismo autoridad en la aplicación y vigilancia del programa sería el Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, el cual además de vigilar el cumplimiento de normas relacionadas con los biocombustibles, promueve la investigación, la producción sustentable y el uso de estándares de calidad de biocombustibles. Asimismo, administra los subsidios que eventualmente se otorguen [42].

Contrario a la posible hipótesis de que el interés de que algunas naciones interesadas en fuentes alternas de energía estén motivadas por su falta de disponibilidad de combustibles fósiles, Brasil, cuyas reservas de petróleo se cuantifican entre los 15 países con mayor abundancia en el mundo [43], estableció iniciativas orientadas a la promoción de los biocombustibles en 1968, cuando, crearon programas que incentivan la producción y el

consumo de biocombustibles. En el caso de ambos países, hace notar una diferencia en sus inicios de cerca de 40 años con respecto a México.

Brasil desde los 68's, a la fecha, ha logrado que la producción de biodiesel sea toda una industria dentro del país. El biodiesel puro es obligatoriamente agregado al diésel de petróleo en proporciones que aumentan según la legislación en vigor [44]. Como parte de las acciones en pro de la economía del país, el gobierno efectuó alianzas con ensambladoras instaladas para fabricar vehículos funcionales a base de cualquier mezcla de gasolina con etanol anhidro ("flex-fuel"), lo cual ha impulsado además la creación de nuevos empleos y actividad económica [45]. Como parte de sus políticas de promoción y fortalecimiento de la agricultura como actividad primordial en la cadena productiva de los biocombustibles, la Ley establece exenciones de impuestos a las compañías productoras de biodiesel cuya materia prima provenga de granjas familiares en situación de pobreza [52].

Un importante acierto en el caso de Brasil es el manejo de su legislación aplicable biocombustibles, en la cual se contempla el regular actividades diversas tales como, los porcentajes mínimos de mezcla de biodiesel con diésel, tarifa de impuesto en la importación de etanol (0%) y biodiesel es del (14%) [53], así como la designación la Agencia Nacional de Petróleo, Gas Natural y Biocombustible (ANP), la cual tiene entre sus atribuciones especificar las características fisicoquímicas del etanol hidratado, del etanol anhidro y del biodiesel; fiscalizar la calidad en las distribuidoras y en las estaciones de servicio; garantizar la oferta continua de los biocombustibles en las estaciones de servicio de todo Brasil; autorizar el funcionamiento y fiscalizar las actividades relacionadas a la producción, el almacenaje, la importación y la exportación de biocombustibles. También corresponde a ANP promover las subastas de biodiesel, en las cuales los productores y los importadores de aceite diésel adquieren biodiesel para componer la mezcla diésel/biodiesel en la proporción legal vigente [50].

Por su parte Alemania ocupa el primer lugar en Europa en cuanto a producción y utilización de biocombustibles. Ello se debe, entre otras razones, a que durante años se ha mantenido en vigor la exención del impuesto sobre hidrocarburos para los biocombustibles, lo que ha contribuido, sobre todo, al desarrollo de un mercado para el biodiesel puro. Al 2017, el consumo mensual de biodiesel en Alemania promedia las 206,000 toneladas. Las capacidades de producción de biodiesel se han ido incrementando desde principios de los años 90; hasta 2015 que se producían

tres millones de toneladas anuales. Aparte del biodiesel, también se ha desarrollado la utilización de biocombustibles como los aceites vegetales puros y el bioetanol, que se beneficiaron también de exenciones fiscales [51]. El etanol en forma de E85, por su parte, se encuentra exento de impuestos desde 2006.

A partir de enero de 2007, la industria petrolera estuvo obligada a comercializar una cantidad mínima de biocombustibles [37]. El gobierno alemán a principios de enero de 2011 autorizó y promueve desde entonces, la mezcla E-10 (anterior a esta fecha sólo estaba autorizado la mezcla E-5) [52]. Los biocarburantes empleados deben cumplir, además, requisitos mínimos exigidos para los motores, regulaciones que están a cargo de la vigilancia gubernamental. El cumplimiento de estas normas requiere el empleo del mejor aceite de colza, tanto para la elaboración de biodiesel como para biocarburantes producidos a partir de aceites vegetales. Como materia prima, los aceites de soja y palma pueden utilizarse para la producción de biodiesel, siempre que el biocarburante obtenido cumpla las exigencias de las normas citadas. Aunque, en principio, no se excluyen, por tanto, las importaciones de países terceros, a fin de cuentas, se da una cierta preferencia al empleo de aceite de colza, propiciada tanto por el Gobierno como por el Parlamento federales [36].

Si bien en México no se han instaurado apoyos económicos para la producción de etanol o biodiesel, con respecto a los incentivos gubernamentales, se observa que, en la experiencia internacional, el factor costo resulta una problemática constante que desmotiva al uso de los biocombustibles, por lo cual, haciendo uso de estrategias heterogéneas, las diferentes naciones proporcionan incentivos diversos con el objetivo de mejorar la producción, comercio y consumo [14, 15, 22]. En Estados Unidos, los subsidios de biocombustibles han sido justificados por los siguientes motivos: independencia energética, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejoras en el desarrollo rural relacionado con los biocombustibles de plantas y ayuda a la renta agrícola. Varios economistas de la Universidad Estatal de Iowa descubrieron que "no hay evidencia para refutar que el objetivo primordial de la política de biocombustibles es apoyar los ingresos agrícolas" [53]. Un incentivo adicional al ambiental existente es para los consumidores que compren vehículos híbridos son elegibles para un crédito fiscal, que depende del tipo de vehículo y la diferencia en el ahorro de combustible en comparación con los vehículos de peso similar [54].

Un caso similar a las expectativas de México de no tener que recurrir a subsidios es observable en China, debido a la falta de incentivos gubernamentales, los biocombustibles no son de amplio interés para la iniciativa privada [55].

En Alemania, adicional a las exenciones de impuestos, un importante incentivo se da en la primera etapa del proceso en la que la posibilidad de recibir una cantidad de compra por la energía producida otorga a los agricultores la oportunidad de convertirse en proveedores de energía y obtener una fuente adicional de ingresos.

El factor ambiental en algunos países ha generado un mayor incentivo que para otros. Si bien Estados Unidos, Argentina, Brasil, China y Alemania tienen en común haber suscrito acuerdos internacionales de cooperación para el cuidado ambiental, algunos de estos países han tomado iniciativas incluidas dentro de su política energética, a fin de cumplir dichos acuerdos. Como parte de su política ambiental, Estados Unidos modificó la Ley de Aire Limpio por la Ley Política Energética en 2005, en la cual se estableció por primera vez el Estándar Nacional de Combustibles Renovables (RFS1, por sus siglas en inglés) [51]. Se creó la Comisión Nacional para la Acreditación del Biodiesel, que es un programa para la acreditación de productores y comercializadores de Biodiesel [52].

En Alemania, la regulación de las cuotas por pago de impuestos se introdujo mediante una modificación de la Ley Federal de Protección contra Emisiones Nocivas (BImSchG, por sus siglas en alemán). Se establecieron así cuotas mínimas para diésel y gasolina, desde 2009.

En consecuencia de las acciones de promoción de los biocombustibles y políticas energéticas tomadas por algunos de los países anteriormente mencionados, se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre el aumento del consumo de biocombustibles por zona del mundo y el grado de interés mostrado por incluirlos entre sus opciones energéticas.

Del total de la producción de biocombustibles en el mundo en 2017 (Figura 1.2), Estados Unidos tiene la cuota más elevada de producción (43.5%) y es parte de América del Norte, la región del mundo que, en suma, tiene más de la mitad de la producción. México entra en esta región con un 0.1%, cifra que, si bien a nivel global no es significativa, representa un aumento del 276.9% con respecto a 2012. En cuanto a América Central y Suramérica, Brasil (22.5%) y Argentina

(3.4%) son los países que figuran con las cifras más altas. Es importante considerar que aun cuando la densidad de población y el consumo energético en países europeos es menor que en muchos países del mundo, varios se han visto motivados hacia esta corriente de producción de biocombustible, por ejemplo, Francia y Alemania (2.7 % y 3.9% de producción de biocombustibles, respectivamente, en cuanto a la cifra global), con los niveles más altos de su continente. Por último, en Asia, China, Indonesia y Tailandia (2.5%, 3%, 2% de producción de biocombustibles, respectivamente, en relación a la cifra global) son los países que tienen niveles de producción más altos [3]. Cabe mencionar que en esta misma fuente, los niveles de biocombustibles en México resultaron tan bajos que no se reportaban.

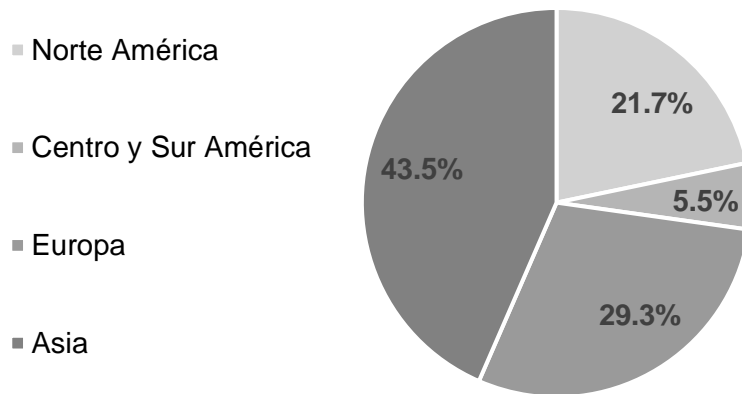


Figura 1.2 Producción de biocombustibles a 2017 [3].

Entre los países considerados industrialmente avanzados en el uso y la producción de los biocombustibles, de los cuales todos son miembros de la OCDE, se pueden observar similitudes con respecto a las estrategias aplicadas. Estas usualmente se enfocan en el fomento a la producción y la regulación normativa del mercado, más que por acciones de libre consumo por parte del usuario final. A continuación, se exponen las condiciones políticas y legales existentes por país para cada uno de los biocombustibles del estudio. Para el caso específico del etanol:

Desde 2005, Estados Unidos es el mayor productor de etanol. Para la producción, principalmente se emplea maíz [53]. En 2016 se produjeron 15,330 millones de galones [54]. De acuerdo con la Asociación de Combustibles Renovables, la industria del etanol ha creado casi 154 000 empleos en Estados Unidos sólo en 2005, generando 5.7 USD\$ mil millones [56]. Desde 2002 se ha comercializado gran cantidad de vehículos flex fuel; a pesar de que algunos autos pueden funcionar con mezclas mucho más altas, la E10 se emplea principalmente en el medio oeste de Estados Unidos [57].

Después de Estados Unidos, Brasil es el segundo productor de etanol a nivel global con 7.30 millones de galones a 2016 [58]. El interés de Brasil por incorporar el uso del etanol inició en 1919, año desde el cual sus vehículos oficiales ya empleaban etanol [59]. En 1931 se inició el uso obligatorio de mezcla al 5% de etanol en la nafta (destilado del crudo que se emplea como combustible en los motores de combustión interna) importada [59]. La EPA (Agencia de Protección Ambiental) clasificó en 2007 el etanol brasileño de caña de azúcar como un biocombustible avanzado, lo que lo certifica como un combustible de baja emisión (-61%) de gases de efecto invernadero en comparación con la gasolina [52]. En Brasil, el principal insumo para la producción de etanol es la caña de azúcar [52]. A 2013, Brasil tenía instaladas 6362 refinerías. Los vehículos con motores flex, al 2017, representan el 85% de unidades vendidas en Brasil [61].

China maneja un importante volumen de producción de etanol a nivel global. Durante 2016, la producción total de etanol fue de 850 mil galones (provenientes de maíz, trigo y yuca). La tasa obligatoria de mezcla de etanol varía entre 8 y 12%, según la oferta disponible del biocombustible [60]. Se pretende aumentar la producción de etanol a partir de yuca para reducir el uso de granos [61]. Existen más de 159 plantas de producción de etanol [60]. Aunque tiene un volumen considerablemente menor que China, Argentina es un mercado en la producción de etanol, la cual a 2016 fue de cerca de 264, 000 galones. Este se obtenía principalmente de caña de azúcar, y la producción de biocombustibles a partir de maíz es reciente, por lo cual las primeras plantas recién iniciaron su producción en los últimos cinco años. Argentina es el séptimo productor mundial de etanol detrás de India, Canadá y Tailandia [62]; es igualmente uno de los tres primeros países en exportación mundial de maíz, con una cosecha récord de 24,8 millones de toneladas, por lo que el suministro no ha representado un problema [60]. Argentina al 2016 contaba con 14 plantas elaboradoras de etanol (cinco a base de maíz y nueve a base de caña de azúcar) que en su conjunto produjeron un total de 889.945 m3. La cuota obligatoria de mezcla aumentó a partir de 2014, a fin de absorber mediante este consumo las cuotas perdidas por el cierre de las exportaciones a la Unión Europea [62].

Alemania es el principal consumidor de etanol en Europa (cerca de 247, 000 galones anuales a 2016); produce cerca del 68% del total de su consumo y comercializa etanol en al menos 334 estaciones de servicio, según datos del organismo gubernamental Bundesmonopolverwaltung für

Branntwein (BfB, por sus siglas en inglés) [79]. Mientras tanto, los volúmenes de etanol de fuentes no alimentarias alcanzaron su nivel más alto en la historia, con una producción aumentando un 56% desde 2015.

Estados Unidos en 2016 fue el principal productor de este biodiesel en el mundo y destinan la mayor parte de éste al consumo del Ejército de los Estados Unidos [28]. La Junta Nacional de Biodiesel (NBB, por sus siglas en inglés) es la asociación nacional de comercio representante de la industria de biodiesel en Estados Unidos. Según esta, se produjo más de 1.8 mil millones de galones de biodiesel en 2013, año récord [34]. El biodiesel es el primer combustible avanzado en Estados Unidos; su exponencial crecimiento se ha visto impulsado con el establecimiento de normas de calidad en su producción (ASTM D6549 y BQ-9000). Se pretende reducir las importaciones de diésel y cumplir con las políticas medioambientales [36].

Brasil es el segundo mayor productor de biodiesel en el mundo. La mezcla actual empleada es el B5, sin embargo, el gobierno actual evalúa su modificación a B10 para el 2020 [27]. Posterior a la crisis de los años 68, se dio un fuerte impulso al biodiesel. En 2006, Petróleo Brasileiro S.A (Petrobras) inició el desarrollo de la tecnología y la implementación para convertir aceites vegetales en diésel (no biodiesel), tecnología que fue patentada como “proceso H-Bio”, el cual se desarrolló con fines comerciales. Al mismo tiempo, el gobierno organizó el Programa Nacional de Biodiesel para fomentar la producción del biocombustible y su introducción en el mercado energético interno [45]. La soya es la fuente de más del 77% del biodiesel producido, seguido del cebo de animales, fuente de hasta un 16% y, finalmente, la semilla de algodón, que produce un 4% [27].

Argentina al 2016 alcanzó un récord en su producción de biodiesel de más de 2,7 millones de toneladas, un aumento del 50% con respecto al año anterior. Con este volumen de producción, la Argentina ocuparía el cuarto puesto en el ranking de producción mundial de biodiesel, después de Estados Unidos, Brasil e Indonesia, al obtener un 9% del total de más de 30 millones de toneladas, tres puntos porcentuales más que en 2015. Más de la mitad de su producción está destinada a la exportación, lo cual colocaba a este país hasta 2012 como el mayor exportador global de biodiesel, habiendo tenido como destino final principalmente a la Unión Europea, sin embargo, en fechas recientes las cifras se han visto significativamente reducidas por normas de la Unión Europea, que aumentó sus aranceles, como parte de sus estrategias proteccionistas

[64]. Para marzo de 2017, Estados Unidos, que en 2016 fue el principal comprador de biodiesel argentino, puso en marcha políticas proteccionistas para mejorar el consumo de biodiesel propio y se detuvo la compra de este producto en el medio plazo.

Alemania, en 2004, el 45% de todas las ventas de biodiesel fue directamente a las empresas de transporte por carretera. Casi la mitad de todos los automóviles de nueva fabricación emplean diésel, esto, debido a la eficiencia de los motores. El deseo por emplear tecnologías ambientalmente más amigables y menos impuestos sobre el gasóleo lo hacen más barato que la gasolina. Actualmente se producen 400.000 toneladas de biodiesel a partir de aceite de semilla de girasol, aceite de soya y ácidos grasos. El biodiesel fue el primer combustible alternativo disponible a nivel nacional y se vende a un precio más bajo que el diésel del petróleo [42].

En China al 2010 el gobierno hizo obligatoria la mezcla B5. Para 2014, China produjo 298.5 millones de galones de biodiesel, de lo cual el 30% se utiliza como combustible de transporte, el 50% es utilizado por el sector industrial y el 20% es utilizado para maquinaria agrícola y barcos de pesca [60]. Las principales materias primas para la industria de biodiesel de China son los aceites de cocina residuales y los residuos de las plantas de trituración de semillas oleaginosas. Los aceites usados también están en la demanda como ingredientes para alimentos para animales [60]. La capacidad instalada en China, sumando sus 53 plantas de biodiesel, se encuentra estimada en aproximadamente 1100 millones de galones [62].

Por tratarse de un biocombustible con características tanto químicas como de producción ampliamente diferentes a las de etanol y biodiesel, y de, se puede observar que el biogás tiene un mercado diferente; igualmente posee un importante avance en los países a continuación descritos, por ejemplo en Alemania, el total de plantas de biogás, a final de 2015, era de 8856, con una potencia instalada de 4.018 MW (equivalente aproximadamente al suministro eléctrico de 8 millones de hogares) [44]. El suministro de electricidad durante 2015 fue de aproximadamente 12,8 TWh, que es el 12,6% del total generador de electricidad renovable en el país. El biogás en Alemania se extrae principalmente por la fermentación de cultivos energéticos mezclada con estiércol. Los residuos orgánicos y los residuos industriales y agrícolas, tales como los residuos de la industria alimentaria, también se utilizan para la generación de biogás [47].

En fechas actuales, el biogás en Estados Unidos tiene un auge en el sector ganadero, en el cual operan aproximadamente 150 sistemas de biodigestores, reduciendo las emisiones de metano en un equivalente de casi de 1 millón tm de CO₂ anualmente. Asimismo, producen energía renovable equivalente al consumo de más de 20,000 hogares estadounidenses promedio. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés) promueve los proyectos de biodigestores anaeróbicos, principalmente en granjas en las que la materia prima es el estiércol, con las cuales se reducirían hasta 34 miles de millones de toneladas al año, equivalente a las emisiones de los 6,5 millones de autobuses de pasajeros por un año. Además, estos proyectos podrían generar más de 1500 MW de energía renovable [29]. A 2016, existen más de 2100 sitios de producción de biogás y hay otros 11, 000 sitios considerados listos hacia 2021, según un estudio realizado por varias agencias para el Plan Federal de Oportunidades de Biogás [44].

Más de 30 millones de hogares en China tienen digestores de biogás que convierten los desechos en energía para autoconsumo. El biogás representa aproximadamente el 1,2% del consumo total de energía de China, en su mayoría reemplazando la biomasa y los combustibles fósiles utilizados para cocinar en hogares rurales. El biogás tiene 12 beneficios ambientales y sociales significativos [54].

Al 2017 se implementó en Brasil (Ajuricaba) un condominio de agro energía que tiene un total de 27 km de red colectora de biogás, la que supe a una micro central eléctrica alimentada con 400 m³ de biogás/día, ofreciendo 560 kW/día de electricidad producida a partir de los residuos (excretas y purines de la producción de carne) de los animales de la zona [47]. La Compañía Municipal de Limpieza Urbana (Comlurb) de Río de Janeiro puso en funcionamiento la mayor planta brasileña para la transformación de basura en biogás. Con cerca de 1.3 millones de metros cuadrados y que recibe diariamente 8000 toneladas de residuos, el proyecto evitará que cerca de 75 millones de metros cúbicos de gas metano sean lanzados al ambiente [50].

En 2015 se inauguró en Argentina (provincia de San Luis) la primera planta de biogás del país; es el primer biodigestor que se alimenta con residuos sólidos urbanos (RSU) para la generación de energía. Permitirá generar aproximadamente 300 metros cúbicos de biogás por día [64]. Con el fin de aprovechar su gran potencial, producto del sector agro, Rota Guido, una empresa italiana

especialista en tecnología y soluciones para el agro y el ambiente, tiene proyectos para instalar 20 plantas de biogás en establecimientos rurales argentinos [65].

Con respecto al grado de penetración de mercado de cada biocombustible en Estados Unidos, Brasil, Argentina, China y Alemania, se puede observar que las bases de política energética que los países establezcan resultan fundamentales para la generación de un ambiente de producción, comercio y consumo adecuado para el desarrollo de los biocombustibles. Si bien se puede observar que la trayectoria de cada país en lo que a legislación se refiere ha variado, el común denominador es la participación tanto de etanol, como de biodiesel y biogás en el mercado interno de la economía del país. Por lo tanto, se puede concluir que la regulación del gobierno es fundamental en el potencial de inclusión de los biocombustibles.

1.3 Situación energética de México

En el territorio mexicano se cuenta desde 1938 con un régimen constitucional para la explotación de los recursos energéticos a cargo de Petróleos Mexicanos (Pemex), empresa pública paraestatal mexicana. El sector energético paraestatal está integrado por Pemex en sus distintas dependencias (Exploración y Producción, Refinación, Gas y Petroquímica Básica, Petroquímica, PMI Comercio Internacional, Instituto Mexicano del Petróleo), la Comisión Federal de Electricidad, el Instituto de Investigaciones Eléctricas y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares [60].

En términos económicos, a 2017, Pemex representa para México una empresa clave, ya que es la fuente más importante de ingresos del Gobierno Federal, la octava productora de crudo a nivel internacional [57] y se encuentra entre las mayores exportadoras a Estados Unidos [61].

Pemex cuenta con varias empresas filiales y organismos subsidiarios, tales como Exploración y Producción, Refinación, Gas y Petroquímica Básica, Petroquímica, PMI Comercio Internacional y el Instituto Mexicano del Petróleo. La empresa filial Pemex Exploración y Producción tiene a su cargo la principal línea de negocio, ya que se enfoca en la obtención de combustibles fósiles, por lo cual, se le considera una importante fuente de ingresos, los cuales provienen del comercio de gasolinas, el gas natural y el gas licuado de petróleo (LP) [58]. Dado que estas actividades generan grandes derramas económicas, la administración de las reservas del país resulta crucial.

Las reservas de hidrocarburos son recursos recuperables y explotables en un tiempo

determinado, siendo un indicador de fundamental relevancia para las naciones. De acuerdo a los históricos de Pemex, en los últimos años se ha presentado una disminución significativa en las reservas de crudo y gas natural en México [59]. Si bien las reservas mexicanas se prevén tienen potencial para continuar en explotación a mediano plazo, las reducciones significativas se deben usualmente a una administración no adecuada de los recursos.

Aunado a los problemas de falta de eficiencia en la administración de las reservas de crudo, existe una fuerte carga ambiental que se considera puede ser consecuencia de una prolongada y mal administrada explotación de los recursos fósiles. A nivel internacional, en numerosas ocasiones se han presentado percances durante el proceso de extracción y transporte de hidrocarburos, lo cual ha generado fuerte controversia entre grupos ambientalistas, elementos de gobierno y sociedad en general, debido a la contaminación de aguas y la desaparición de flora y fauna, para lo cual los gobiernos y las empresas privadas invierten millones en esfuerzos de labores de rescate de las zonas afectadas [63]. Además de las consecuencias directas de estos incidentes, la presencia de hidrocarburos contamina el suelo, ya que una vez ahí, estos inician una serie de procesos fisicoquímicos (como evaporación y penetración) que, dependiendo del hidrocarburo, generan mayor o menor toxicidad y salinidad (moderada, alta o extrema), dificultando el tratamiento. Las extensiones de terreno afectadas quedan inservibles, en la mayor parte de los casos, para agricultura y ganadería, lo que representa una pérdida en la productividad potencial de la zona. La biorremediación de estos espacios, para el caso de México implicaría un gasto de cuantiosos recursos [64].

La responsabilidad ambiental es sólo uno de los elementos a considerar internamente en México como parte de las afectaciones derivadas de la sobreexplotación de los recursos petrolíferos, ya que desde el punto de vista económico de Estados Unidos de América, el daño ambiental y la contaminación del aire como consecuencia del uso de combustibles fósiles (muertes prematuras y pérdida de día laborales) generan también una carga económica fuerte, ya que tiene un costo de billones de dólares que resulta una carga para el sistema de salud nacional [80], situación que en México no ha sido aun cuantificada, sin embargo debe ser tomada en cuenta.

1.3.1 Las políticas energéticas

En México, la Secretaría de Energía es la encargada de conducir la política energética del país, así como de realizar revisiones al marco constitucional y, en general, de realizar planes de

desarrollo que garanticen el suministro, la calidad, la viabilidad y la sustentabilidad de los energéticos. De esta Secretaría dependen algunos organismos: la Comisión Reguladora de Energía, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, la Comisión Nacional de Hidrocarburos y la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas [33].

En cuanto a regulación, venta y distribución de la energía en México existen leyes aplicables que pueden afectar tanto a hidrocarburos como a biocombustibles. Estas son:

- Ley para el Desarrollo y Promoción de Bioenergéticos.
- Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo.
- Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (2014-2018).
- Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS).
- Ley de Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar.
- Ley del Impuesto al Valor Agregado (IVA).
- Ley de Energía para el Campo.
- NOM-086-Semarnat-SENER-SCFI-2005, contiene especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental.
- NMX-AA-174-SCFI-2015, que establece especificaciones y requisitos para la certificación de sustentabilidad ambiental en la producción de bioenergéticos líquidos de origen vegetal.

Las anteriores regulaciones establecen que únicamente el Estado Mexicano, por mandato constitucional, puede llevar a cabo gravámenes aplicables a petróleo (gasolinas y diésel). Se definen asimismo, los apoyos otorgados para la promoción y las bases de la producción, la comercialización y el consumo de los biocombustibles en la Ley para el Desarrollo y Promoción de Bioenergéticos, en la cual se consideran las actividades agropecuarias, así como las especificaciones presentes y futuras que deberán cumplir todos los energéticos obtenidos de fuentes fósiles, los cuales se emplean tanto en las fuentes fijas (industria y servicios) como en las móviles (vehículos a gasolina y a diésel, combustibles para aviación, etc.).

Actualmente, adicionalmente a la explotación y comercio de los hidrocarburos, México busca fomentar su seguridad energética mediante fuentes de energías renovables para reducir su dependencia en los combustibles fósiles y, con esta finalidad, el gobierno mexicano elaboró la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, la cual entró en vigor el 2 de febrero de 2008, generando así un marco legal para promover y desarrollar los biocombustibles a nivel

nacional [67].

En cuanto a regulación, venta y distribución de los biocombustibles en México, falta aún definir y formalizar elementos relevantes que proporcionen una legislación específica para producción y comercio de biocombustibles, sin embargo, se puede considerar que se ha iniciado a sentar algunas bases. Un ejemplo es la creación de la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo de los Bioenergéticos, que se encargará de la vigilancia de la calidad de los productos y su cadena de producción. Se menciona, estará conformada por los titulares de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Secretaría de Energía (SENER), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaría de Economía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y se habla de avances en materia de introducción de los biocombustibles. [36]

Además de la creación de la comisión de vigilancia, se cuenta con La Ley para el Desarrollo y Promoción de Bioenergéticos, la cual a diferencia de todos los otros documentos regulatorios existentes en México, contempla la producción y la comercialización de insumos y específica que el organismo a cargo de la regulación será la Comisión Intersecretarial para el Desarrollo Rural Sustentable, quien deberá sentar bases y los lineamientos para la suscripción de acuerdos o convenios de coordinación entre los gobiernos federal, estatales, y municipales, para dar cumplimiento a esta Ley, a los programas y las disposiciones que deriven de la misma. Esta Ley menciona igualmente que se deberán establecer las bases para la concurrencia de los sectores social y privado, en lo relativo a las cadenas de producción y comercialización de insumos o, según sea el caso, a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de biocombustibles [66].

Adicionalmente, la legislación energética en México tuvo una modificación el 20 de diciembre de 2013, fecha en la que fue aprobada en México la Reforma Energética, de la que se modificaron los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución Mexicana. Si bien se modificaron condiciones diversas, con respecto a desarrollo sustentable, se toman en cuenta medidas orientadas al cuidado del medioambiente, tales como la inclusión del concepto de “sustentabilidad” en el artículo 25 constitucional para que en el desarrollo económico se tome en cuenta el entorno ecológico. Asimismo en la reforma, el Congreso se comprometió a crear la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos como órgano administrativo

desconcentrado de la Semarnat, la cual es la dependencia de gobierno que tiene como propósito fundamental, constituir una política de Estado de protección ambiental, con autonomía técnica y de gestión [36].

En cuanto a la legislación de hidrocarburos, entre las modificaciones de la reforma se elimina el contenido original del artículo 27 constitucional. La modificación no altera la propiedad de la Nación sobre los hidrocarburos y mantiene la prohibición de otorgar concesiones que confieran derechos sobre recursos naturales a particulares. Esto significa que se podrán firmar contratos, los cuales permiten la participación de los sectores social y privado en la exploración y la extracción de hidrocarburos a cambio de pagos en función de los recursos obtenidos [62]. De igual forma, se modifica el artículo 28 de la Constitución y se suprime la prohibición de externos al Estado en el proceso. Con esto, se permite que los particulares participen directamente bajo esquemas regulados en la cadena de valor después de la extracción, incluyendo el transporte, tanto de petróleo crudo, gas natural y sus líquidos, como de petroquímicos y refinados, a través de permisos que se otorguen en los términos que establezca la legislación secundaria.

Las reformas realizadas en México presentan un nuevo panorama para las actividades de exploración y extracción, en el cual la inversión necesaria será costeadada de manera compartida entre Pemex y el inversionista externo. Con ello, la explotación —para la cual se requieren fuertes inversiones—, tendrá mayores posibilidades de llevarse a cabo, ya que los elevados costos dificultan que Pemex realice por sí mismo estas labores. Sin embargo, ello también disminuiría las reservas existentes y, por lo tanto, su tiempo estimado de vida, reduciendo indirectamente las expectativas de tiempo de uso de los biocombustibles como mezclas [66].

1.3.2 El consumo de energía en México

En México la mayor parte del consumo energético proviene de fuentes primarias de energía, entre las cuales están: petróleo crudo, gas natural (en condiciones de consumo residencial pasa a ser considerado energía secundaria), biomasa, carbón, leña, energía nuclear, biogás, eólica, solar, geotermia e hidráulica.

El consumo total de energía en México durante 2015 fue 1.5% mayor que en 2016, lo cual representa un avance en los objetivos planteados como país. Sin embargo, vale la pena mencionar que, al 2016, el 93% de los 186.5 Mtpce consumidos provino de fuentes fósiles;

igualmente, de esta última cifra, si bien con respecto a años anteriores, el empleo de energía renovable aumentó, fue equivalente a menos del 2% de la cifra total de consumo [3], lo cual refuerza el alto grado de dependencia de las fuentes de energía no renovables que como país presenta el mercado mexicano.

De los combustibles fósiles, el que tiene una mayor cuota de consumo es el petróleo. En 2016 tuvo el índice más bajo de reservas registradas para México en los últimos 20 años y más bajo de producción en los últimos 10 [58]. Adicional a la baja en los niveles de producción, se registró un decremento de 12.3% en la cantidad de barriles refinados dentro del país. Esta disminución, si bien puede contrarrestarse importando el producto ya refinado (las cifras de importación aumentaron en un 5.6% durante 2016), aumenta los costos durante el proceso y, por lo tanto, deberá aumentar también el precio final para el consumidor.

Las reservas probadas de combustibles fósiles, al igual que la producción diaria de barriles de crudo, no ha tenido un incremento gradual, sino que se ha reportado una disminución de las reservas provenientes de los principales yacimientos ya explorados, por lo que los yacimientos con mayor volumen de producto disponible son aquellos a los que el acceso es más difícil. Esto ha dado como resultado un fuerte aumento de los gastos requeridos para exploración, que difícilmente pueden ser solventados por Pemex, situación que impactará negativamente la producción diaria a corto o mediano plazo [56].

De 2011 a la fecha, han disminuido considerablemente: el precio por barril de crudo o de gas natural, los ingresos totales y las cifras de ventas de productos exportados. Estas últimas registraron su punto más bajo en los últimos 10 años, con lo cual los ingresos por venta para México disminuyen e igualmente el PIB.

Del total de la energía producida en México, el 44% se destina al sector transporte, que durante 2015 totalizó casi 2 362 PJ, aumentando por tercer año consecutivo, y teniendo como fuentes de energía principales, las gasolinas y el diésel, con una cuota de mercado del 91.8% como se puede observar en las cifras de la Tabla 1.2. Dado que los combustibles destinados al transporte personal y de servicios presentan una alta demanda de energía, se espera que la inclusión complementaria de otras opciones de combustibles permita satisfacer parte de la demanda. Con esto, la reducción en los porcentajes de combustibles fósiles representaría la posibilidad de iniciar

estrategias de manejo sostenible de la energía [56].

Tabla 1.2 Balance Nacional de Energía: Consumo de energía por sector 2016 [69]

	2013	2014	2015
Transporte (Unidades en PJ)	2, 262.26	2, 246.40	2, 361.74
Autotransporte	2, 074.64	2, 049.65	2, 138.21
Aéreo	127. 18	135.08	152.78
Marítimo	28.75	29.31	35.93
Ferrovionario	26.60	26.36	30.91
Eléctrico	4.06	3.96	3.89

Debido al alto consumo de combustible fósil empleado por medios de transporte, México estableció en 2006 como parte de sus iniciativas de mejora y con el fin de medir el daño ambiental la NOM-086-Semarnat-Sener-SCFI-2005, "Especificaciones de los combustibles fósiles para protección ambiental", en donde se limita la cantidad de contaminantes en la composición de las mismas. Específicamente se menciona la obligatoriedad de que las gasolinas que se consuman en el país deben contener 2.7% de oxígeno en peso. En México se emplea actualmente MTBE y TAME (Teramil Metil Éter). La Norma 086 también obliga a un contenido máximo de azufre en las gasolinas y el diésel. Para el caso de la gasolina Premium que se consume en todo el país, es de 30 partes por millón en peso (ppm) promedio, con un máximo de 80 ppm, exigencia que se cumple con la producción de gasolina Ultra Baja en Azufre (UBA). En el caso de la Magna, la Norma señala que, desde octubre de 2008, la gasolina consumida en las tres principales zonas metropolitanas del país debe también cumplir con los mismos parámetros de contenido de azufre que la gasolina Premium (30 ppm promedio/ máximo 80) [67].

1.3.3 Biocombustibles en México

México, con respecto a combustibles líquidos, satisface la mayoría de su demanda con combustibles fósiles. Del total de energía producida en México, los niveles correspondientes a biocombustibles son significativamente menores que los relativos a hidrocarburos, con sólo un 3.8% del total de las energías proveniente de los biocombustibles [3]. Por otro lado, la problemática de viabilidad para incluir a estos, desde el punto de vista socioeconómico, ha sido abordada en pocas ocasiones y de manera escueta.

Respecto al país, la NOM-086-Semarnat-Sener-SCFI-2005 indica que se debe consumir gasolina

magna UBA desde enero de 2009, hecho que se ha pospuesto dado el retraso en las licitaciones de las plantas de post tratamiento y modernización de Pemex. Esta situación generó una fuerte multa para Pemex por parte de la Semarnat, por supuesto, hace que la gasolina magna que se continúa consumiendo en el resto del país contenga 350 ppm en lugar de 30 que marca la Norma 086, con sus respectivas consecuencias en la emisión de óxido de nitrógeno y otras partículas contaminantes que dañan la salud y el ambiente [67]. La situación anterior, sin embargo, fue subsanada hasta Febrero de 2016.

La cantidad aproximada que se requiere de MTBE y TAME en México es de 23 mil barriles diarios (2005), pero la producción sólo llegó a 10 mil 800 barriles diarios, y el resto se cubrió con importaciones. Hay que aclarar que la capacidad de producción nacional de estos compuestos oxigenantes es de 15 mil 600 barriles diarios, pero la capacidad utilizada sólo fue de 70%, debido a falta de suministro de metanol y butanol (materia prima) por parte de Pemex Petroquímica a Pemex Refinación, que es quien produce el MTBE y el TAME. La cantidad de MTBE y TAME que se produjo en el 2005 fue de 6.6 y 4.2 millones de barriles diarios, respectivamente (total 10.8 MBD); no obstante que la capacidad instalada de seis diferentes refinerías de Pemex era de 15.6 MBD [67].

Además de la oferta nacional de MTBE y TAME, se requiere importar una cantidad aproximada de 8 mil barriles diarios cada año, dependiendo del volumen que se produzca nacionalmente y de la variabilidad en los contenidos de oxígeno que presenten estos éteres. Se estima que la erogación anual por motivo de importaciones de MTBE y TAME es de, aproximadamente, 300 millones de dólares, misma cantidad que pudiera dejar de salir del país, si se procediera a sustituir dichas importaciones [69].

1.3.3.1 Potencial del etanol

Según la Sagarpa, los dos principales cultivos que México tiene para producir etanol son la caña de azúcar y el sorgo grano [70].

Existen 6,3 millones de hectáreas de caña de azúcar con un potencial de producción de casi 270 toneladas de caña por hectárea y un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada, que equivalen a 22.950 litros por hectárea. En cuanto al sorgo, hay 15,8 millones de hectáreas de sorgo con un rendimiento potencial de 7 toneladas de sorgo por hectárea, lo que suma hasta 420

litros de etanol por tonelada (2, 800 litros por hectárea), suponiendo condiciones idóneas en el proceso [71].

Actualmente, las únicas empresas que se encuentran en condiciones de producir etanol a niveles industriales son los ingenios azucareros. Los 49 existentes a 2017 pertenecen a la iniciativa privada. De estos, uno, “El Dorado”, se ubica en Sinaloa y seis más, en los estados del sur de México (Chiapas, Campeche, Oaxaca y Quintana Roo). Los 44 restantes se localizan en la Zona Centro [72].

Según información del Comité Nacional para el Desarrollo Sostenible de la Caña de Azúcar, de los 49 ingenios, sólo un porcentaje pequeño está en condiciones de producir etanol, como se puede observar en las Tablas 1.3 y 1.4

Tabla 1.3. Capacidad Instalada de producción de Alcohol Etilico [73]

Ingenio	Capacidad Instalada Litros	Producción Zafra 2011/12	Capacidad Utilizada
Pujilic – Chiapas	18, 000, 000	8, 724, 575	48%
San Nicolás – Veracruz	12, 000, 000	1, 424, 214	11%
Tamazula – Jalisco	700, 000	2, 576, 580	34%
Aarón Sáenz – Veracruz	8, 550, 000	2, 583, 711	30%
Constancia – Veracruz	12, 000, 000	Sin registro	-
La Gloria – Veracruz	32, 000, 000	25, 358, 935	79%

Tabla 1.4. Capacidad Instalada de producción de Etanol Anhidro [73]

Ingenio	Capacidad Instalada Litros/zafra
San Nicolás – Veracruz	16, 000, 000
La Gloria – Veracruz	10, 500, 000
Alcoholera Zapopan - Jalisco	19, 625, 000

Con respecto al etanol producido a partir de la caña de azúcar, el Comité Nacional para el Desarrollo Sostenible de la Caña de Azúcar (Conadesuca) informó que durante la cosecha de azúcar 2012/2013, México obtuvo un rendimiento total de 7,86 millones de toneladas de azúcar, de las cuales, 2,4 millones corresponden a excedentes que pueden ser exportados, que, de ser comercializados para consumo, haría caer el precio del azúcar refinado de la caña de azúcar. El excedente podría emplearse fácilmente para la producción de etanol y la generación de la mezcla [73].

El etanol anhidro tiene principalmente dos usos: como materia prima para oxigenar las gasolinas y como sustituto de estas, previa combinación en diferentes porcentajes.

Para estimar la demanda de etanol, podría hacerse un cálculo del volumen de MTBE y TAME susceptible de ser sustituido en las gasolinas, y del porcentaje que Pemex decida combinarlo, pero que, además, sea viable técnica, económica y socialmente. En caso de que Pemex decidiera emplearlo como oxigenante, la comercialización estaría ligada por completo a este primer y único consumidor de etanol, que es quien se encarga de administrar los combustibles del país, por lo cual se puede considerar que estamos ante un monopsonio [48].

Como Becerra menciona, “El precio final de la gasolina lo determina el monopolio estatal, Pemex, y la SChP, teniendo como referencia el precio internacional y las condiciones económicas y sociales del país. El etanol en el corto plazo, por tanto, es una demanda derivada de la cantidad de oxigenantes que se requieran; y en el mediano plazo, está en función de la demanda de gasolina y de sus perspectivas de crecimiento, que, a la vez, están determinadas por el crecimiento de la flota vehicular y por las condiciones económicas y comerciales del país” [46]. Teniendo en cuenta que el etanol se introduciría según la NOM-016-CRE-2016 al 5,8% (E6) y que se requiere un contrato de 10 años para viabilizar inversiones, los volúmenes máximos de demanda serían los que se muestran a continuación en la Figura 1.3

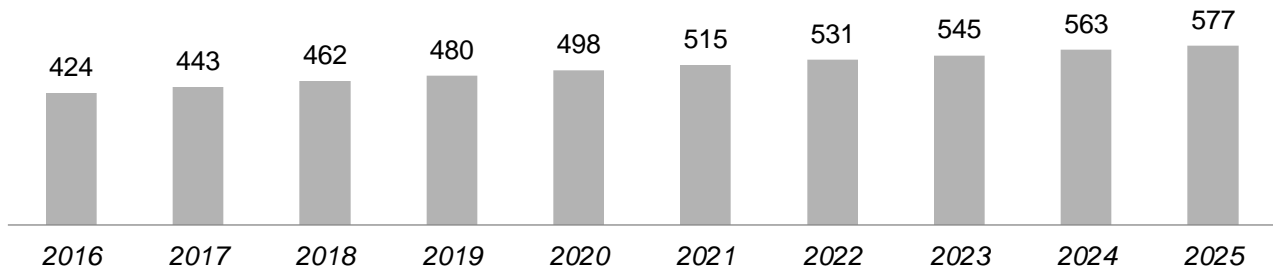


Figura 1.3. La demanda de etanol anhidro 2015-2016 (MDLA / a) millones de litros por año [4]

El cálculo de costos de producción de biocombustibles para el mercado comercial es un tema complejo, dado que existen plantas piloto y pocos productores industriales. Adicional al cálculo de los costos fijos y variables, debe considerarse el costo de oportunidad (por ej., comercializar el etanol producido para la generación de etanol carburante en vez de destinarlo a industria farmacéutica o alimentaria, cuyo valor por litro es mayor) y el impacto de las variables macroeconómicas en el sector al momento de cuantificar su valor [68].

Para el etanol, que lo que se debe cuantificar es un producto de origen agrícola y México es relativamente nuevo en la producción de etanol carburante, habría que calcular igualmente costos agrícolas, de transporte de materias primas, inversión, transformación, almacenamiento, distribución y comercialización, entre otros. Con el fin de poder estimar el costo de producción, se deben considerar algunos costos del proceso de producción del etanol, evaluando diferentes cultivos y presentando al final los costos asociados al proceso.

De acuerdo con información reportada para México, cultivos como la yuca, sorgo y remolacha no son comúnmente manejados en México en grandes volúmenes, y los costos totales de producción si se buscara emplear alguno de éstos, se moverían en un rango de costo por litro de hasta casi un 50% superior al de Estados Unidos [71].

La introducción de la mezcla a partir del etanol presenta un difícil panorama desde el punto de vista de la materia prima debido al precio. Con el fin de avanzar en el camino de la inclusión del etanol en México, Pemex pactó a través de una licitación⁸ abierta en 2015, un precio de compra con varias empresas mexicanas, en la que se adjudicó seis contratos para la adquisición de etanol puro en el país los cuales se detallan en la Tabla 1.5. Cabe destacar que, tomando la información recibida por el Instituto Nacional de Acceso a la Información, según los contratos de venta, en una primera etapa se realizarían recepciones en sólo ocho terminales de almacenamiento y distribución ubicadas en Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, con una transacción total de 190 millones de litros anuales para el año 2020. Vale la pena comentar que, según la información emitida en comunicado por Alcoholera Zapopan, una de las empresas proveedoras de etanol para la licitación, en octubre de 2017, Pemex no había efectuado o iniciado la adquisición de etanol [74].

Tabla 1.5. Contratos para la adquisición de etanol puro en México entre Pemex y productores [74]

Terminal de almacenamiento y distribución más adecuado	Proveedores	Dólar x lt
San Luis Potosí	Productores de Bioenergéticos Mexicanos	\$ 0.44
CD. Valles	Productores de Bioenergéticos Mexicanos	\$ 0.43
CD. Mante	Productores de Bioenergéticos Mexicanos	\$ 0.43
Xalapa	Soluc. en Ingeniería Naval, Marina y Terrestre	\$ 0.43
Perote	Alcoholera de Zapopan	\$ 0.43
Veracruz	Alimento Tenerife y Destiladora del Papaloapan	\$ 0.42

Una vez seleccionado el cultivo energético y lista la materia prima para elaborar la mezcla de

etanol, será necesario definirla metodología de mezclado, almacenaje, transporte y comercialización.

1.3.3.2 Potencial del biodiesel

Al igual que para el etanol, los datos de rendimiento de los cultivos y los costos para la producción de biodiesel en México son escasos. Hasta la fecha, todos los proyectos, tanto piloto y con fines comerciales, creados por iniciativa privada o gubernamental, han tenido amplias oportunidades de mejora, y en ningún caso han sido sostenibles.

Tanto para biodiesel como para el etanol, hay elementos que deben regularse claramente para el establecimiento de un canal de distribución correcto (antes y después de la generación de la mezcla) de biodiesel, con el fin de mejorar las condiciones de producción, para la recepción y la elaboración de la mezcla [54]. A continuación en la Tabla 1.6 se presentan datos con respecto al rendimiento y el costo de los potenciales cultivos energéticos, a partir de los cuales, existe la oportunidad en México de producir biodiesel.

Tabla 1.6. Producción Agrícola 2015 [74]

Cultivo	Plantación (Ha)	Cosecha (Ha)	Producción (Tonelada)	Rendimiento (Ton / Ha)	Costo (\$ / Ton)	\$ producción (Miles de dls)
Jatropha	16.17	7.14	4.40	0,04	302.76	22.18
Girasol	963.82	920.17	863.92	0,65	346.44	4, 988.20
Soja	15, 230.79	14 998.76	20, 465.29	0,08	348.00	118, 694.35
Semilla soja	26.35	26.35	62.37	0,16	1, 098.36	1, 139.74
Aceite palma	4, 929.04	3 276.03	39, 974.27	0,73	80.18	53, 397.44

Por otro lado, las principales fuentes de biodiesel son los aceites vegetales. El reto, sin embargo, es encontrar oleaginosas que produzcan el aceite necesario que se requiere para ser utilizadas como insumos para la producción de biodiesel y que, al mismo tiempo, no compitan con cultivos con fines alimentarios. Una opción que en la literatura se encuentra ampliamente catalogada como apta para la obtención de biodiesel, *Ricinus communis*, fue descartada para México como una opción viable, ya que, en las cifras reportadas por la Sagarpa, no había datos de producción.

Los cultivos más competitivos para la producción de biodiesel son el aceite de palma, de girasol y de soja. A pesar de que la jatropha parece tener resultados promisorios, existe la preocupación de la poca producción y cosecha disponible. Para todos los cultivos, los costes agrícolas

representan entre el 59 y el 91% de los costes totales de producción de biodiesel. En muchos casos, como la soja, estos costos dependen en gran medida de la posibilidad de vender los subproductos agrícolas [73].

Con respecto al diésel, en abril de 2016, la Sener había autorizado los permisos para la importación de diésel por más de 190 millones de barriles, equivalente al 137% del consumo de diésel en comparación con 2015 [66]. Esto significa que:

- a) el diésel que se consume en México es mayormente importado;
- b) dicha importación se da en volúmenes donde la producción nacional se ve por completo rebasada por la cantidad demandada por el país;
- c) como se requiere realizar importaciones por cantidades tan grandes de combustible, bien se podría reducir en un porcentaje la cantidad de diésel a comprar y complementarlo con aceite que permita generar una mezcla adecuada de biodiesel. Ahora bien, con respecto a las importaciones, vale igualmente mencionar que los costos por importación que México tiene que pagar son altos. En 2016, los costos derivados de compras registraron un aumento de 230% respecto a 2015. Este aumento es debido al aumento de precios por barril y por el alto volumen importado [74]. Con respecto al precio del diésel, a continuación en la Figura 1.4, es posible observar el comportamiento del precio del diésel y del aceite de palma. Este último, a diferencia de diésel, ha reducido su precio.

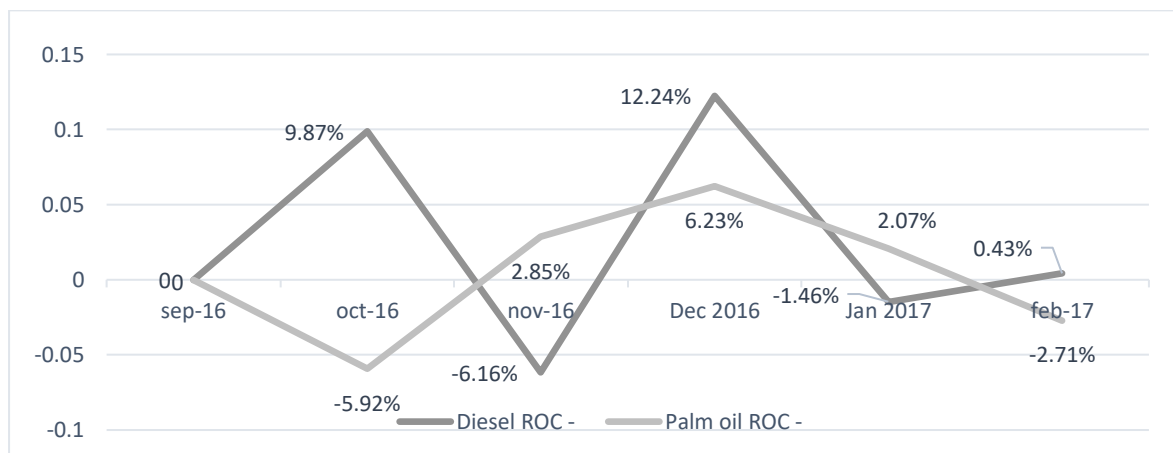


Figura 1.4. Comparación de la tasa de cambio entre el diésel y el aceite de palma [75]

1.3.3.3 Potencial del biogás

En México, el ganado y la población porcina son de alrededor de 15,4 millones de cabezas [23],

distribuidas en todo el país. A continuación en la Tabla 1.7, se presenta el número total potencial de individuos productores de desechos, sin embargo, no todo el estiércol puede aprovecharse, ya que no todos los animales provienen de granjas establecidas y formales, en cuyas instalaciones podrían permitir la instalación y el funcionamiento de los biodigestores [29, 76-80]. Teniendo en cuenta que el uso y la recogida de estiércol son más regulados y sistematizados dentro de “granjas formales”, la producción estimada de biogás es de 652 millones de m³/año. Este potencial corresponde con la cantidad de biogás que se puede generar a partir de estiércol de cerdo procedente de granjas formales a través de un sistema de biodigestión en condiciones óptimas. Esta cantidad tiene en cuenta la disminución por restricciones técnicas relacionadas con la disponibilidad de biomasa (cosecha) y el tipo de tecnología para ser empleado. Los estados con el potencial de producción de biogás más alto son Puebla, Jalisco, Sonora y Veracruz [78].

Tabla 1.7 La producción de ganado por producto [78]

Ganado	Población nacional
Ganado	33, 502 623
Ganadería de cerdos	16, 364, 459
Oveja	8, 710781
Rebaño de cabras	8, 714, 946
Aves de corral	538, 575, 922

El Fideicomiso de Riesgo Compartido (Firco) promueve la validación y la liberación de las tecnologías basadas en fuentes de energía renovables, con énfasis en el uso eficiente de biogás para la generación de electricidad (cogeneración) por el uso de la tecnología de digestión anaerobia acoplado a un motor-generador [76]. Igualmente, se encarga de promover la inversión en equipamiento e infraestructura, con el fin de obtener y utilizar el biogás a partir de estiércol de ganado, en las unidades agrarias. Hay dos áreas de apoyo a la inversión, definidas como sigue:

- Biogás motor-generadores: adquisición de equipo especializado para la generación de electricidad a través del biogás producido por el sistema digestivo bio.
- Sistemas de biogás independientes: estos proyectos no consideran la comercialización de créditos certificados de reducción de emisiones, sólo la generación de energía eléctrica para cubrir las demandas energéticas dentro de las empresas agrícolas y resolver los problemas de contaminación [76].

Con respecto al uso eficiente de los rellenos sanitarios de residuos, una de las tecnologías comúnmente utilizadas para la disposición final óptima de los residuos urbanos son los rellenos

sanitarios. Las instalaciones implican biodigestores, quemadores, métodos de ingeniería para la disposición final de sólidos urbanos que operan bajo la NOM-083-Semarnat-2004 1 (norma que dirige la compactación, la eliminación y la mitigación de desechos generados en México), y más del 60% terminó en los rellenos sanitarios [79].

En el año 2010 se enumeran 186 rellenos sanitarios; la mayoría de estas instalaciones se encuentra en los estados de Hidalgo, Nuevo León, Puebla y Tamaulipas [79]. Debe hacerse hincapié en que el tamaño de la población de estas entidades federativas no está directamente relacionado con el número de proyectos (rellenos sanitarios), incluso, si la cantidad de residuos generados es considerablemente grande, lo cual representa un área de oportunidad de mejora o aprovechamiento. Existen plantas piloto en el país que poseen proyectos de producción de etanol o biodiesel, sin embargo, algunas son aún iniciativas de proyectos y las otras no han obtenido hasta ahora las cantidades de producto proyectadas, por lo que no puede decirse todavía que posean producción a nivel industrial ni una amplia cuota de mercado.

Hoy en día el biogás puede considerarse el principal biocombustible en explotación en México, aun cuando se encuentra en una etapa temprana. El adecuado aprovechamiento de los 186 rellenos sanitarios en todo el país podría generar entre 1 629 y 2 248 toneladas de metano al año, y producir entre 652 y 912 MW de energía eléctrica. Asimismo, el tratamiento térmico de los rellenos sanitarios tiene una capacidad de generación de energía eléctrica de entre 1, 597 y 1, 994 MW [81].

El 58.9% de los residuos sólidos urbanos manejados en los rellenos sanitarios se localizan en siete entidades: Distrito Federal, Estado de México, Puebla, Veracruz, Guanajuato, Nuevo León y Jalisco, con una generación de 16,647 toneladas anuales, de las que podrían aprovecharse las emisiones de metano [79].

México cuenta con un amplio potencial de unidades productivas susceptibles de incorporar sistemas de biodigestión en diferentes niveles, pues se estima que hay 3 000 establos lecheros, 1, 500 granjas porcinas, 94 rastros TIF y 905 rastros municipales, sin considerar los corrales de engorda y las granjas avícolas interesadas en la tecnología, además de miles de unidades de producción pequeñas que podrían utilizar el biogás y sus aplicaciones para servicios de autoconsumo. El aprovechamiento de excretas de ganado porcino podría generar entre 0,49 y 0,738 millones de toneladas anuales y un potencial de generación eléctrica de 246 a 492 MW. Se

estima que, al 30 de septiembre del 2007, en México existían 9,21 millones de cabezas de ganado porcino, de los cuales, la mitad de las cabezas se encontraba en cuatro entidades: Sonora, Jalisco, Guanajuato y Puebla [79].

El potencial teórico estimado para la producción de biogás a partir de rellenos sanitarios es 4 982 millones de metros cúbicos al año. Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua) en México hay 2 816 plantas operativas formales con una capacidad de 126,8 m³/s [78]. Estas plantas de proceso de un flujo de 93,6 m³/s, equivalente a la 44,8% del agua recogida desde el sistema de alcantarillado municipal formal [78]. En todas estas plantas se pueden implementar el procesamiento del gas emitido para la mejora de su consumo de energía [77].

La Conagua tenía registradas, hasta diciembre de 2008, 1, 833 plantas de aguas residuales urbanas en operación formal, con una capacidad total instalada de 113 m³/s. Dichas plantas procesaban un caudal de 83,6 m³/s, equivalente al 40.2% del total de las aguas residuales generadas y recolectadas en los sistemas formales de alcantarillado municipales, el cual se encontraba estimado en 208 m³/s, así como 2, 174 plantas de tratamiento de aguas industriales, de las cuales 2, 082 estaban en operación con un gasto de tratamiento de 33, 778 L/s, que equivale al 59,5% de su capacidad instalada. El potencial de producción de biogás en las plantas de tratamiento de aguas residuales depende del contenido de material orgánico, que puede ser entre el 5 y el 10% que se procesan en el caudal [77].

1.4 La investigación de mercados para el sector energético

El sector energético presenta variaciones frecuentes en los mercados internacionales; por esto, debe ser estudiado desde un punto de vista económico, así como de mercado, con el fin de obtener una descripción completa de la situación actual y perspectivas. Esto es especialmente relevante en nuestro país, donde la regulación y la explotación de la energía habían sido, hasta hace poco, actividades exclusivas de empresas paraestatales [82]. De ahí, la importancia de realizar un estudio de mercado, el cual es la recolección sistemática y objetiva de información que posteriormente es interpretada para reducir el riesgo durante la toma de decisiones relacionadas con el análisis de mercado, con base en una metodología de búsqueda. Durante este proceso, los datos, las opiniones y las cifras estadísticas obtenidos de las encuestas y la investigación documental son acumulados, a fin de convertirse en elementos que permitan realizar el proceso de inteligencia de mercado y tomar mejores decisiones de acción [83].

Para Kotler *et al.*, el estudio de mercado "consiste en reunir, planificar, analizar y comunicar de manera sistemática los datos relevantes para la situación de mercado específica que afronta una organización" [84]. Randall define el estudio de mercado como "la recopilación, el análisis y la presentación de información para ayudar a tomar decisiones y a controlar las acciones de *marketing*" [85]. Según Malhotra, los estudios de mercado "describen el tamaño, el poder de compra de los consumidores, la disponibilidad de los distribuidores y los perfiles del consumidor" [86].

Según diversos autores, el esquema básico a seguir para realizar un estudio de mercado puede ser representado como se observa a continuación en la Figura 1.5:

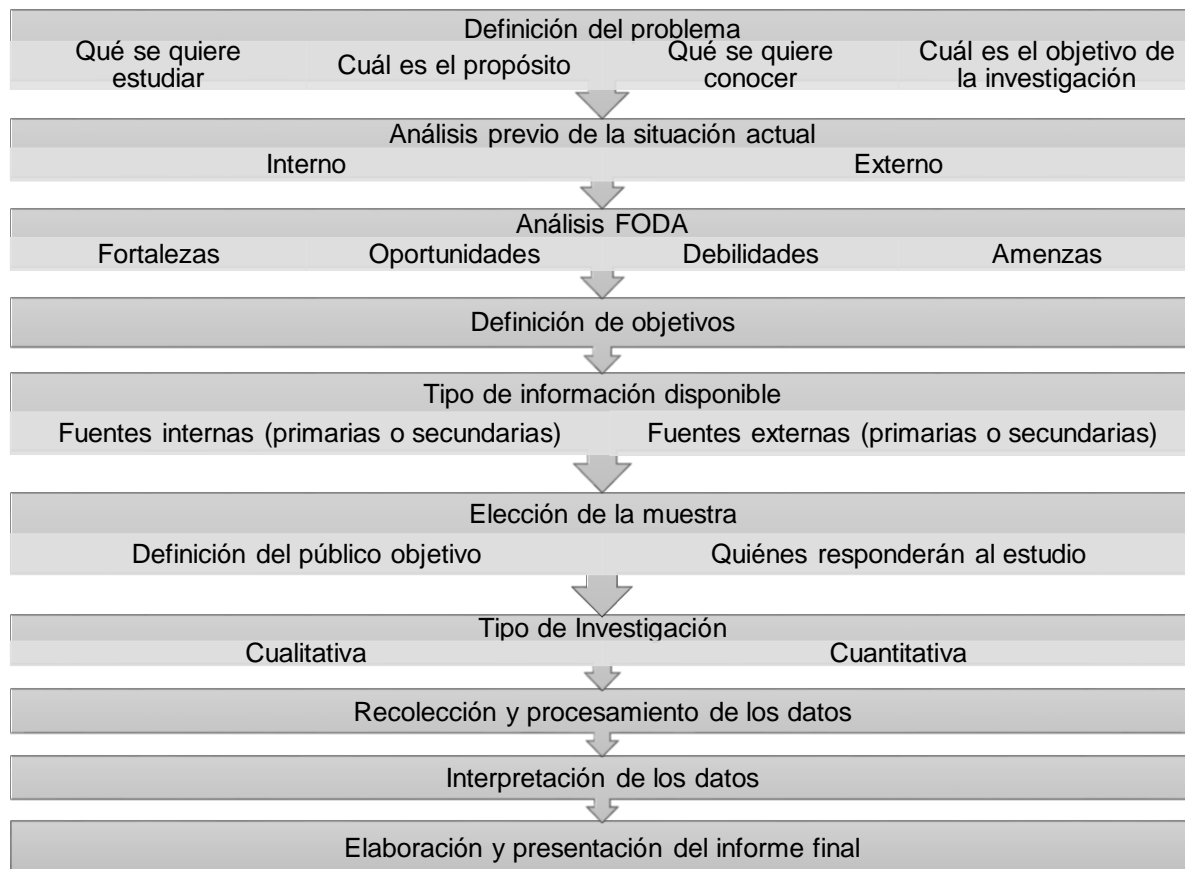


Figura 1.5. Proceso para el desarrollo de un estudio de mercado [87, 89]

El *benchmarking* es una herramienta que permite analizar comparativamente aquellos productos, servicios y procesos que emplean los mejores del ramo con el propósito de mencionar las mejores

prácticas que se llevan a cabo y su aplicación [61]. Para el presente análisis se realizó un *benchmarking* entre grandes potencias en el uso y producción de los biocombustibles y las iniciativas llevadas a cabo en México, para proponer estrategias o mejoras. El desarrollo de esta herramienta se considera relevante, debido a que se pueden evidenciar con mayor facilidad las áreas de oportunidad para el país y contrastar así, el método de aprovechamiento en otros mercados o los éxitos y los inconvenientes resultantes de algunas medidas aplicadas por países con condiciones diferentes o similares a México.

1.4.1 Diseño de la encuesta como herramienta de la investigación de mercado

Ante la escasez de datos para el desarrollo de la presente investigación con datos cuantitativos, se diseñó una encuesta que, al ser aplicada, permitiera conocer más a detalle elementos para allegarse de información del microentorno de los biocombustibles. Se planteó que la herramienta de investigación empleada fuese la encuesta. Esta se aplicaría a productores y expertos en el uso de biocombustibles.

Se puede definir la encuesta, como “una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, describir, predecir y/o explicar una serie de características” [91]. Es mencionada la observación por encuesta, que consiste igualmente en la obtención de datos de interés sociológico mediante la interrogación a los miembros de la sociedad; es el procedimiento sociológico de investigación más importante y el más empleado. Permite la obtención de datos sobre una gran variedad de temas [91, 92].

El instrumento básico utilizado en la técnica de investigación por encuesta es el cuestionario. Puede definirse como el “documento que recoge de forma organizada los indicadores de las variables implicadas en el objetivo de la encuesta” [93]. Vale la pena mencionar que, según la anterior definición, la palabra encuesta se utiliza para denominar a todo el proceso de aplicación y procesamiento que se lleva a cabo, mientras la palabra cuestionario queda restringida al formulario que contiene las preguntas que son dirigidas a los sujetos objeto de estudio.

Previo a la redacción de las preguntas, se deben tener en cuenta también las características de la población a la cual se encuestará (nivel sociocultural, edad, estado de salud, género, ocupación, etc.) y el sistema de aplicación que va a ser empleado, ya que estos aspectos tendrán una importancia decisiva a la hora de determinar el número de preguntas que deben componer el cuestionario, el lenguaje utilizado, el formato de respuesta y otras características que puedan ser relevantes [94].

En el cuestionario pueden encontrarse distintos tipos de preguntas según la respuesta a obtener del encuestado, de la naturaleza del contenido y de su función. Según la contestación que admitan del encuestado, se pueden clasificar las preguntas en [95-97]:

- Cerradas. Las preguntas cerradas, precodificadas o de respuesta fija, son aquellas en las que el encuestado, para reflejar su opinión o situación personal, debe elegir entre dos opciones: “sí-no”, “verdadero-falso”, “de acuerdo-en desacuerdo”, etc. Tienen como ventaja, su fácil respuesta y codificación, sin embargo, la información que ofrecen es limitada.
- De elección múltiple. Este tipo de preguntas pueden ser de tres tipos:
 - Abanico de respuestas, cuando se ofrece al encuestado una serie de opciones de respuesta, que deben ser exhaustivas y mutuamente excluyentes.
 - Abanico de respuestas con un ítem abierto. Este tipo de pregunta es apropiado cuando no se tiene la absoluta certeza de resultar exhaustivos y se deja la posibilidad al encuestado de añadir opciones no contempladas en las alternativas de respuesta ofrecidas.
- Preguntas de estimación. En este caso se ofrecen como alternativas respuestas graduadas en intensidad sobre el punto de información deseado. En el caso del cuestionario simple, con estas preguntas de estimación no se pretende obtener una puntuación para cada uno de los sujetos que participan en la investigación, sino simplemente una distribución de frecuencias de las respuestas emitidas. Si se obtuviera una puntuación para cada uno de los sujetos, constituida por la suma de las respuestas escalares dadas a varios ítems, se estaría hablando de una escala, generalmente destinada a medir actitudes o “estados subjetivos”.
- Abiertas. Se consideran preguntas abiertas cuando se da libertad al encuestado para que conteste con sus propias palabras. Este tipo de preguntas está indicado en estudios de carácter exploratorio y cuando se desconoce el nivel de información que tienen los encuestados. Presentan como ventaja el hecho de proporcionar mucha información y un máximo de libertad al encuestado; sin embargo, la codificación de las respuestas puede

suponer ciertas dificultades y exige un mayor esfuerzo y tiempo al encuestado para su contestación.

Las preguntas pueden igualmente clasificarse:

- Según la naturaleza del contenido. Las preguntas del cuestionario pueden estar dirigidas a obtener respuesta sobre cuestiones concretas, opiniones, nivel de información, actividades, aspiraciones, motivos o razones, etc.
- Según su función. En el cuestionario se pueden encontrar preguntas que tienen funciones especiales. Dentro de estas destacarían los siguientes tipos:
 - Preguntas filtro. Las preguntas filtro tienen por objeto seleccionar a una parte de los encuestados para realizarles posteriormente preguntas sólo indicadas para ellos. Suponen una economía de esfuerzos para el investigador y el encuestado.
 - Preguntas de consistencia y de control. Las preguntas de consistencia tienen como función comprobar la congruencia de las respuestas del encuestado. Son preguntas con el mismo significado, pero distinta redacción, que se sitúan espaciadas en el cuestionario. Las preguntas de control intentan determinar la veracidad de las respuestas del encuestado, para lo cual suelen incluir en las categorías propuestas alguna falsa. Serían semejantes, en su finalidad, a las escalas de veracidad o sinceridad que incluyen algunos test psicológicos.
 - Preguntas de aflojamiento y acceso. La finalidad de las preguntas de aflojamiento, también llamadas de introducción, es establecer un clima de interés que posibilite una mejor disposición por parte del sujeto a contestar. Este tipo de preguntas se sitúa al comienzo del cuestionario y, si este versa sobre más de un tema, cada vez que se trata uno distinto. Las preguntas de acceso son preguntas que, por su redacción, hacen que el encuestado no se sienta incomodo al tratar temas comprometidos (aunque es preciso tener en cuenta que no deben realizarse preguntas indiscretas si no son estrictamente necesarias).

Al realizar las preguntas es aconsejable considerar una serie de indicaciones basadas en la experiencia investigadora y recogidas por algunos autores [95, 96, 98-100].

- Las preguntas deben ser claras y sencillas, para ser entendidas por los encuestados.
- Las preguntas deben ser personalizadas para cada encuestado. En líneas generales, es aconsejable personalizarlas, ya que se ha observado que las preguntas así redactadas

obtienen más respuestas y estas son más exactas. Sin embargo, algunos temas pueden desaconsejar el uso de la personalización.

- Deben evitarse las frases o palabras ambiguas que induzcan a interpretaciones diversas según los encuestados. Así, una pregunta, o una palabra, será precisa si dos encuestados diferentes la entienden del mismo modo. En el caso de que se ofrezcan categorías que precisen una especificación temporal o numérica, estas deben ser concretas, por ejemplo, “una vez a la semana”, “todos los días”, evitando expresiones imprecisas como “con frecuencia”, “a veces”, “mucho”, etc., que se prestan a múltiples interpretaciones. Por otro lado, es preferible evitar el uso de expresiones coloquiales, ya que cambian con rapidez y no todos los encuestados están al tanto de su significado.
- Debe evitarse el empleo de palabras emocionalmente cargadas. Términos como, por ejemplo, “malo”, “bueno”, “mal planeado” tienen en nuestra sociedad una connotación negativa y su uso en un cuestionario repercutirá en la calidad de las respuestas, bien induciendo las respuestas, bien ocasionando reacciones negativas en los encuestados.
- Deben evitarse las preguntas que sitúen al encuestado a la defensiva. Desde el punto de vista del encuestado, cualquier pregunta que suponga una injerencia en su intimidad (nivel de ingresos, conductas delictivas, actividad sexual) será rechazada si no está adecuadamente justificada y redactada. En estos casos, son aconsejables las aproximaciones a través de una batería de preguntas (que constituyen el desarrollo de una de carácter general y que se complementan entre sí) o el uso de preguntas de acceso, ya comentadas.
- Se deben evitar las preguntas que incluyan cálculos o temas difíciles y complejos. Si es necesario que el encuestado realice cálculos, debe procurarse facilitarlos al máximo. Por otro lado, antes de proponer preguntas sobre temas complejos, se debe estar completamente seguro de que los encuestados poseen esos conocimientos, ya que normalmente no se suele admitir el desconocimiento y se responde a las preguntas se esté o no capacitado para ello.
- Las preguntas deben presentarse de manera neutral. Las preguntas tendenciosas influyen en la respuesta de los sujetos introduciendo sesgos que impiden el conocimiento de la verdadera opinión de los encuestados. Salvo en el caso en el que se opte de manera deliberada por las preguntas de acceso, no se recomienda el uso de expresiones como “La mayoría de los productores opina...”, “Muchas empresas afirman...”.
- Se deben evitar las preguntas en forma negativa. Las preguntas con formulación negativa son más difíciles de comprender, especialmente si se pide al sujeto que manifieste su acuerdo o desacuerdo.

- Se debe evitar realizar preguntas que obliguen al sujeto a recurrir a la memoria, ya que este tipo de preguntas pone en juego la fiabilidad de las respuestas. Si es absolutamente imprescindible, es aconsejable usar “técnicas para aumentar la validez de informar sobre el pasado, como realizar las preguntas centrándose en los acontecimientos más inmediatos, pedir promedios” más que datos concretos, tomar como referencia acontecimientos o fechas importantes del calendario y “procedimientos de ayuda al recuerdo”, ofreciendo al encuestado una o más señales de memoria como parte de la pregunta, por ejemplo, mostrando una tarjeta que ofrezca un listado de respuestas (que por supuesto, debe ser exhaustivo).

Con respecto a la extensión y secuencia a seguir en las preguntas contempladas, además de las indicaciones ya mencionadas, es necesario considerar el orden en que van a ser colocadas en el cuestionario y la extensión de este [101-102].

- Las primeras preguntas deben ser sencillas y motivadoras, reservando el espacio central del cuestionario para las más importantes de la investigación. Es conveniente finalizar el cuestionario con preguntas fáciles que dejen en el encuestado una buena sensación.
- Las preguntas de identificación suelen colocarse, en nuestro país, al comienzo del cuestionario, aunque hay autores que defienden su situación al final del mismo, aduciendo una mayor libertad en las contestaciones. De cualquier modo, es imprescindible que estas preguntas de identificación garanticen el anonimato de los encuestados.
- Las preguntas deben agruparse por temas. Si el cuestionario va a tratar más de un tema, es recomendable que las preguntas estén agrupadas para evitar el desconcierto del encuestado pasando de un tema a otro. Además, como ya se ha mencionado, cada nuevo tema debe ir precedido por las pertinentes preguntas introductorias.
- Para evitar el efecto de halo (influencia que ejercen algunas preguntas sobre las repuestas a preguntas que se presentan con posterioridad) es aconsejable utilizar la técnica del embudo (ordenación de lo más general a lo más específico; o, al contrario, en este caso, denominada técnica del embudo invertido) o de la dispersión.
- Si es el caso, según cada tipo de investigación, las preguntas cuya contestación implique marcar en cuadros, ordenar tarjetas o representar gráficamente, deben colocarse en el cuestionario de modo que no resulten monótonas o fatigosas para el encuestado.

Respecto a la extensión, el número habitual de preguntas suele situarse entre las 20 y las 30 y el tiempo necesario para su contestación alrededor de los 15 min, sin embargo, esto puede variar

según los requerimientos de la investigación. En estos dos aspectos, se deberá ser tan cuidadoso como en los anteriormente expuestos, teniendo siempre presente la población objeto de estudio. Un cuestionario auto administrado de 60 preguntas redactadas correctamente puede suponer un tiempo de contestación de 15 a 20 minutos en una muestra de jóvenes universitarios, sin producir ninguna fatiga y constituir, sin embargo, una barrera infranqueable para una muestra de ancianos o de adolescentes con problemas de escolarización.

1.4.2 Análisis del entorno energético en México

El análisis FODA es una herramienta que permite conocer la situación específica de una empresa, proyecto o persona. Muestra sus características internas y su situación externa en un esquema de cuadro que confronta lo que está en control de la entidad misma y se puede potenciar (fortalezas) o mejorar/corregir (debilidades), así como lo que depende del ambiente y se puede aprovechar (oportunidades) o prevenir/evitar (amenazas). Como parte del estudio de mercado se realiza un análisis FODA [89, 98-101].

En la construcción de esta matriz, el mencionado *benchmarking* cobró especial relevancia, ya que han existido condiciones en el ámbito internacional que, al presentarse de manera similar en nuestro país, permitió anticipar algunos resultados y tener un panorama más completo [63, 89].

Las oportunidades y las amenazas corresponden a factores externos, las fortalezas y las debilidades, al ámbito interno; la correcta identificación de dichos factores permite la construcción de escenarios anticipados para prever y tomar las medidas pertinentes que permitan la correcta dirección según los objetivos planteados [98-100].

Para la confección de la matriz se seleccionan aquellos elementos que presentan mayor incidencia sobre los objetivos y se ordenan y enumeran, comenzando por los que suponen mayor impacto. Una vez identificados los elementos de los cuatro rubros, se procede a confeccionar la matriz de impactos FODA, donde se evalúa la intensidad de interacción entre los elementos externos e internos, positivos y negativos [98-101].

1.4.3 Análisis del micro y el macroentorno

El microentorno está integrado por las fuerzas cercanas, por así decirlo. Son todos aquellos factores que influyen en la capacidad de satisfacer a los clientes, tales como la propia empresa o

el gobierno, los proveedores, los intermediarios, los clientes y la competencia, por mencionar los más importantes. La empresa tiene cierto nivel de control sobre las decisiones relacionadas con el microentorno [102-104].

El entorno que rodea a los productores, los insumos, los intermediarios, los clientes potenciales y los competidores se analizó como elementos relevantes del microambiente de los biocombustibles. Todos estos componentes del microambiente pueden modificar directamente la calidad, el servicio y la cadena de valor del producto y tienen que ser profundamente analizados para asegurar que las características del producto sean las mejores para el mercado [104-106].

El macroentorno consiste en las grandes fuerzas que influyen en todo el microentorno. Se entiende como el análisis que permite aumentar el nivel de conocimiento para la toma de decisiones estratégicas en el mercado, tales como:

- Análisis del entorno demográfico.
- Análisis del entorno económico.
- Análisis del entorno ambiental.
- Análisis del entorno tecnológico.
- Análisis del entorno político-legal.
- Análisis del entorno socio-cultural.

Los productos y sus proveedores, los distribuidores, los clientes y la competencia, por mencionar algunos, interactúan en un amplio macroentorno conformado por fuerzas que significan oportunidades y amenazas para cada producto [105].

Existen en la literatura diversos análisis del entorno de diversos productos de la bioenergía, enfocados en el estudio de éstas fuerzas —las cercanas y las grandes—, su interacción en un espacio-temporalidad determinado, las prácticas exitosas (y los fracasos) de los líderes del mercado mundial, así como el resto de los elementos descritos en este capítulo son las partes fundamentales que cimientan el análisis y la comprensión del tema de estudio, para determinar correctamente la viabilidad que se busca en el objetivo de este trabajo de investigación [106-116].

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar un plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables a partir del análisis del macro y el micro entorno en México.

Objetivos Específicos

1. Identificar elementos a considerar en la elaboración de un plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables
2. Definición de elementos que fortalecen la posición de los biocombustibles en México, así como las áreas de oportunidad y mejora.
3. Evaluar y definir las condiciones en los factores externos (macroambiente) que representan fortalezas o afectan la inclusión de los biocombustibles en México.
4. Evaluar y definir las condiciones en los factores internos (microambiente) que representan fortalezas o afectan la inclusión de los biocombustibles en México.

JUSTIFICACIÓN

En el panorama internacional, los biocombustibles representan ya una fuente de energía ampliamente aprovechada durante los últimos treinta años con una crecientemente sostenida cuota de mercado. México por su parte, ha presentado cifras de producción y consumo energético de biocombustibles ampliamente menores que muchas economías similares a la del país. Sin embargo, ha manifestado su interés en participar en planes de desarrollo sustentable globales. Como consecuencia, se ha iniciado en el país una serie de modificaciones en materia política a pesar de lo cual, a la fecha, no se han obtenido cambios importantes en sus indicadores.

A fin de conocer las causas de la baja penetración en el mercado de estos productos, así como sus oportunidades, debilidades y limitaciones, se considera que el estudio de las condiciones de macro y microentorno representa una importante oportunidad de plantear estrategias bien dirigidas hacia una transición energética sostenible que provea de mayor garantía de sustentabilidad ambiental y una correcta gestión de los recursos tanto económicos, como energéticos.

Se espera que el presente trabajo permita evidenciar las limitaciones del mercado, así como las áreas de oportunidad existentes. Con los resultados se pretende definir el camino que permita proponer una estrategia viable y sostenible para la introducción de dichos productos al mercado.

Se considera que la metodología plantea el beneficio de hacer un análisis detallado e individual para cada una de las áreas existentes en el mercado de los biocombustibles, lo que a diferencia de un estudio general proporciona el beneficio de generar una valoración particular y comparativa a modo de benchmarking de cada situación. En un mercado cambiante este tipo de metodología permite establecer el marco de actuación para la introducción de biocombustibles.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1 Análisis del Macro y Microentorno de los biocombustibles

Para el caso específico de México, las fuentes de información disponibles con respecto a consumos y producción de energía fueron principalmente datos oficiales presentados por instancias federales o estatales, así como por comisiones de investigación de proyectos de iniciativa pública o privada en el sector energético nacional e internacional.

Se recolectó información del macro y microentorno [102,103] proveniente de reglamentos, bases de datos, comunicados, documentos públicos, publicaciones e información económica y política relevante de los biocombustibles del período 2008-2017. A través de estas fuentes de organismos internacionales, tales como Departamentos de Energía de diversos países, Banco Mundial, empresas. Instituciones líderes en producción de energéticos a nivel global, agencias de investigación ambiental, organismos como la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP) y Organización de las Naciones Unidas (ONU), entre otras que publican datos internacionales se obtuvo información relacionada con producción y consumo de biocombustibles.

2.1.1 Construcción de la matriz FODA para el etanol, biodiesel y biogás

Para evidenciar las áreas de oportunidad y estrategias a proponer para el etanol, biodiesel y biogás en el mercado mexicano, se realizó un análisis FODA por separado para cada producto. Para ello se definieron las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades, para cada biocombustible, y, se construyó una matriz en la que se realizó un cruce entre cuadrantes [89, 98-101] y en la que posteriormente se propusieron estrategias encaminadas a maximizar las fortalezas y oportunidades y disminuir el impacto de las debilidades y amenazas.

Para desarrollar la matriz, se describieron las fortalezas, las oportunidades, las amenazas y las debilidades que en el entorno de México tendrían mayor impacto sobre los biocombustibles.

2.1.2 Diseño de herramientas de investigación y aplicación

Para conocer la situación actual de los biocombustibles en México, se desarrolló una guía de preguntas semiestructurada, que en la práctica se aplicó a manera de encuestas respondidas por expertos investigadores y empresas productoras durante el primer semestre de 2016. Se buscó que el proceso de entrega de información fuera lo más amigable posible con el encuestado, a fin de generar una actitud de apertura y buena disposición, para lo cual, las preguntas tuvieron variaciones según el perfil al que estuvieran dirigidas: productores, intermediarios, clientes y expertos con experiencia en investigación o tecnologías de producción del etanol, biodiesel y biogás. Se contemplaron preguntas específicas sobre cada producto, para obtener datos de costos, límites y alcances en el mercado, con el objetivo describir las condiciones que de acuerdo al análisis a realizar, pudieran resultar favorables y desfavorables en el entorno vigente del mercado energético en México.

Las encuestas de estructuraron tomando en cuenta la redacción, orden y algunas de las cuestiones abordadas en el Cuestionario para la Industria Manufacturera publicado por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y se buscó conjuntar elementos de relevancia propuestos por la Universidad de las Américas de Puebla (UDLAP), propuestos en su Encuesta para empresas con Procesos de Manufactura. Las preguntas fueron validadas posteriormente por criterio de autor [131, 132].

Para no limitar las respuestas de los encuestados, las preguntas realizadas fueron abiertas, lo cual, si bien representa dificultad en la codificación, propició en la mayor parte de los casos la recopilación de información más amplia.

Las preguntas se estructuraron por secciones, buscando que tuvieran un orden secuencialmente lógico y que las respuestas de un ítem estuvieran relacionadas con las preguntas subsecuentes. La guía de preguntas para realización de las encuestas estuvo compuesta por cuatro secciones (formato completo de herramientas de investigación contenidos en anexos). En la primera sección (8 puntos) se dedicó a información general sobre la empresa: nombre, dirección, área de influencia, cuánto tiempo ha estado en el mercado, producto principal, etc. La segunda sección (13 puntos) fue dedicada a la producción de biocombustibles: niveles de producción y costos, precio de venta, niveles históricos de ventas, distribución, clientes, autoconsumo, etc. La tercera sección (11 puntos) comprendió información sobre intermediarios, producción de tecnología y

regulaciones. Finalmente, en la cuarta sección (5 puntos), se solicitó información a detalle de tipo descriptivo sobre el entorno, que permitiera tener datos con respecto a competidores, incentivos, impuestos, etc. La lista de preguntas sirvió como guía a fin de evitar errores de comunicación o interpretación y estandarizar así el cuestionamiento realizado a cada individuo. Se cumplió con criterios de claridad, extensión y facilidad de comprensión. Se tuvo cuidado de mantener la duración de cada encuesta entre 30 y 40 minutos.

Se personalizó cada pregunta, añadiendo el nombre de la empresa o experto a la secuencia de preguntas y planteándola de manera clara. Si bien la literatura recomienda evitar en la medida de lo posible el propiciar situaciones complejas, como aquellas en las que hubiera que presentar datos de difícil cuantificación, información sensible o confidencial y situaciones pasadas en las cuales haya que recurrir a la memoria del encuestado, a los sujetos del presente estudio se les solicitó en algunos casos la mención o descripción de eventos pasados, esto en referencia a sus procesos de producción y costos, mismos que no se encontraban ya vigentes al momento de hacer la encuesta. Al solicitar información previa, y para reducir sesgos por falta de precisión en las respuestas, los sujetos fueron informados con antelación de los datos que se solicitarían para evitar desconocimiento de datos o improvisación. Se evitó plantear interrogantes que pusieran al encuestado en una situación defensiva, incómoda, delicada o con la necesidad de realizar cálculos u operaciones. Igualmente se prescindieron de preguntas cuyos planteamientos fueran tendenciosos o pudieran generar un sesgo de información.

Con respecto al proceso de encuesta, se trató de encuestar al total de productores, intermediarios, clientes y expertos disponibles. Se obtuvieron 4 respuestas sobre etanol, 6 respuestas sobre biodiesel y 5 sobre biogás. Las empresas faltantes por encuestar, que fueron contempladas inicialmente entre las potencialmente valiosas, habían dejado de operar y los contactos que se tienen de éstas mostraron poca apertura a colaborar. Los sujetos a partir de los cuales se obtuvieron datos de investigación se mencionan en la Tabla 2.1:

Tabla 2.1 Producción de biocombustibles a 2017 [3].

<i>Producto</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puesto responsable de proporcionar información</i>
Etanol	Bioenergéticos Mexicanos SAPI (Tamaulipas)	Asistente de Dirección
	Alimentos Tenerife, Oxyfuel (Veracruz).	Encargado de producción y asistentes del área de producción

	Zafranet (Veracruz)	Personal de producción de líneas de producto
	Instituto Veracruzano de Bioenergéticos (Inverbio)	Jefe de producción de alimentos derivados
Biodiesel	Agroindustrias Lodemo (Yucatán)	Jefe de Investigación
	BioFuels (CDMX)	Gerente
	Uga Soluciones Ambientales (Q. Roo)	Director General
	Proyecto de producción de biodiesel con micro algas en Universidad Anáhuac Mayab (Yucatán)	Director de investigación del proyecto
	Proyecto de Biorefinería, Universidad Autónoma de Yucatán	Investigador directos y subencargado del proyecto
Biogás	Veolia (Setasa Yucatán)	Intendente de Producción
	Keken (Yucatán)	Jefe de Producción
	Triturados y Reciclados del Sureste (TRS) (Yucatán)	Director de Tecnología
	Proactiva Medio Ambiente MMA (Querétaro)	Jefe de proyectos de ingeniería
	Veolia (Monterrey)	Administrador general

Encontrar productores privados establecidos resultó difícil debido al incipiente mercado de biocombustibles en México.

Específicamente, con respecto a la información de costos de producción solicitados a las empresas, los resultados fueron escasos. Sus respuestas, en su mayoría cualitativas (ver Anexo 2), posterior a ser codificadas, se integraron a una base de datos para ser procesadas y analizar su frecuencia.

Con respecto a los sujetos encuestados, las características de idioma, rango de edad, nivel educativo, ausencia de limitaciones o discapacidades, conocimiento del tema y disponibilidad para compartir información de estos resultaron ser homogéneas, lo que facilitó la estandarización del tipo de respuestas, dado que el 100% se encontraba en condiciones idóneas para responder [117-119].

- Disponibilidad de tiempo adecuada
- Sin limitaciones de salud visibles
- Nivel educativo: licenciatura, o posgrado, visible en la complejidad y argumentación de sus respuestas, manejo de la información.
- Manejo y comprensión del español al 100% visible al responder a los cuestionamientos planteados.

2.1.2 Elaboración de la base de datos

Con la finalidad conocer a detalle el ambiente actual existente para el etanol, biodiesel y biogás y poder así presentar un análisis que describa como cada uno de los factores involucrados podrían impactar a los biocombustibles de este estudio, se realizó un análisis del macro y microentorno para cada uno de los biocombustibles ya mencionados [103].

Para evaluar la información recogida con las encuestas, la cual fue de tipo cualitativo, se empleó la metodología de investigación de mercados cualitativa y su posterior codificación [103,104,107-110]. En el proceso de codificación se emplearon condiciones numéricas para convertir todos los datos a información de tipo cuantitativo, manejando una escala de clasificación de 0 a 4, siendo, para el macro y para el microentorno, 0 el nivel con menor desarrollo y 4 el de mayor desarrollo. Para la definición de estos elementos, se buscó establecer escalas de magnitudes similares entre cada uno de los valores representados.

En las tablas 2.2 y 2.3 se presentan a detalle los criterios mencionados:

Tabla 2.2 Valores microentorno tabulados

	ESCALA	VALOR QUE REPRESENTA
MICROENTORNO	0	Inexistente
	1	Muy escasa (representan de 1 a 25%)
	2	Escasa (existe, representan un 26 a 48%)
	3	Existente (representa un 49 a 75%)
	4	Significativa (representan un 76 a 100%)

Tabla 2.3 Valores macroentorno tabulados

	ESCALA	VALOR QUE REPRESENTA
MACRO ENTORNO	0	Nula (es inexistente)
	1	Inadecuada (existe, pero es ampliamente mejorable o no tiene relación)
	2	Escasa (existe de manera limitada, sin embargo, presenta grandes áreas de oportunidad/su estado actual es insuficiente)
	3	Existente (su estado actual presenta algunas condiciones adecuadas)
	4	Significativa (si bien puede mejorarse, su condición actual presenta características favorables a ideales)

Una vez asignados los números de 0 a 4, que representan los valores del resultado, se procedió a hacer representaciones gráficas mediante el uso de gráficos radiales independientes tanto para el micro como para el macro entorno de cada producto. El análisis gráfico muestra visualmente las áreas de oportunidades y fortalezas existentes para cada biocombustible

Los elementos macro ambientales estudiados en este trabajo existen en el mercado de biocombustibles y han sido reportados como difíciles de controlar y que pueden modificar la forma en que los biocombustibles pueden insertarse en los mercados locales. Entre ellos se puede mencionar: son la legislación, las condiciones económicas, el entorno tecnológico que rodea el producto y las condiciones socioambientales y los posibles impactos [102,104-116,121-129]. Si bien el análisis de costos derivado del proceso productivo puede ser determinante en gran medida para evaluar las posibilidades de comercialización de un producto, en el caso de la seguridad energética, también es relevante revisar las políticas públicas, ya que instrumentos comerciales como subsidios o costos adicionales relacionados con impuestos, pueden cambiar el precio final del producto [32, 122-129].

2.2 Procedimiento para el cálculo de actualización de costos de producción de insumos para la producción de etanol con base en el tipo de cambio e inflación

Con fines de realizar un análisis de viabilidad económica de la producción de etanol a partir de diversos tipos de insumos agrícolas, se empleó la base de datos de Horta Nogueira [27] (Tabla 1.6), los datos presentados en el Capítulo 1, fueron calculados a 2006, por lo cual, fue necesario convertirlos realizar una actualización de los costos.

Para esto, se utilizaron dos métodos simples de actualización de costos:

- Tipo de cambio. El tipo de cambio del dólar con valor nominal promedio 10.90 pesos por dólar durante 2006. El valor nominal del dólar al 18 de octubre de 2017 es de 18.78 pesos por dólar. A partir de estos valores se determinó que el valor del dólar aumentó en un 58% con respecto al peso y así se pudo actualizar los precios para el etanol.
- Tasa de inflación. Acorde al INEGI [128], la tasa de inflación en México de septiembre de 2006 a septiembre de 2017 fue del +55.65%, por lo cual se empleó este factor para calcular el aumento del costo del etanol. Finalmente se optó por el uso del segundo método, pues fue el que nos permitió obtener más información con respecto a costos de insumos.

2.3 Cálculo de costos de producción para la producción de biodiesel

A diferencia del etanol y del biogás, no se encontraron proyecciones de datos con respecto a costos de producción a nivel industrial para el biodiesel, lo cual dificultó la posibilidad de evaluar cuál sería el precio final del producto en el mercado. A modo de determinación aproximada, se tomó en cuenta el costo de producción por cultivo propuesto y el rendimiento por tonelada y se sumó el precio de venta del diésel fósil. Si bien esto no representa el total de los costos de producción, permite tener una idea de los costos parciales aproximados.

2.4 Cálculo del potencial de generación de biogás en plantas de tratamiento de agua

Para el cálculo del uso potencial de los biocombustibles, se detectó que, a pesar de haber registros de cifras en plantas de tratamiento de aguas en México, la investigación llevada a cabo por la fuente no contenía datos de potencial de producción de biogás para estas plantas [64], por lo cual, fue necesario calcular la producción de metano mediante la siguiente fórmula [64]:

$$P_x = [(S_0 - S) Q (10^{-3} \text{ g / kg}) - (V_{CH_4} / 0,35)] / 1,42$$

Donde:

P_x= es la producción de metano en mg/L.

S₀ – S= S indica el nivel de BOD₅, mg /L en el flujo de agua. La diferencia entre S₀ y S, se considera de existir un método de recolección de residuos sólidos durante el proceso, por lo cual el nivel de BOD₅ se modificaría.

Q= indica el flujo diario en m³/ día y

V_{CH₄}= se indica como una constante con valor de 0.48 mg/L

2.5 Elaboración de un plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables a partir del análisis del macro y el micro entorno en México.

Se planteará una propuesta de plan de inclusión individual por producto para el etanol, biodiesel y biogás en el mercado mexicano, procurando aprovechar aquellas condiciones que representan fortalezas u oportunidades, anticipando las posibles amenazas y procurando minimizar o eliminar las debilidades detectadas.

En el plan se detallará la estrategia a seguir por producto y será finalmente evaluada por juicio de expertos.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Perspectivas para los biocombustibles bajo las condiciones actuales

Se evaluaron los tres biocombustibles de manera individual. Sin embargo, durante el proceso de desarrollo de las matrices fue notorio que existían condiciones ampliamente similares entre los tres productos, mismas que de ser abordadas de manera particular para cada caso, resultan repetitivas. Debido a esta condición, los resultados del análisis del macro y microentorno se presentan de manera común, puntualizando en las situaciones en las que haya diferencias.

3.1.1 El macroentorno del etanol, biodiesel y biogás en México

El análisis del macroentorno de los biocombustibles mostró que el etanol y el biodiesel presentan similitudes (Figura 3.1) con respecto a su situación en el mercado, mientras que el biogás presenta ventajas completamente diferentes. Se considera que esto puede deberse a que los primeros son combustibles líquidos, factores diversos que son a continuación tratados uno a uno:

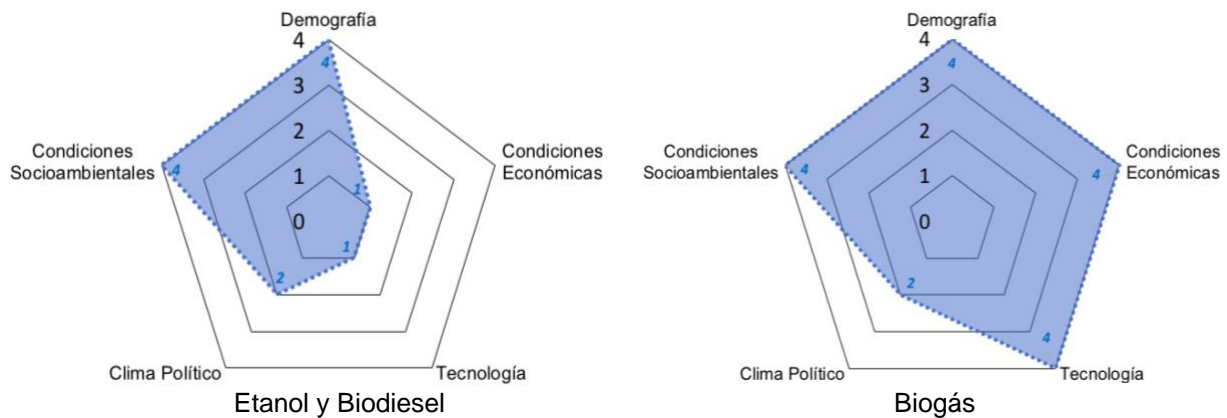


Figura 3.1 Representación gráfica del análisis del macroentorno del etanol, biodiesel y biogás

Con respecto a estudios de los factores demográficos, los consumidores existentes podrían representar un elemento favorable para los tres productos, ya que existe un amplio mercado potencial para el consumo de los biocombustibles.

Los factores económicos son relevantes cuando se habla de biocombustibles. La baja probabilidad de éxito en la introducción de los biocombustibles se debe a los altos costos de producción, como ya se ha reportado en la literatura [31, 32, 114]. Históricos internacionales

indican que países como Argentina, Brasil, Estados Unidos y Colombia, entre otros, han presentado problemáticas asociadas a sus altos costos de producción y la dificultad que esto representa para competir con el precio de los combustibles fósiles, sin embargo, en cada uno de los anteriores casos, con elementos de legislación adecuados, se ha logrado implementar su consumo.

Adicional a los costos de producción (Tabla 3.1), las empresas deberán agregar costos fijos (rentas, impuestos, productos químicos, sueldos, entre otros) y variables asociados al proceso de producción del etanol (insumos, energía, servicios derivados de la producción, costos de almacenamiento y transporte, entre otros), y aun margen de utilidad, sin embargo, ya que el precio por litro de etanol que, según el índice Nasdaq empleado como referencia para discernir si se tiene un costo alto o bajo, se encuentra en .49 centavos de dólar por litro [131], se considera que este producto puede tener dificultades derivadas del alto precio de inserción al mercado, sin subsidios, desde el punto de vista económico. A continuación, en la Tabla 3.1, se presenta una cuantificación de los costos derivados de la producción, por litro de etanol producido en México, el cual resulta altamente superior al actualizar los costos, que los .49 centavos del Nasdaq.

Tabla 3.1 Cálculo del valor actual de costos proyectados para la producción de etanol, empleando materias primas diversas (dólares por litro)

		Caña miel pobre	Caña Miel rica	Caña Jugo directo	Caña Jugo + Hidrólisis	Maíz Vía Seca	Remolacha
2006	Materia prima	0.26	0.21	0.27	0.22	0.30	0.44
	Inversiones	0.09	0.09	0.10	0.26	0.07	0.14
	Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00
	Otros	0.06	0.21	0.06	0.12	0.00	0.10
	TOTAL	0.39	0.52	0.43	0.60	0.44	0.68
Costo Actual según el Tipo de Cambio	Materia prima	0.41	0.33	0.43	0.35	0.47	0.68
	Inversiones	0.14	0.14	0.16	0.41	0.11	0.22
	Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
	Otros	0.09	0.33	0.09	0.19	0.00	0.16
	TOTAL	0.65	0.82	0.68	0.95	0.68	1.07
Costo actual según Inflación		Caña miel pobre	Caña Miel rica	Caña Jugo directo	Caña Jugo + Hidrólisis	Maíz Vía Seca	Remolacha
	Materia prima	0.40	0.33	0.42	0.34	0.47	0.68
	Inversiones	0.14	0.14	0.16	0.40	0.11	0.22
	Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
	TOTAL	0.64	0.81	0.65	0.93	0.68	1.06

El alto costo de producción del etanol resultó la principal barrera para este biocombustible debido a que el precio de venta de la gasolina es más asequible que la mezcla E6. Este fenómeno es el mismo para el biodiesel: el precio del diésel fósil, que goza de un subsidio gubernamental, es menor que el precio del biodiesel [5] principalmente debido a los altos costos de materia [77], el cual, derivado de aceites vegetales comestibles ha recibido varias críticas debido al incremento que se ha observado en los últimos años sobre el precio de estos aceites. Acorde a la literatura, para el biodiesel de primera generación, el costo reportado por producir el cultivo representa 49-89% del costo de producción total [40], lo que lo sitúa en un costo poco competitivo. Ésta es la razón por la que aun en aquellos casos en las que la iniciativa privada ha iniciado labores de comercialización de ambos productos, los combustibles más vendidos son la gasolina y el diésel, los cuales, tienen subsidio del gobierno sobre el IEPS Federal, reduciendo el precio al que los adquiere el consumidor.

Un punto relevante en el análisis del mercado es la tecnología asociada a los procesos relacionados con los biocombustibles. Para la producción de etanol, en México se apoyará principalmente el uso de la caña de azúcar como materia prima. Para eso es necesario mejorar los rendimientos de las materias primas, así como mejorar la eficiencia las cepas microbianas que permitan mejorar la producción de etanol y la reducción de costos. Si bien algunos de los expertos encuestados mencionaron algunas opciones que podrían representar mejoras en el proceso tecnológico de producción (nuevas materias primas, mejores mecanismos para obtención de etanol, nuevas cepas microbianas más eficientes con la producción de alcohol y resistentes a los inhibidores, catalizadores y biocatalizadores eficientes de bajo costo), en términos generales, se reportó que la tecnología actual aplicable al etanol tiene resultados adecuados.

Con respecto a producción, los ingenios azucareros ya establecidos serán los primeros en producir etanol, a partir de melaza. Aunque ciertos países están más avanzados que México, en términos de producción y comercialización de etanol, algunos autores han recomendado que políticas de estandarización de la calidad del etanol producido a nivel mundial podría mejorar el potencial de este producto convirtiéndolo en una mercancía fácilmente comercializable [31, 133].

Con respecto a la tecnología aplicable a biodiesel, éste se produce principalmente a partir de residuos de aceite vegetal con catálisis homogénea alcalina: esta tecnología está bien

establecida. Se menciona tanto en la literatura, como por parte de los expertos en biodiesel encuestados en Inverbio, Grupo Lodemo e investigadores de la Universidad Autónoma de Yucatán encuestados [2], como una opción relevante el uso de *Jatropha curcas* como materia prima para biodiesel de segunda generación es altamente considerado como una opción porque utiliza la misma tecnología. Sin embargo, los rendimientos de fruta deben mejorarse para obtener la viabilidad económica, previo a esto, se prevén pocas posibilidades, esto según lo mencionado por los mismos expertos. Una posibilidad igualmente explorada fue la obtención a través de micro algas, sin embargo, la tecnología del proceso requiere aun mayores niveles de eficiencia [140] según lo mencionado por investigadores tanto de la Universidad Anáhuac Mayab, como de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Al igual que las condiciones demográficas, el área socio ambiental de los tres biocombustibles está bien establecida, según lo recabado en las encuestas. Se encontró interés de la sociedad (y las empresas privadas), en el consumo de biocombustibles ya que los consideran como una alternativa a los combustibles fósiles amigable desde el punto de vista medioambiental. Sin embargo, esta ventaja se ve ensombrecida por las bajas actuaciones de los otros elementos en el macroentorno, como inadecuadas condiciones económicas que permitan tener costos competitivos, clima político poco estimulante para la industria, falta de acceso a nuevas y más eficientes tecnologías de producción, entre otras, que se han informado en varios estudios como un impedimento para el uso de biocombustibles [45, 110-114]. Algunos de los argumentos mencionados en contra son que el uso intensivo de energía fósil en el proceso de producción de etanol es un problema que debe ser resuelto antes de que pueda considerarse una fuente de energía limpia y sostenible. Asimismo, se han manifestado objeciones de algunos autores que mencionando que aunque las emisiones de GEI disminuyan, la procuración de éste biocombustible genera problemas ambientales, ya que para la producción de biodiesel los cultivos oleaginosos han sustituido a extensiones de terrenos que previamente eran ocupados por bosques o selvas naturales. Con el fin de reducir las objeciones resultantes de las iniciativas de producción de biodiesel avanzado, se propone el empleo de: aceites usados y grasa, grasa de tratamientos de aguas residuales, aceites derivados de algas marinas y otros microorganismos, y evitar en la medida de lo posible el uso de aceites comestibles [140].

Un factor decisivo para que los biocombustibles puedan ser un caso de éxito o de corta perspectiva dentro del mercado nacional es el ambiente político y legislación existente en el país

en cuestión. En el caso de México, el clima político para los tres biocombustibles y la normatividad no son propicios para establecer condiciones que estimulen el mercado, ya que el escenario actual tiene varias desventajas con respecto a la especificación y regulación de normas de calidad que procuren un producto de calidad generado a través de un proceso de calidad igualmente certificada y el marco legal resulta actualmente incompleto e inadecuado para obtener una logística completa de comercialización [128, 133], condiciones que sin embargo han estado igualmente presentes en Alemania, Colombia, Brasil, China, Colombia o Estados Unidos y que han abordado con instrumentos legales o fiscales adecuados [22, 26-29, 32-35, 39]. Aunque el gobierno ha introducido reformas energéticas estructurales, ninguno se enfoca sobre una estrategia para proporcionar incentivos, principalmente económicos, dirigidos a la comercialización, producción y el uso de biocombustibles, sin embargo dada la poca apertura visible a la fecha en este tema, un 80% de los encuestados mencionó que encontraban poco factible que el etanol y biodiesel puedan tener un crecimiento como productos satisfactorios de la demanda en el mercado en los próximos 10 años. Esto obedece principalmente a los cambios en materia energética en el país y al panorama de incertidumbre en la situación económica. Aun cuando el biocombustible afectado en menor medida por estas deficiencias es el biogás, se requiere adecuar políticas existentes para regular correctamente el mercado para la producción y distribución de energía eléctrica a través del uso de biogás [1, 103, 106, 114, 122].

En el caso específico de biogás, adicionalmente a su alto número de consumidores potenciales, se puede aunar la alta disponibilidad de materia prima para aprovechamiento es decir, la población de casi 20 millones de cabezas de ganado existentes en granjas formales e informales de México, las cerca de 25 millones de toneladas de residuos urbanos destinados a rellenos sanitarios [77], y aproximadamente de 3 mil plantas de tratamiento de agua en operación formal [81] pueden representar una fuerte oportunidad de aprovechamiento.

Otro punto a favor de este biocombustible es que, la producción de biogás podría ser una oportunidad de reducir los niveles de inversión requerida de los productores agrícolas en sus costos de energía para autoconsumo, situación que les permitiría recuperar costos de la instalación de biodigestores instalados. El costo de producción de su energía aprovechable es bajo y como subproducto, de los efluentes del proceso de digestión se obtienen fertilizantes satisfactorios [132].

Finalmente, la tecnología de producción de biogás por digestión anaerobia es la tecnología más desarrollada de los tres biocombustibles considerados en este estudio, esto debido a las facilidades de acceso a diversos programas de apoyo que permite a los productores de granjas el aprovechamiento de sus desechos disponibles. El estiércol de granja es la materia prima más utilizada, aunque los vertederos también contribuyen a una escala menor a la producción de biogás. Ambos procesos de producción de biogás son comparativamente más eficientes que lo que se está utilizando actualmente para etanol y biodiesel.

Con respecto a los factores socio ambientales que modifican las condiciones del biogás en el mercado, la reducción de la operación del programa de bonificación de carbono llevó a una disminución del interés de las empresas a producir biogás, sin embargo, a diferencia del etanol y biodiesel, la bio digestión y producción de biogás representa la oportunidad de ahorro para los productores agrícolas, debido a que los efluentes sólidos y líquidos de la digestión pueden ser utilizados como fertilizantes. La generación de biogás puede ser altamente sostenible y es por esto por lo que empresas privadas se especializan en el diseño de proyectos de alta calidad para aprovechamiento de este [44-48].

3.1.2 El microentorno del etanol, biodiesel y biogás en México

En el análisis del microambiente de los biocombustibles se evidenciaron elementos relevantes que afectan sus posibilidades de éxito en el mercado y encontraron fuertes debilidades, estrechamente relacionadas con el macroentorno. A continuación se presentan gráficamente los resultados obtenidos de la literatura, fuentes oficiales de información y encuestas llevadas a cabo (Figura 3.2).

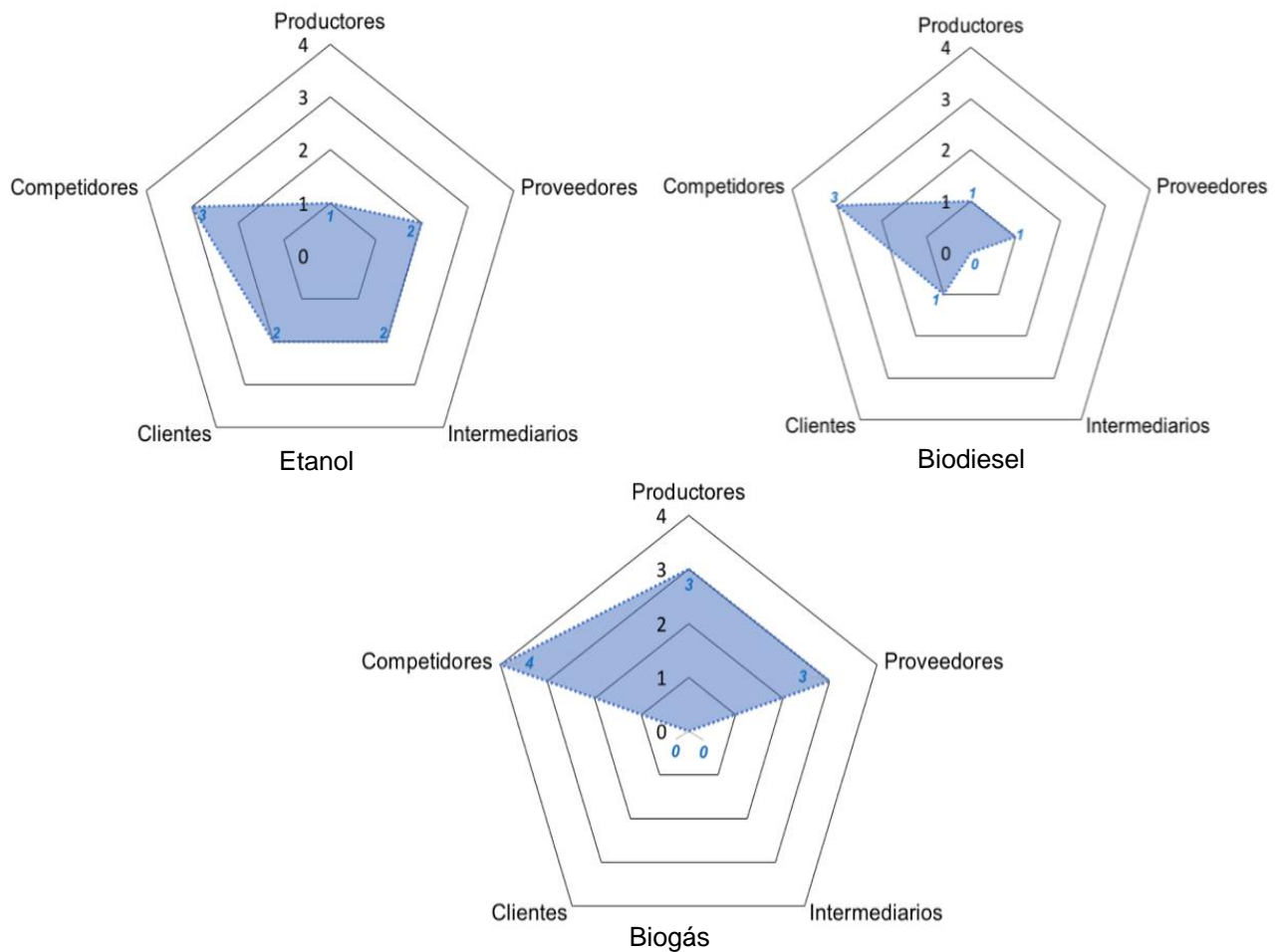


Figura 3.2. Análisis del microentorno del etanol, biodiesel y biogás

Con respecto al número de productores existentes en el mercado del etanol y biodiesel, en ambos casos se encontró información que indicaba que eran escasos, esto debido que un alto consumo de los recursos del productor debe dirigirse a obtener productos de insumo, es decir, al paso previo, que es la fase agrícola para la producción del etanol y biodiesel. Al presentar esto una importante dificultad, no motivaba a la participación de nuevos productores y finalmente disminuye el volumen de oferta de producto. Las empresas que se han dedicado exclusivamente a la producción de etanol o biodiesel han detenido temporal o definitivamente su producción, por la dificultad producir de forma rentable (altos costos). Aquellas empresas que han logrado continuar su operación, es debido a que han podido soportar las bajas utilidades debido a que son empresas grandes, que se benefician de las economías de escala y tienen una operación previamente consolidada, apoyadas por el hecho de que sus fuentes de ingreso no dependen únicamente de la generación de biocombustibles (Bioenergéticos Mexicanos SAPI, Alimentos

Tenerife, Oxyfuel, Zafranet, Agroindustrias Lodemo, Uga Soluciones Ambientales, Veolia (Setasa), Keken, Triturados y Reciclados del Sureste, Proactiva Medio Ambiente MMA, Veolia). La fase agrícola del proceso de producción de etanol es la que genera más incertidumbre de los productores; implica un mayor consumo de recursos y energía, así como la mayor parte de los costos e inversiones. En México existen varias plantas productoras de etanol puro, principalmente obtenido a partir de la fermentación de azúcares, siendo la caña de azúcar la materia prima más empleada. La producción de etanol anhidro presenta problemas de alto costo, generando poca probabilidad de rentabilidad si se desea destinar a la generación de mezcla E6.

El caso del biodiesel es muy similar al etanol. La limitación principal proviene de la fase agrícola. Existen dos proyectos que se mencionan en funcionamiento a nivel comercial, cuyo insumo principal es el aceite de cocina reciclado. Sin embargo, ninguno de los dos proyectos pudo mostrar cifras de venta o producción con los cuales pudiera evaluarse su viabilidad, rentabilidad o sostenibilidad. Cabe mencionar que en las encuestas realizadas se halló que la principal desventaja del empleo de este aceite como insumo principal resulta cuando se trata de escalar la producción a niveles industriales. La poca disponibilidad del aceite reciclado para su procesamiento era mínima por lo que la producción de biodiesel lo será igualmente. Las grasas animales son inaccesibles en cantidades significativas, la obtención de aceite a partir de micro algas no se ha documentado a escala comercial para ser considerado como la principal fuente de aceite y hasta el momento no existe en México una fuente agrícola que sea un potencial candidato para la producción de biodiesel.

Para cualquiera de los biocombustibles como productos, al evaluar el proceso de producción resulta fundamental conocer el estado de los intermediarios en el mercado. Actualmente en México no hay intermediarios entre los proveedores y clientes para los tres biocombustibles. Esta característica no necesariamente se considera una debilidad ya que si bien un mayor número de intermediarios puede generar un canal de distribución fuerte que proporciona un producto de calidad, también eleva considerablemente el precio del producto final [103, 128, 137]. Tomando en cuenta que el principal problema para la introducción de biocombustibles en México es su alto precio (contra los combustibles fósiles), los intermediarios podrían reducir la oportunidad de éxito. Acorde a la literatura, en diversos países la cadena de valor a través de la cual se comercializan los biocombustibles incluye principalmente intermediarios [22, 30, 122, 132, 137]. En México, sin embargo, la falta de subsidios a la gasolina y el uso obligatorio de políticas de

biocombustibles ha generado en México un mercado incipiente según lo manifestado por la mayor parte de los encuestados.

Con respecto a la posibilidad de obtener el insumo requerido para producir cualquiera de los biocombustibles directamente de un proveedor, podría representar una fortaleza de lograr concretarse. En el caso del etanol, Pemex suscribió seis contratos (Tabla 1.5) para la adquisición de etanol anhidro en el país. Este material principal va a ser mezclado con la gasolina, en la ciudad, cerca de los sitios de producción como prueba piloto. Los contratos fueron firmados con: Alcoholera de Zapopan, Bioenergéticos Mexicanos, Productores de Bioenergéticos Mexicanos, Soluciones en Ingeniería Naval, Marina y Terrestre, Destiladora del Papaloapan y Alimentos Tenerife, sin embargo, a Mayo de 2018 Pemex no había iniciado las solicitudes de producto ni efectuado ningún pago correspondiente a los mismos por lo que el proceso de creación de mezclas sigue detenido [138]. En México, al igual que para etanol, la oferta de biodiesel, es limitada debido a que la disponibilidad de la materia prima para generar el biocombustible también lo es, situación similar a los que sucede en países con un largo historial en producción de biocombustibles, como Estados Unidos y Brasil.

En el caso de los clientes potenciales, para el etanol y biodiesel aquellos mercados que podrían usar las mezclas de biocombustibles son flotas vehiculares (motores de gasolina 36.7 millones y vehículos de motor diésel 9.2 millones) [139], sin embargo, el consumo de mezclas tanto de etanol como de biodiesel en cualquier proporción a nivel comercial es inexistente o no hay registros oficiales documentados. Pemex, potencial cliente y vendedor principal, no muestra un interés especial en generar a corto plazo programas para consumir estos productos a corto plazo, ya que el precio por litro es más alto que las gasolinas regulares, lo que representa la principal fuente de combustible y adicionalmente a esto, se requerirían variaciones en la logística de producción, almacenamiento y distribución de las mezclas.

Desde el punto de vista de competencia actual, se puede considerar a los combustibles fósiles la competencia directa del etanol y biodiesel, debido a que compiten por el mismo segmento de consumidores [34] sin embargo, para ambos biocombustibles, el consumo de mezclas de etanol y biodiesel a nivel comercial no existe en el mercado real ni las cantidades producidas hoy en día no son comparables a las de los combustibles fósiles que son más baratos; por lo tanto, se restringe el interés en el consumo de mezclas.

En la actualidad, el principal proveedor de gasolina y el diésel es la empresa del gobierno Pemex, y por lo tanto el principal potencial “competidor y/o cliente” de aquellas empresas que pudieran interesarse en comercializar etanol y biodiesel para producción de mezclas. Sin embargo con las modificaciones realizadas a la ley de energía, a las compañías privadas se les permite proporcionar combustibles fósiles al mercado y posiblemente se mezcle con biocombustibles, lo que permitiría ampliar el segmento de posibles “competidores o clientes” a otras empresas adicionales a Pemex, las cuales, según las modificaciones presentadas al 21 de abril de 2017 la Secretaría de Energía, que considera técnicamente viable la introducción de gasolinas hasta con 10 % de etanol (mezcla E10) en zonas del país no pertenecientes al área metropolitana [134].

En el caso de producción del biogás, según la Secretaría de Energía, existe un potencial de 3.000 MW para la generación de energía eléctrica producida a partir de metano generado por residuos animales, residuos sólidos urbanos y tratamiento de aguas residuales [132, 135]. Esto puede aprovecharse por empresas privadas o gobierno en la generación de electricidad para la población. Por otro lado, para el autoconsumo, en 2011 había 721 biodigestores en México, de los cuales 365 estaban en operación y 354 en construcción.

Con respecto a la posibilidad de obtener el insumo para producir biogás, si bien en ambos casos existe ya una amplia capacidad instalada en el territorio nacional, ésta puede ampliarse. Para biogás las fuentes más comunes para obtener insumo son los sustratos agrícolas y los rellenos sanitarios [135-137], provenientes de las granjas y los sitios de eliminación de residuos, quienes aprovechan los materiales residuales para proveerse a sí mismos de energía eléctrica, por lo tanto, no se requieren proveedores o distribuidores y no hay terceros considerados “clientes”.

En el caso de los clientes potenciales, para biogás. El volumen de producción actual es aprovechado en su totalidad en granjas, donde se presenta autoconsumo bajo un esquema de generación de electricidad que ellos mismos emplean en sus procesos productivos. Para el caso de plantas de tratamiento y vertederos de basura, adicional a esquemas de autoconsumo, de poder entrar bajo un esquema de cogeneración en participación conjunta con CFE, los clientes potenciales podrían ser, dependiendo del acuerdo convenido entre ambas partes:

- Venta de energía directa a particulares mediante un esquema de pago por consumo.
- Venta de energía a CFE a modo de producción para reventa posterior a su inyección a la red.

Desde el punto de vista de competencia actual, en el caso del biogás (cogeneración), la competencia, que son la energía eléctrica, e indirectamente, los combustibles fósiles porque en muchos casos las granjas dependen de generadores de energía para obtener electricidad y calor, se encuentra igualmente bien identificada y presenta pocos participantes. Actualmente el mercado de la electricidad tiene condiciones que lo hacen complejo porque el principal productor es la Comisión Federal de Electricidad, sin embargo, los acuerdos comerciales de producción de energía eléctrica se han abierto gradualmente en México y se espera una mayor actividad y participación de empresas privadas produciendo y ofertando energía en el mercado. Las normas que la CFE tiene establecidas para la cogeneración de electricidad resultan un freno para algunas empresas que tienen la capacidad de generar volúmenes mayores de energía. Ya que en los últimos dos años Comisión Federal, aunque de manera limitada, ha iniciado esquemas de cogeneración con algunas empresas privadas, se vislumbra una mayor posibilidad de apertura, facilidades y por lo tanto en el microentorno que rodea al biogás.

3.2. Estrategia de producción, distribución y consumo de biocombustibles que representa una ventaja para México

Al recabar información en la literatura, fuentes oficiales de información y datos obtenidos del trabajo de campo realizado, se llevó a cabo el análisis FODA de los biocombustibles en el mercado mexicano, el cuál mostró similitudes, especialmente entre el etanol y biodiesel, y algunas más con ligeras diferencias para biogás. Con base en estas observaciones se proponen algunas prácticas y condiciones que podrían mejorar las posibilidades de inserción de los biocombustibles en el mercado.

Las fortalezas que podrían propiciar una posición sólida en el mercado se presentan a continuación:

- Tanto el etanol, biodiesel y biogás, se consideran un recurso renovable, y este es un aspecto importante en cuanto a seguridad energética.
- Estos energéticos se consideran de “Carbono Neutral”, ya que su uso no contribuye, al mismo nivel que los combustibles fósiles, al aumento de la concentración de CO₂ en la atmósfera.
- Tanto el etanol como el biodiesel son menos inflamables que los combustibles fósiles, lo que es una ventaja desde el punto de vista de seguridad industrial.

- Los procesos de producción existen en niveles comerciales para los tres biocombustibles estudiados en este trabajo.
- En el caso del biogás, ya se encuentran en el mercado procesos eficientes que pueden utilizarse para producir energía a partir de biomasa residual y la transformación de biomasa residual en biogás requiere bajos insumos energéticos en comparación con los otros dos biocombustibles.

Las debilidades que a continuación se describen son aquellas características que representan su principal obstáculo de inserción al mercado o elemento de especial relevancia a subsanar:

- Se encontró que el problema principal es el precio de producción. Para obtener precios similares a los combustibles fósiles, la optimización de los procesos industriales implicados es necesaria; adicionalmente, los incentivos a los productores podrían ser implementados, aunque esto presentaría otras dificultades posteriores de sostenibilidad según la situación económica del país.
- La disponibilidad de materias primas también es un problema que debe abordarse. En México, el etanol está hecho de la melaza, un subproducto de la industria azucarera, y el biodiesel está hecho de desechos de aceites vegetales. La disponibilidad de estos dos insumos es insuficiente para cubrir las necesidades de los niveles de producción industrial. En el caso del biogás, la generación de energía será limitada por la composición de la materia prima, que puede variar según su fuente de origen. Sin embargo, al tratarse de desechos, los costos no representan una barrera y a la fecha, la disponibilidad tampoco.

Con respecto a las Oportunidades que se presentan en el mercado para los tres productos:

- Aumentar los niveles de producción puede crear empleos en las áreas de manufactura de biocombustibles (es decir, agrícola e industrial).
- Además, la industria de fabricación de biocombustibles deberá promover y apoyar la actividad agrícola en México.
- La propuesta de programas, acuerdos y reformas legales relacionadas con la producción de los tres biocombustibles por parte del gobierno avalaría nuevas oportunidades económicas.
- Para el etanol, desde 2014, ha habido iniciativas para incluirlo como uno de los productos en la cartera de combustibles para el transporte, como una mezcla al 5.8% con gasolina (E6), ofreciendo el mayor potencial en el mercado de biocombustibles en México.

- Según SAGARPA (2009), los dos principales cultivos que México tiene para producir etanol son caña de azúcar y grano de sorgo. Hay 6,3 millones de hectáreas de caña de azúcar. Esta área tiene un rendimiento potencial de casi 268 t de caña por hectárea cuando se utilizan las tecnologías y variedades más avanzadas y en condiciones ambientales óptimas. Se obtendría un rendimiento de 85 L de etanol por tonelada de biomasa o 22,950 L / ha con la mejor siembra y tecnologías de cosecha. Para el sorgo, hay 15,8 millones de hectáreas con un rendimiento potencial de 7 t de sorgo por hectárea, produciendo hasta 420 L de etanol por tonelada de biomasa o 2.800 L / ha con buenas prácticas (SEMARNAT, 2011). Se considera que la soya representa una buena opción si se introducen cultivos bajo las medidas adecuadas. Se podría considerar *Jatropha curcas*, pero la productividad del cultivo es aún demasiado baja para explotación comercial.
- En cuanto al biogás, un suministro de energía autosuficiente podría impulsar la producción agrícola en el país y existe un alto potencial de crecimiento de la capacidad total instalada de biodigestores en el país.

En cuanto a las Amenazas:

- Los precios más bajos de los combustibles fósiles, en comparación con los biocombustibles, son el problema más importante: los combustibles fósiles son considerados competidores directos de los biocombustibles y eso les cierra el paso de entrada al mercado.
- Los desastres naturales son una amenaza latente que puede poner en peligro la disponibilidad de la materia prima y es difícil minimizar estos daños.
- El desarrollo de nuevas tecnologías para la producción de energía y la mejora de otras energías renovables puede reducir la demanda de biocombustibles. En el caso del biogás, aún existe la necesidad de aumentar la eficiencia de los sistemas de recolección de residuos, y hay una falta de incentivos para incorporar el excedente de energía producida a la red nacional

3.3 Áreas de oportunidad en la normatividad aplicable a los biocombustibles para su introducción al mercado mexicano

Actualmente, México no cuenta con un marco legal eficiente que promueva el empleo del etanol, biodiesel o biogás como insumos energéticos, y que además permita normar adecuadamente la calidad y su comercialización, mediante el uso de Normas Mexicanas.

El tema de los biocombustibles en países como Brasil o Estados Unidos ha estado dentro de sus prioridades desde hace años. En materia legislativa tienen ya un largo camino recorrido, por lo que han logrado asegurar una industria que ya ha permeado a la vida productiva.

Diversos países han incorporado tanto en su legislación, como en su actividad industrial a los biocombustibles, para reducir la dependencia de combustibles fósiles y los niveles de contaminación con gases de efecto invernadero. Se puede considerar que México se encuentra aún rezagado en este tema, ya que, si bien parece estar interesado en sentar las bases para iniciarse en el consumo, producción y distribución de los biocombustibles, al día de hoy, no ha habido un avance significativo según los reportes estadísticos. Es necesario un mandato que permita comenzar de inmediato con la tarea de promoción, desarrollo y utilización de combustibles de tipo renovable.

La ya anteriormente mencionada NMX-AA-174-SCFI-2015, establece especificaciones y requisitos para la certificación de sustentabilidad ambiental en la producción de bioenergéticos líquidos de origen vegetal. Se considera sin embargo que a pesar de que las regulaciones contenidas en ésta son de verdadera relevancia, el que no sea la NOM, puede ser una debilidad, ya que el cumplimiento de la misma puede considerarse en muchos casos una recomendación, más que una obligación. Como muestra de esto, en países con casos de éxito en la producción, como Colombia, Brasil, Alemania, Francia, Argentina, España y Estados Unidos, la certificación y garantía de la calidad es indispensable y de carácter rigurosamente regulado [22, 33, 34, 44, 73,132-134].

Se considera que un indicio del interés por sentar las bases de cambios en materia energética se dio con la promulgación de la Ley para el Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos, que tenía como objetivo promover la agroindustria y los biocombustibles, así como las fuentes renovables. Esta, sin embargo, no especifica claramente los mecanismos financieros y/o fiscales que se utilizarán para detonar y mantener el mercado del etanol, biodiesel o biogás, ni tampoco, otorga verdadera relevancia a la agricultura, actividad directamente relacionada con la producción de los biocombustibles y que requiere mejora en sus condiciones con el fin de mejorar su capacidad productiva y que sea una actividad sustentable.

Con respecto a la Norma Mexicana para certificar la sostenibilidad de la producción de biocombustibles de origen vegetal para el transporte (NMX-AA-174-SCFI-2015), se considera que debe ser de aplicación obligatoria y permitir la certeza de la sostenibilidad de los proyectos de etanol. Se podría decir, en este punto, que México estaría sentando las bases de un verdadero interés en iniciar la producción y venta de combustibles.

Otro instrumento que requiere modificaciones es la Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía [134, 144], en la cual se pretende cubrir un abanico de fuentes de energías renovables (eólica, solar, hidráulica, mareomotriz y bioenergéticos). Sin embargo, resulta poco concreta en cuanto a las medidas que deberán tomarse en específico para cada una de las fuentes de energía mencionadas en la ley. Igualmente, no se habla específicamente de condiciones para cada biocombustible que se pretenda producir, sino que, los agrupa como “los bioenergéticos, que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos”. Esta ley podría ser ampliamente provechosa si se contemplaran medidas para las fuentes renovables de energía, específicas para el sector transporte.

Con respecto a incentivos fiscales a la producción o al consumo, ni la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (IEPS), ni la Ley del Impuesto al Valor Agregado (IVA), contemplan subsidios de ningún tipo. Si bien esta inclusión de biocombustibles en el mercado, sin contemplar subsidios se menciona como meta en el Plan Nacional de Desarrollo para México [10], hay que tomar en cuenta que los subsidios a los biocombustibles en más de 27 países han resultado cruciales en su estrategia de comercialización. Para Estados Unidos, sus altos subsidios le han permitido popularizar el uso del etanol, pero en contraparte han generado un alto costo financiero para el país. Finalmente, el caso de Brasil, que para etanol proporciona subsidios, apoyos a los productores de caña que se encuentren organizados en cooperativas para la producción de etanol puede ser considerado una opción viable para México [50].

Una observación de los productores fue que los apoyos gubernamentales a la producción son insuficientes y de difícil acceso, lo cual es una barrera para la entrada de nuevos productores. Si bien, por ahora, un apoyo económico o incentivo parece la única solución para el problema del alto costo, en otros países tales como Argentina, Colombia, Brasil y Estados Unidos, que han empleado esto como estrategia, se han presentado problemáticas diversas (alta carga fiscal para los contribuyentes, fuertes costos para el país derivados del proceso, dificultades en los índices

de crecimiento sostenible por parte de la industria de los biocombustibles y problemáticas internacionales por supuesta competencia desleal), que parecen indicar que posteriormente, la dependencia del subsidio permanente resulta un argumento en contra del uso de los biocombustibles [51, 145, 146].

Todos los esfuerzos con respecto a políticas públicas deben obedecer a un plan de desarrollo energético con objetivos claros, alcanzables y estrategias costeables, con indicadores definidos. Algunas consideraciones deberán estar enfocadas en:

- Es prioritario crear programas oficiales y bien regulados de apoyo a las cooperativas de productores agrícolas que pueden destinar sus esfuerzos a la producción de materias primas para producir biocombustibles, dado que, por lo general, estos beneficios se planean destinados a la producción con fines de venta para la industria alimentaria.
- Para el caso de producción de etanol y biodiesel, se considera que se deben priorizar modelos productivos agrícolas para la elaboración de biocombustibles, y condiciones ambientales sociales y respetuosas para las comunidades y regiones donde se producen.
- Destinar y proteger considerables extensiones de tierra para la producción, con los planes de desarrollo que impliquen el menor impacto medioambiental posible.
- Debe haber un diagnóstico y normatividad de la ubicación, la calidad y el volumen de producción de etanol y biodiesel que pueden ser entregados a Pemex. Todo esto con el objetivo de que Pemex puede identificar las inversiones necesarias para la infraestructura y el manejo de la mezcla.
- Debe haber un suministro de materias primas agrícolas nacionales (como consecuencia de estrategias de apoyo al campo) competitivos en la zona donde el almacenamiento y terminales de distribución, así como los proyectos industriales para la producción de biocombustibles con el fin de garantizar la entrega a Pemex. La oferta de etanol y biodiesel debe seguir criterios de sostenibilidad de la SEMARNAT en virtud de un sistema de certificación. Estos criterios deben ser revisados y actualizados para cada tipo de cultivo, teniendo en cuenta que probablemente se llegará a un gran volumen de producción. Se considera que las NOM o NMX ligadas a estos procesos deben ser de carácter obligatorio para todos los productores que deseen ofertar sus productos.
- Para el biogás, aunque tiene participación en el mercado, su nivel de generación de energía tiene un alto potencial que aún no se ha aprovechado. Esto podría ser utilizado, junto con los incentivos adecuados y programas de apoyo y consultoría para obtener

beneficios para las partes implicadas. Se deben establecer herramientas que faciliten la participación de empresas privadas que tengan las condiciones necesarias para participar dentro de los esquemas de grandes productores de energía eléctrica. Es importante favorecer modelos que utilizan materiales provenientes de granjas para la generación de biogás, en condiciones sociales y ambientales regidas por el respeto hacia las comunidades y regiones donde se produce.

- Existen programas de FIRCO con el fin de promover la producción y el empleo de biogás (Apoyo a proyectos que generan el uso de biogás en explotaciones agrícolas), así como otros programas como la “bioeconomía”, donde el apoyo de Sagarpa es para el desarrollo de componentes energéticos renovables para los sistemas bio digestivos [141]. FIRCO debe actuar como agente técnico de la SAGARPA en la ejecución de programas en el sector agrícola y la pesca; el objetivo sería fomentar los agro negocios con el desarrollo rural a través de microcuencas preferentemente para la producción de biogás, en aquellos lugares en los que la orografía lo permita. Esto permitiría hacer proyectos sustentables y garantizaría la sostenibilidad futura de los mismos.
- Una actualización de la legislación, incluidas las leyes y resoluciones relativas a los biocombustibles, en la cual se mencione específicamente al biogás, mejoraría las condiciones actuales y regulatorias para este producto. Es necesaria la creación de normas oficiales mexicanas para el uso específico de metano, donde los procesos de calidad estándar se regulen a través de la operación y la producción de plantas establecidas bajo claras normas de calidad de tratamiento de los desechos, supervisión en la operación y sanciones claramente estipuladas ante el mal funcionamiento o manejo de los productos que manejen con el fin de reducir riesgos de posibles impactos ambientales.
- Fomentar la producción y uso del biogás, mediante primas de créditos para instalación y generar otros mecanismos que generen incentivos al consumo sería un fuerte impulso a este energético, para lo cual es necesario que organismos como la SAGARPA concedan opciones de financiación para el manejo de desechos empleados como materia prima de proyectos sostenibles.

3.4 Plan para la inclusión del etanol, biodiesel y biogás como energéticos renovables en México

Como resultado del análisis realizado, se presenta a continuación una descripción de los elementos a tomar en cuenta de manera individual para cada uno de los biocombustibles, con el fin de poder mejorar las posibilidades del etanol, biodiesel y biogás, en el mercado mexicano.

a) Etanol en el mercado mexicano

Es importante enfatizar que desde 2014 ha habido iniciativas para incluir al etanol como uno de los productos de la cartera de Pemex en mezcla al 6%. Aunque esto puede parecer ambicioso, de los biocombustibles líquidos este producto es el que presenta el mayor potencial de mercado.

La caña de azúcar se ha identificado como el cultivo más adecuado para la producción de etanol en México, debido a que la industria azucarera se encuentra en una posición potencial para la producción de etanol a partir de excedentes, si se considera que el exceso de producción de azúcar en los últimos años ha tenido un impacto negativo en la fijación de precios de los productos. Lo anterior genera inestabilidad en el sector de la caña de azúcar debido que se requieren implementar medidas compensatorias para la pérdida económica que se deriva, por lo que la posibilidad de que Pemex compre el etanol produciría probablemente un superávit, y permitiría nivelar la economía del sector.

Pemex tiene que ser el organismo encargado de regular el proceso logístico de distribución y comercialización para estas mezclas. Para que el modelo regional de introducción al etanol puro se implemente con éxito, Pemex debe solicitar una licitación en la cual se garantice que el volumen de oferta y demanda tenga un equilibrio. Adicionalmente debe existir el interés de las empresas destiladoras por vender etanol bajo condiciones y precios que Pemex pueda solventar. Se revisaron los costos pactados para la venta del etanol en licitación con 6 empresas (Tabla 1.5) y si bien se encuentran dentro de un rango relativamente similar, se consideró que los precios, al ser menores a los aquí calculados, podrían presentar dificultades posteriores para las empresas que deberán proveer a Pemex de etanol de manera permanente sin perder utilidades, por lo que valdría la pena hacer una revisión de los precios de venta pactados con opción a ajuste de estos.

De acuerdo con la posible oferta (Tabla 1.5) y demanda (Figura 1.3) identificada anteriormente, y teniendo en cuenta las obligaciones legales de Pemex, se puede implementar un esquema regional de introducción de etanol anhidro al 5,8% (E6), esto como un componente de la gasolina, lo que funcionaría como una prueba de concepto en el mercado y podría así permitir iniciar la experiencia general de introducción del etanol, así como evaluar los resultados obtenidos, para determinar los beneficios y obligaciones a largo plazo que podría implicar para México el uso de éste biocombustible. Por parte de Pemex, se cree que este paradigma de licitación y compra puede funcionar y sería de gran interés para el país, y se han tomado acciones para establecer las bases necesarias, tales como: la Emisión de la Norma Mexicana para certificar la sostenibilidad de la producción de biocombustibles de origen vegetal para el transporte (NMX-AA-174-SCFI-2015). En el caso del etanol y más adelante, de manera similar para el biodiesel, es importante hacer un diagnóstico de la situación de los insumos, basado en la producción nacional y la flexibilidad logística para minimizar la interrupción de las operaciones, ya que en cualquier otra forma en que los precios aumentarían abruptamente.

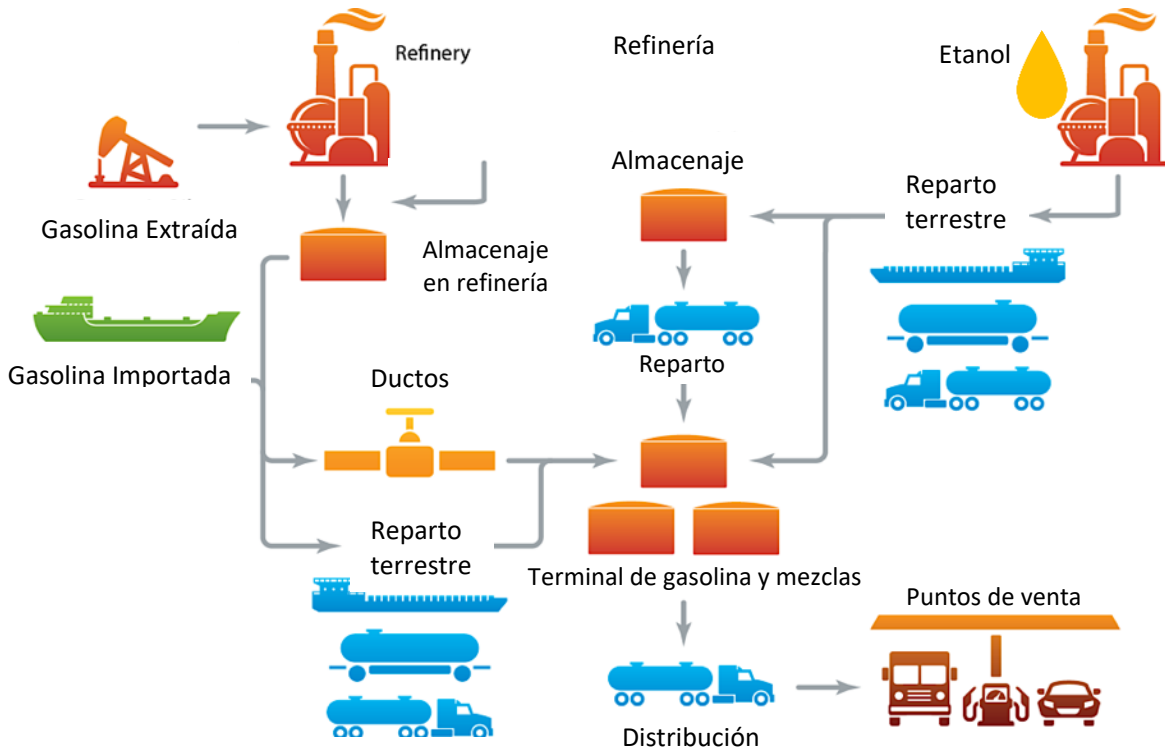


Figura 3.3 Logística de producción, mezclado y distribución de la mezcla de etanol y gasolina.

En la Figura 3.3 se describe el proceso mediante el cual se espera que el etanol se entregue vía transporte terrestre en los centros de almacenamiento que logísticamente resulten más cercanos

a las 6 refinerías activas (ubicadas en Cadereyta, Nuevo León; Ciudad Madero, Tamaulipas; Minatitlán, Veracruz; Salamanca, Guanajuato; Salina Cruz, Oaxaca y Tula, Hidalgo [146]) y a los ingenios en los cuales se produce el etanol, esto con el fin de controlar el aumento de costos por transporte.

De la manera usual, en las refinerías se almacenarán las gasolinas producidas nacionalmente o importadas, la cual mediante ductos o transporte terrestre se hará llegar a las instalaciones de Pemex en las cuales se llevará a cabo la mezcla, pudiendo para esto ser destinado un espacio en ciertos casos, en las mismas instalaciones de las refinerías cuya capacidad lo permita. Se plantea que todo el proceso deberá ser controlado por Pemex, ya que éste deberá igualmente certificar la calidad del etanol que se recibe y del producto resultante posterior a la mezcla con gasolina. Con el planteamiento anteriormente propuesto se busca emplear los recursos y vías ya existentes y probadas, esto con el fin de minimizar altas inversiones requeridas o aumentos considerables en los costos de la mezcla.

El presente trabajo propone que para mejorar las posibilidades de inclusión del etanol en el mercado mexicano, es prioritario mejorar las condiciones económicas relacionadas con el alto costo del producto. Esto, aunado a las limitaciones en el poder adquisitivo del consumidor final mexicano y el costo de la gasolina subsidiada, ponen en condiciones difíciles al etanol. Los apoyos gubernamentales están presentes en los principales casos de éxito a nivel global. En Brasil, Estados Unidos, Francia, Reino Unido y Suecia ha sido la manera en que éstos han logrado posicionarse en el mercado. En cuanto a la producción, aunque actualmente en México no haya productores de la mezcla, existe un creciente interés en la realización de contratos con los agricultores para la venta de etanol, lo cual, de manera correctamente guiada, podría ser un potencial beneficio para Pemex, quien estará a cargo de la venta del E6. Se propone que con el fin de incentivar la producción se establezcan programas de apoyo a los productores industriales de etanol. Posteriormente, una gestión adecuada podría alentar el interés de algunos intermediarios potenciales para hacer incursiones en el sector energético y esto podría mejorar notablemente la cadena de valor del producto a mediano plazo. Aunque actualmente no hay intermediarios, esta característica no se considera una debilidad ya que el mercado actual no lo requiere.

Los consumidores potenciales, concurren de manera suficiente en el país, como para respaldar la producción de este combustible con una demanda adecuada, lo cual implica una ventaja para el producto. Sin embargo, aun cuando la demanda existe, el alto costo del producto, los conflictos para legislar a favor de los biocombustibles, y el bajo interés del gobierno por otorgar apoyos o programas que los apoyen, representan los más grandes obstáculos para que este producto pueda tener circulación en el mercado dentro de la oferta de combustibles líquidos.

b) Biodiesel en el mercado mexicano

Durante la investigación de mercado se pudo observar que, si bien el interés por producir biodiesel por parte de la iniciativa privada existe, ha sido en la mayor parte de las ocasiones con fines de encontrar un camino más sustentable para la disposición de aceite de desecho. El clima político podría mejorarse pues el escenario actual tiene varios inconvenientes: incluso cuando se han planteado una serie de reformas estructurales de la energía, ninguna se ha centrado en una estrategia de incentivo a corto plazo a los biocombustibles. Países como Alemania, Brasil, Estados Unidos, India y China, tienen esquemas de producción, comercialización y consumo bien definidos que han permitido regular estas actividades y regular el producto desde el punto de vista de mercado.

Independientemente del modelo de negocio empleado, el común denominador ha sido la falta de éxito. El biodiesel producido a 2017, proviene del aceite vegetal reciclado; este material tiene una disponibilidad muy baja que limita en gran medida el potencial de producción y eleva fuertemente los costos. Teniendo en cuenta la CPT (costo por tonelada de producción) de la palma de aceite es el único cultivo que tiene el potencial de ser una fuente de aceite debido a sus bajos costos de cultivo. Dentro de los cultivos tropicales oleaginosas, la palma de aceite tiene la mayor productividad. El problema con el aceite de palma es que el biodiesel producido no cumple con las normas internacionales para ser utilizado en máquinas de combustión.

Otro problema es que el aceite de palma crece sólo en zonas tropicales húmedas (principalmente Chiapas y Tabasco con algunas plantaciones en Veracruz y Campeche) y es deseable que este cultivo sea sostenible. Dado que obtener el aceite representa el principal obstáculo para la producción de biodiesel este estudio propone, como en el caso del etanol, una introducción gradual de la mezcla. Para llevar a cabo la introducción del biodiesel (de manera regional o nacional), Pemex debe llevar a cabo una licitación en la que se consideren volúmenes reales de

oferta y la demanda posible, así como un cálculo real de costos y procurar crear contratos de compra con los precios más justos que pueda costear. Primeramente, entre los productores nacionales, si esto no es posible, debe localizarse una opción viable de importación, que permita producir una mezcla con condiciones asequibles. Se considera que, dada su probada capacidad productiva y de exportación, Argentina podría ser el proveedor del aceite necesario para México, ya que, dada la situación de las acusaciones de dumping hechas por Estados Unidos, deberá encontrar de manera emergente un nuevo comprador, lo que podría colocar a México en una posición de negociación sólida [52].

La presente propuesta se basa en que, al igual que para el caso el etanol, la introducción de biodiesel en el mercado puede ser gradual con el fin de permitir la sustitución del 2% a 5% de diésel fósil. Se propone que bajo las condiciones actuales, las cuales son poco propicias y debido al clima político, no se encuentran en su momento más estable, el cual podría comenzar en 2020. Con el fin de lograr este objetivo, el plan de desarrollo del mercado de este combustible debe incluir aspectos específicos como indicadores de producción y consumo anuales previstos para biodiesel como los tienen todos los países en los que la mezcla es ampliamente consumida (Alemania, Estados Unidos, China, Brasil, entre otros). Al igual que como se planteó para el caso de introducción de etanol al mercado, deben considerarse objetivos claros respecto a la comercialización y, estándares nacionales de calidad alcanzables de la mezcla de este combustible.

Los incentivos tales como precios de garantía a cooperativas o beneficios fiscales que puedan resultar atractivos para pequeños productores y empresas enfocadas en la producción agrícola y el desarrollo de la industria nacional de biodiesel, permitirían pasar de un esquema inicial de importación a uno de producción, en el mediano plazo.

Profundizando en el paso de importación del aceite, México tiene más de un puerto de altura, desde los cuales las importaciones de biodiesel podrían llegar de Argentina. Sin embargo, dados los costos y los tiempos de carga se recomienda que la ruta de transporte inicial sea por tierra, trayecto en el cual la mercancía debe pasar por el control aduanero de Chile, aprovechando el tratado de libre comercio que se firmó en agosto de 2017, posterior a cubrir los requisitos de aduana de entrada y salida de control de los bienes al país. El envío podría continuar por mar dejando el puerto de Valparaíso, Chile, hacia el puerto de Manzanillo, y luego, vía terrestre podría

ser redistribuido, igualmente por Pemex o sus empresas conjuntas a las terminales de almacenamiento y distribución. Según el tratado de libre comercio entre México y Argentina, se concede la posibilidad de introducir el aceite necesario para el mercado mexicano, libre de impuestos a la importación [49], lo que en términos de costos es una ventaja. Se considera que el esquema propuesto para México es el que presenta mejores posibilidades de éxito, ya que las condiciones actuales difícilmente presentan los elementos necesarios para la producción, comercialización y consumo del biodiesel a corto plazo.

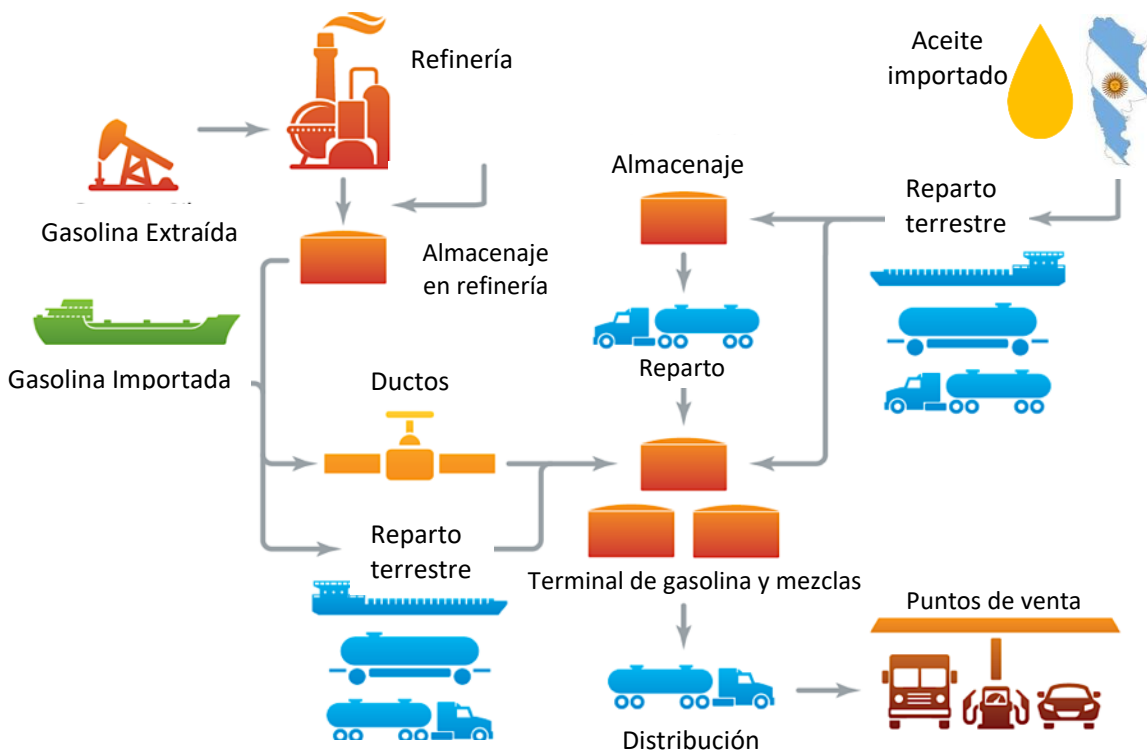


Figura 3.4. Logística de producción, mezclado y distribución de la mezcla de aceite vegetal y gasolina.

En la Figura 3.4, de manera similar al plan propuesto para la mezcla de etanol, se describe el proceso mediante el cual se espera que el aceite vegetal importado entre a México y se entregue vía transporte terrestre en los centros de almacenamiento que logísticamente resulten más cercanos a las 6 refinerías activas (ubicadas en Cadereyta, Nuevo León; Ciudad Madero, Tamaulipas; Minatitlán, Veracruz; Salamanca, Guanajuato; Salina Cruz, Oaxaca y Tula, Hidalgo [146]) y a los ingenios en los cuáles se produce el etanol, esto con el fin de controlar el aumento de costos por transporte. Cabe mencionar que una de las limitantes será la problemática que presenta el aceite, por sus características químicas, de modificar su estado físico de líquido a

sólido, por lo cual, los periodos de transporte y metodología deberán ser adaptadas al mencionado requerimiento.

De la manera usual, en las refinerías se almacenarán las gasolinas producidas nacionalmente o importadas, la cual mediante ductos o transporte terrestre se hará llegar a las instalaciones de Pemex en las cuales se llevará a cabo la mezcla, pudiendo para esto ser destinado un espacio en ciertos casos, en las mismas instalaciones de las refinerías cuya capacidad lo permita. Al igual que para la mezcla de etanol, se plantea que todo el proceso deberá ser controlado por Pemex, ya que éste deberá igualmente certificar la calidad del etanol que se recibe y del producto resultante posterior a la mezcla con gasolina.

c) Biogás en el mercado mexicano

A pesar de tener condiciones diferentes a las de los otros biocombustibles de este trabajo, y aun cuando los usuarios potenciales numéricamente son menos que los de etanol y biodiesel, las condiciones de mercado actuales presentan un panorama que ha permitido un mejor desarrollo del biogás como opción energética en México. El biogás es el biocombustible que por ahora tiene menos dificultades para su producción. El hecho de que la materia prima para la producción de biogás provenga principalmente de material de desecho, resulta un punto a favor para el aumento en la producción de éste. En orden de prioridad, se recomienda iniciar la explotación del biogás focalizando los esfuerzos en tres etapas:

- Etapa 1: Uso de desechos de ganado y estiércol de cerdo. Esto debido a que el autoconsumo generaría beneficios inmediatos y debido a la facilidad de implementar esta tecnología en el creciente número de granjas y las ya instaladas.
- Etapa 2: Rellenos sanitarios, aprovechamiento de desechos para generación y venta de energía eléctrica en bajo un esquema de cogeneración con CFE, donde mediante contratos previos, la energía producida pueda comercializarse y generar ingresos para los productores y se pague un porcentaje a la paraestatal (CFE) por el uso de sus instalaciones.
- Etapa 3: Tratamiento de aguas residuales. Dado que ya existen en el país numerosas plantas de tratamiento, se propone el aprovechamiento de los lodos resultantes con una alta carga de material orgánico aprovechable.

Se propone que el desarrollo de programas de aprovechamiento de biogás se de a raíz de la creación de una campaña nacional dirigida por el gobierno para motivar la instalación de biodigestores en granjas y estercoleros. Se esperaría con esto para el año 2022, tener un aprovechamiento del 10% de la eficiencia potencial total de biogás en México y generar un crecimiento continuo de 3% anual [141, 142]. Adicionalmente a las granjas, el aprovechamiento podría darse en una tercera etapa en las plantas de tratamiento ya existentes en el país.

Tabla 3.2. Potencial de producción de biogás en plantas de tratamiento de aguas [141]

	CH4	Caudal m3 / día	Metano, m3/ día
Rincón, Aguascalientes	200.00	17,280.00	2, 950.58
Sn Fco de los Romos, Ags.	150.00	12, 960,00	2, 214.19
La Morita, Tijuana	254.00	21, 945.60	3, 750.03
Tecomán, Colima	250.00	21, 600.00	3, 690.96
Pijijiapan, Chiapas	60.00	5, 184.00	885.10
Guanajuato Sur, Guanajuato	100.00	8, 640.00	1, 475.80
Chilpancingo de los Bravo, Gro.	250.00	21, 600.00	3, 690.96
Ameca, Jalisco	150.00	12, 960.00	2, 214.19
Temixco, Morelos	100.00	8, 640.00	1, 475.80
Tepic (OTE), Nayarit	100.00	8, 640.00	1, 475.80
San Juan del Río, Querétaro	300.00	25, 920.00	4, 429.35
San Pedro Mártir, Querétaro	750.00	64, 800.00	11, 074.81
Ciudad Madero, Tamaulipas	1,500.00	129, 600.00	22, 150.59
Banderilla, Veracruz	60.00	5, 184.00	885.10
Mérida, Yucatán	60.00	5, 184.00	885.10

Como puede verse en la Tabla 3.2, el cálculo [148] del potencial de producción representa una posibilidad latente en varios puntos de México, esto en fuerte medida debido a que los costos de producción, una vez adquirida la maquinaria necesaria, son bajos, lo cual es otro punto a favor del proceso, pues el insumo principal son los desechos contenidos en el agua que igualmente debía ser tratada, aun si los residuos son aprovechados o no. La tecnología disponible se considera razonablemente eficiente, ya que puede generar energía para abastecer algunas actividades de los procesos productivos.

Un elemento beneficioso sería una modificación en términos de incentivos para los productores de energía. Se encontró que la opción de venta de la energía generada por productores privados resultaba ampliamente atractiva, lo cual podría incentivar la entrada de nuevos participantes a procesos de aprovechamiento del biogás. Esto sentaría bases sólidas para la formalización e inversión en nuevas tecnologías de aprovechamiento. De manera similar se ha llevado a cabo en Alemania, Argentina y Brasil, entre otros. Estos casos de buena gestión del uso y

aprovechamiento del biogás logran un doble beneficio, ya que igualmente se mejora la gestión de residuos.

La competencia en el mercado de producción de energía en la actualidad es complicada porque el principal productor es CFE (Comisión Federal de Electricidad), sin embargo, han abierto gradualmente los acuerdos de comercio de energía en el país. Ahora, hay 6 empresas a las que recientemente se les ha concedido permisos para la comercialización de energía. Esto abre una fuerte oportunidad para el biogás a mediano plazo. El mercado de comercio de electricidad todavía está en sus inicios, por lo que, a pesar de no existir una adecuada legislación y regulación de los procesos de producción y comercialización, quienes puedan producir cantidades mayores a lo requerido para su autoconsumo, podrían verse ampliamente beneficiados. CFE podría verse igualmente beneficiado en este proceso, ya que, como proveedor de las instalaciones eléctricas, deberá cobrar por la prestación de este servicio, a fin de que llegue a cualquier consumidor, pudiendo, si se plantea correctamente, crear una relación ganar-ganar, mediante el modelo de negocio B2B y B2G2C

3.5 Discusiones

Si bien a lo largo de la sección de resultados se han mencionado diversos comentarios de discusión y recomendaciones acordes correspondientes a los temas abordados en cada sección, se considera oportuno puntualizar algunas reflexiones que a continuación se mencionan.

La información presentada en el presente estudio contiene información actual, basada en la situación presente de México. La vigencia como “información de actualidad” resulta efímera, pues se menciona aquí información de naturaleza cambiante, que al tener modificaciones fundamentales podría afectar de forma importante algunos de los resultados y conclusiones aquí presentados.

Que la vigencia de la presente información pueda tener limitaciones, no disminuye la relevancia de la información aquí presentada, pues los datos presentan un panorama completo de la situación actual. Se considera que el presente trabajo de investigación representa una aportación valiosa a la evaluación del sector energético productivo debido a que no hay estudios que lo relacionen claramente con el mercado de consumo. El poder proporcionar un análisis completo de los elementos que concurren en el mercado energético mexicano (producción, distribución,

almacenamiento, comercialización y consumo) y posteriormente vincular otros trabajos de investigación especializados en elementos técnicos o económicos podría generar contribuciones sustanciales que permitan sentar las bases de una planeación de nuevas reformas a la legislación, cambio en políticas gubernamentales y modificaciones en la logística del mercado, todo previa planeación apoyada en un correcto diagnóstico de las necesidades, fortalezas y oportunidades del país.

Con respecto a algunos de los resultados presentados, al ser contrastados con casos o publicaciones provenientes de fuentes internacionales, generan algunos cuestionamientos que permiten pensar que las medidas tomadas por otros países podrían adecuadamente funcionar para el mercado en México, sin embargo es valioso hacer notar que en su mayoría, los países que llevan una política adecuada del manejo de biocombustibles entre sus opciones energéticas, son países con economías ampliamente más sólidas que las de México y que llevan en su mayoría una mayor trayectoria en su gestión de recursos de energía renovables. Esto les ha permitido tener un mayor conocimiento de sus respectivos macro y microentornos y con esto, desarrollar las medidas más adecuadas a sus necesidades.

Se considera igualmente tomar en cuenta que, a junio de 2018, el ambiente político resulta inestable dada la proximidad en las elecciones tanto federales como, en muchos casos, estatales y legislativas, lo cual plantea un panorama incierto para el país y más específicamente en materia energética, dado cada uno de los posibles candidatos plantea enfoques diversos con respecto a su proceder sobre la reforma energética y más específicamente, al manejo y administración de los combustibles fósiles.

Otra situación que plantea igualmente una fuerte incertidumbre es el rumbo que en materia energética puedan tomar las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Las modificaciones con respecto a políticas y aranceles en el comercio de la energía pueden representar grandes cambios en el panorama actual tanto para los fósiles, como para los biocombustibles.

Se considera que las políticas energéticas y manejo de los recursos a la fecha obedecen más a la resolución de problemas inmediatos, tales como el abasto de energía, las dificultades económicas y manejos políticos, en vez de la procuración de planes sustentables a largo plazo,

lo cual ha colocado a México en una posición de gran desventaja y fuerte atraso en materia energética con respecto a países desarrollados.

Se considera que las recomendaciones y observaciones aquí planteadas deben ser tomadas con la certeza de que el análisis llevado a cabo aborda a profundidad y desde aristas diversas, cada una de las dificultades u oportunidades que el mercado presenta, por lo que el grado de confianza debe ser percibido como alto.

Las propuestas de introducción para cada producto pueden ser consideradas como alcanzables, por lo que bajo un panorama realista, se puedan implementar de manera similar a la plantada.

Por otro lado, dentro de los hallazgos se pudieron ponderar las posibilidades en el mercado para cada producto y definir cuales son aquellos que tienen mayor probabilidad de penetrar el mercado y generar permanencia, así como las dificultades que cada uno presenta.

Dado el alto volumen de consumidores potenciales de gasolinas líquidas, no se esperaba que el producto con mayor probabilidad de crecer en México fuera el gas.

CONCLUSIONES

1. Se considera que si bien con limitantes diversas para el biogás, y en mayor medida para el etanol y biodiesel, cada uno de estos productos puede ser incluido en el mercado de manera satisfactoria a largo plazo. Para el logro de este objetivo no se puede visualizar a los biocombustibles como un tipo de energía a incluir y únicamente desarrollar una estrategia general, sino que deberán seguirse pasos específicos, focalizados en procurar un camino sostenible y viable para cada producto.

La administración adecuada de los recursos petrolíferos, pero principalmente el impacto ambiental como consecuencia de las actividades de procuración de energía, son temas de relevancia en las economías actuales. Y México, de no proponer estrategias claras y sólidas que permitan migrar la producción y consumo hacia fuentes de energía que provean de un camino sustentable, estará implícitamente situándose dentro de los países con décadas de rezago en materia ambiental y económica.

2. Durante el análisis de los factores externos que generan el macro ambiente para los biocombustibles se encontró que si bien el biogás presenta un panorama más viable que en lo que a introducción al mercado respecta, que los biocombustibles líquidos (etanol y biodiesel), los tres productos tienen retos que deberán resolverse a corto plazo, siendo la problemática principal los factores económicos. Sin embargo, dada la necesidad de reducir las emisiones de GEI, hacer una transición hacia fuentes de energía renovables e igualmente cumplir con compromisos internacionales adquiridos en el pasado, el gobierno debe crear un marco legal bien definido para mejorar el mercado de biocombustibles [1, 8, 9, 103, 122, 125].

Las políticas energéticas que deben considerarse son similares para ambos biocombustibles líquidos (es decir, etanol y biodiesel) porque se usarán en mezclas para el sector del transporte, y difieren un poco del biogás porque este se espera sea utilizado principalmente en autoconsumo y regulado por el sector eléctrico. Lo que es fundamental para mejorar la posibilidad de incluir a los biocombustibles en el mercado de la energía, es que las políticas del gobierno estén guiadas por un plan estratégico claramente estructurado con pasos claros a seguir y fechas establecidas de acuerdo con un programa de objetivos, lo cual no garantiza que sea una transición sencilla, pero si permite generar mayores garantías de sostenibilidad.

3. Si bien se abordaron las situaciones complejas que los biocombustibles tienen en el mercado mexicano, muchas de estas dificultades se han encontrado de igual manera en otros países en los que dichas problemáticas han debido ser subsanadas, a raíz de lo cual sus niveles de consumo y producción de biocombustibles es ampliamente mayor. La respuesta de aquellos mercados que han logrado migrar parte de su consumo hacia el etanol, biodiesel y biogás, si bien no siempre ha representado la opción de menor costo, ha tenido como fines últimos el manejo de planes energéticos sustentables y el creciente interés por reducir el impacto ambiental.

En México existen elementos que fortalecen su posición y argumentos positivos que apuntan a éstos energéticos como una opción relevante a incluir en la matriz energética del país. La sostenibilidad está adquiriendo un mayor impacto como criterio de producción, para evitar los problemas de medio ambiente, es por esto por lo que las políticas deben adecuarse, y los procesos de producción mejorarse, para convertirse en metodologías sostenibles que causen el menor impacto ambiental [103, 104, 122]. En este aspecto, la creación de programas para apoyar a los productores agrícolas y ganaderos que pueden dedicar sus esfuerzos a la producción de materias primas para proyectos sostenibles es necesaria y ya se ha hecho en países como Estados Unidos, Brasil, Francia y Alemania [1, 8, 9, 106], donde la tasa de producción ha aumentado positivamente con el uso de estas herramientas. Se han notado miras del gobierno de México para apoyar el uso de biocombustibles, por lo que la intención es clara. Sin embargo, se requiere más investigación y desarrollo para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de los procesos de producción, los cuales deben centrarse en el uso de insumos de energía renovable, mejores condiciones agrícolas y políticas energéticas que garanticen el bienestar social. En todos los casos, tanto para etanol y biodiesel, como para biogás México debe mantener y mejorar su propia tecnología, para poder satisfacer su demanda de energía (fósil o renovable). La opción de desarrollar el uso de energía eléctrica, como se observa en las tendencias para el sector del transporte también debe ser considerado. Si bien se han dado algunos pasos para unir a México a la tendencia global del empleo de bioenergía, la participación debe ser parte de una estrategia tanto sostenible, como sustentable real, más que de esfuerzos de cumplimiento con fines políticos. El proyectar porcentajes de inclusión de biocombustibles como parte de la oferta energética en el país,

respaldados por una estrategia de obtención de insumos y logística de distribución y comercio para cada uno de los biocombustibles resulta imperante para la introducción de estos.

Hay que recordar igualmente que al final de 2017, debido a la reforma energética, empresas privadas (por ejemplo, Shell, Chevron, Texaco, BP y Exxon) obtuvieron permisos para comenzar a vender combustibles líquidos en México, algunas de las cuales ya iniciaron actividades. Dado que no existen cláusulas limitativas al respecto, estas empresas extranjeras podrán vender mezclas E10 y B5, y esto, junto con él la liberación de los precios del combustible (bajo el control del gobierno hasta diciembre de 2017) crea una nueva situación para el mercado de combustibles. En el caso del biogás, la cogeneración parece ser una opción económicamente viable, pero en la Comisión Federal de Electricidad debería revisar su política comercial para garantizar la electricidad privada a gran escala los productores pueden vender el excedente de energía el cual resulta limitante para las empresas en la categoría de productores a gran escala, dado que esto podría motivar a los proyectos que hacen uso eficiente de biogás a no aprovechar todo el potencial disponible.

4. Con respecto al análisis del microentorno, muchas de los elementos de los biocombustibles se encuentran fuertemente limitados por las condiciones del macroentorno previamente mencionadas. A sabiendas de cuales características representarán las principales dificultades, se deberán dirigir los esfuerzos a la explotación de aquellos recursos que proporcionan mejores condiciones de apoyo en el mercado para cada producto. El estado actual de la agroindustria en México indica que, en el corto y mediano plazo, las principales materias primas para el bioetanol, el biodiesel y la producción de biogás pueden ser la caña de azúcar, la palma aceitera y el estiércol animal, respectivamente. Se espera que posterior a una estrategia agrícola bien dirigida a largo plazo, el sorgo dulce, el aceite de jatropha y los desechos orgánicos agroindustriales pueden complementar la materia prima y con esto satisfacer a una mayor demanda del mercado. Debido a los altos costos de producción, transporte y logística, se recomienda hacer un diagnóstico logístico de los puntos de potencial producción, y cómo se cubrirán los puntos de mayor demanda. Este diagnóstico permitirá una proyección precisa de las inversiones requeridas para la infraestructura y gestión de las mezclas. La regulación del precio final también es crucial, al menos mientras el mercado se estabiliza, ya que según los patrones de consumo reportados se sabe que si los consumidores

tienen una opción, siempre pagarán el precio más bajo [147,148]. Esta situación es aún más probable que ocurra en un país con bajos ingresos.

BIBLIOGRAFIA

1. Demirbas, A. (2003). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy Convers Manage*, 49, 2106-2116.
2. IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
3. British Petroleum. (2017). *Energy Economics Statistics 2017*.
www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf. 8 de Agosto de 2017.
4. SENER-(2016). Secretary of Energy. Sector Eléctrico: Generación bruta de energía por tecnología, 2016.
5. Wisner, AgMRC. (2013). *Renewable Energy & Climate Change Newsletter*. U.S. Department of Agriculture (USDA).
6. Caspeta, L., Buijs, N. A. A., Nielsen, J. (2013). The role of biofuels in the future energy supply. *Energy Environ. Sci.*, 6, 1077-1082.
7. Fiorese, G., Catenacci, M., Verdolini, E., Bosetti, V. (2013). Advanced biofuels: future perspectives from an expert elicitation survey. *Energy Policy*, 56, 293-311.
8. Talamini, E., Dewes, H. (2012). The macro-environment for liquid Biofuels in Brazilian science and public policies. *Sci. Publ. Policy*, 39, 13-29.
9. Timilsina, G. R., Shrestha, A. (2011). How much hope should we have for biofuels? *Energy*, 36, 2055-2069.
10. de la Federación, D. O. (2013). *Plan Nacional de desarrollo 2013-2018*. Diario Oficial de la Federación, 20.
11. World Bank (2016). PIB Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/>, Consultado Febrero 2018.
12. J. B. Ang (2007). CO2 emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*, 35, 4772-4778.
13. J. Kraft; A. Kraft. (1978). Relationship between energy and GNP. *J. Energy Dev.*; (United States), 3.

14. A. M. M. Masih; R. Masih. (1996). Energy consumption, real income and temporal causality: results from a multi-country study based on cointegration and error-correction modelling techniques. *Energy economics*, 18, 165-183.
15. B. S. Cheng; T. W. Lai. (1997). An investigation of co-integration and causality between energy consumption and economic activity in Taiwan. *Energy economics*, 19, 435-444.
16. Y. U. Glasure; A.-R. Lee. (1998). Cointegration, error-correction, and the relationship between GDP and energy: The case of South Korea and Singapore. *Resource and Energy Economics*, 20, 17-25.
17. J. Asafu-Adjaye, The relationship between energy consumption, energy prices and economic growth: time series evidence from Asian developing countries, *Energy economics*, 22, 615-625, 2000.
18. D. I. Stern, A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy, *Energy economics*, 22, 267-283, 2000.
19. H.-Y. Yang, A note on the causal relationship between energy and GDP in Taiwan, *Energy economics*, 22, 309-317, 2000.
20. C. B. L. Jumbe, Cointegration and causality between electricity consumption and GDP: empirical evidence from Malawi, *Energy economics*, 26, 61-68, 2004.
21. S. Paul; R. N. Bhattacharya, Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results, *Energy economics*, 26, 977-983, 2004.
22. Paul M. Johnson and William R. Thompson, eds., *Rhythms in Politics and Economics* (New York: Praeger, 1985).
23. J. D. Hamilton, What is an oil shock?, *Journal of Econometrics*, 113, 363-398, 2003.
24. R. Dhawan; K. Jeske, Energy Price Shocks and the Macroeconomy: The Role of Consumer Durables, *Journal of Money, Credit and Banking*, 40, 1357-1377, 2008.
25. Camps Michelena, M., & Marcos Martín, F. *Los biocombustibles*. Ediciones Mundi-Prensa (2002).
26. I. C. Cardona, *Perspectivas de la producción de biocombustibles en Colombia*. (2009).
27. R. N. Cerutti O., Lazcano I., Horta L., I. Nogueira, Macedo I., Trindade S., Thrän D., Probst O., Weber M., Müller-Langer F. (2006) *Potenciales y Viabilidad del Uso de Etanol y Biodiesel para el Transporte en México*. GTZ: México D.F.
28. R. J. Nichols, *The Methanol Story*. (2003) *A Sustainable Fuel for the Future*, *Journal of Scientific & Industrial Research*. Vol. 62, 97-105.

29. A. Benavides; P. Benjumea; V. Pashova, (2007). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diésel.
30. Sourie, J. C., & Rozakis, S., (2001). Bio-fuel production system in France: an Economic Analysis. *Biomass and Bioenergy*, 20(6), 483-489.
31. Rosillo-Calle F, Walter A. (2006) A global market for Bioethanol: Historical trends and future prospects, *Energy Sustainable Development*, Pages: 20-32.
32. M. V. González, Biodiesel, Transporte, Editor. (2007) Comisión Nacional de Ahorro de Energía: México.
33. REMBIO, (2013) Energías Renovables, Libro Temático en Biogás.
34. B. D. P. Lazaro Camilo Recompensa Joseph, Arturo Zabala Zabala, Alexandre de Melo Farias, Pedro Ramos (2008). Biocombustibles: ¿una estrategia de desarrollo o de mercado lucrativamente sostenible?, *Revista de la Universidad Bolivariana de Chile*, 7, 145-165,.
35. F. Coralli; C. G. Bustamante; E. Riegelhaupt; T. A. Chalico; J. V. Gregg; R. D. Jiménez; G. G. Pacheco; L. Cecotti, (2011) LA BIOENERGÍA EN MÉXICO: Situación actual y perspectivas *Revista de la Red Mexicana de Bioenergía*, 4.
36. J. C. de Haro. (2011) Conservación de los ambientes costeros de Santa Cruz, Argentina. Observaciones sobre el impacto de la actividad petrolera..
37. Lestari, D. (2012). Non-food applications of Jatropha proteins (Tesis de doctorado). Wageningen University, Países Bajos.
38. Secretaría de Energía. (2014, 5 de marzo). Marco Legal de Referencia. Recuperado de www.energia.gov.ar.
39. Energy Independence and Security Act of 2007 (Enrolled as Agreed to or Passed by Both House and Senate).
40. Central Intelligence Agency (CIA) - United States. (2016). The World Factbook 2016. Country Comparison Crude oil - proved reserves. Recuperado de www.cia.gov (en inglés). Consultado el 29 de agosto de 2017.
41. National Biodiesel Board. (2014, 24 de febrero). America's Advanced Biofuel. Recuperado de <http://www.nbb.org>.
42. The craze for Maize. (2008, 12 de mayo). *The Economist*, 33-34.
43. Becerra Pérez, L. A. (2009). La industria del etanol en México. *Economía UNAM*, 6(16), 82-98

44. Serna, L., Barrera, L., & Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico en el uso de Biocombustibles. *Journal of Technology Management & Innovation*, 6, 100-114.
45. Pérez-Fernández, A., Rivas-Martínez, M. I., Caamal-Cauich, I., & Martínez-Luis, D. (2017). La producción de etanol y su impacto en el precio de productos agrícolas en México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 597-602.
46. Agromeat. (2017, mayo). Con biogás obtienen energía eléctrica en Brasil. <http://www.agromeat.com/209386/con-biogas-obtienen-energia-electrica-en-brasil>. 24 de septiembre de 2017.
47. Consejo para el Proyecto Argentino. (2009, 1 de junio). Planta de Biogás con la Basura de Río de Janeiro.
48. Sampaio, P., & de Almeida, M. (2012). El caso de la producción de etanol en Brasil: un ejemplo para los países de América Latina. *Cuadernos de Geografía-Revista Colombiana de Geografía*, 21(1), 147-161.
49. Dufey, A. (2006). Producción y comercio de biocombustibles y desarrollo sustentable: los grandes temas. IIED.
50. Laroze, A. (2006). Fundamentos para una Política Nacional de Bioenergía. Biocombustibles: desde la perspectiva energética. Seminario Internacional hacia una Política Nacional de Bioenergía. Talca, Chile, 24.
51. Fluence News Team. (2016, 12 de septiembre). <http://www.fluencecorp.com/es/la-legislacion-de-estados-unidos-podria-impulsar-la-adopcion-del-biogas/>.
52. Renewable Fuels Association. (Consultado en 2017, 8 de mayo). Industry Statistics: Annual World Ethanol Production by Country. <http://www.ethanolrfa.org/>.
53. Li, X. (2012). Biogas Production in China: current status and future development. Beijing University of Chemical Technology (BUCT).
54. USDA-EPA Collaboration to Advance the Deployment of Anaerobic Digesters at US Livestock Facilities. (2014, 25 de febrero). http://www.epa.gov/agstar/documents/usda_iaa.pdf.
55. Graham-Rowe, E., Gardner, B., Abraham, C., Skippon, S., Dittmar, H., Hutchins, R., & Stannard, J. (2012). Mainstream consumers driving plug-in battery-electric and plug-in hybrid electric cars: A qualitative analysis of responses and evaluations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(1), 140-153.
56. Barros, S. (2012). Annual Biofuels Report 2012. GAI Network.

57. Álvarez Suarez, M., & Castañeda Aldana, N. (2017). Estudio de mercados que permita identificar las razones por las cuales los propietarios de vehículos particulares no consumen gas natural vehicular como opción alterna de combustible, en Bogotá.
58. Voegelé, E. (2016, 27 de enero). Report highlights China's growth in biodiesel, ethanol production. <http://www.biodieselmagazine.com/articles/289998/report-highlights-chinas-growth-in-biodiesel-ethanol-production>.
59. Michael Riedel, Jiang Junyang. (2013). Republic of China Annual Biofuels Report 2013. GAI Network.
60. PTI (Parque Tecnológico Itaipu). (2014, 24 de febrero). <http://www.pti.org.br>.
61. Bravo, E. (2006). A quién beneficia el negocio de los biocombustibles. Boletín Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, 7-10.
62. Presa Argentina. (2014, 5 de marzo). En Argentina quieren que los autos usen más biocombustible para contener la salida de dólares del país. <http://biodiesel.com.ar/tag/argentina>.
63. Argentina, primera en el podio. (2014, 5 de marzo). <http://biodiesel.com.ar/tag/argentina>.
64. Tobares, L. (2013). La importancia y el futuro del biogás en la Argentina. Petrotecnia.
65. Pemex. (2017, 12 de septiembre). Organismos subsidiarios y filiales. <http://www.Pemex.com/organismos/>.
66. Pemex. (12 de marzo). Reservas de Hidrocarburos Totales. www.Pemex.com.
67. Pemex Outlook. (2017, agosto). Presentación para inversionistas. http://www.Pemex.com/ri/herramientas/Presentaciones%20Archivos/Investor%20presentation_170801.pdf.
68. Folladori, G. (2002). Avances y límites de la sustentabilidad social. Economía, Sociedad y Territorio, 3, 621-637.
69. PEMEX. (2016). Informe anual Pemex. www.sie.energia.gob.mx/IE7C02 (08-AGO-2016).
70. Pemex. (2013). Cuantificación histórica de las reservas de México.
71. SIAP. (2017). Livestock produced by product. (Agri-food and Fisheries Information Service). 8 de agosto de 2017.
72. CONADESUCA. Directorio de ingenios de México, zafra 2016/17. <http://www.conadesuca.gob.mx/Proyecto%20Climatologico/DirectorioIngenios.htm>.
73. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (2012, 5 de diciembre). Capacidad Instalada de Alcohol Etilico en México. Ing. Guadalupe Romero Cortez. Piura Perú.

74. Comunicación personal con el INAI (Instituto Nacional de Acceso a la Información).
75. INDEXMUNDI. (Índice Global, figura 4, pag 37). Commodity Price Indice.
www.indexmundi.com/commodities/.
76. Sarabia Méndez, M. A., Laines Canepa, J. R., Olivier, S., Aurelio, J., & Escalante Espinosa, E. (2017). Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 109-116.
77. Galotti, P., & Santalla, E. (2009). Estimación del potencial energético de los efluentes industriales. *Potencia*, 4(4), 4.
78. SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2015). Tabla de población Ganadera.
79. Arvizu, J. L., & Huacuz, J. M. (2003). Biogás de rellenos sanitarios para producción de electricidad. *Boletín IIE*, 27(4), 118-123.
80. Benavides Lopez de Mesa, J., Quintero, G., Guevara Vizcaino, A. L., Jaimes Caceres, D. C., Gutierrez Riaño, S. M., & Miranda Garcia, J. (2006). Bioremediación de suelos contaminados con hidrocarburos derivados del petróleo; Bioremediation of contaminated soils with hydrocarbons derived from petroleum. *Nova Publ. Científica*, 4, 82-90.
81. Achkar, M., & del Territorio, G. A. (2005). Indicadores de sustentabilidad. *Ordenamiento Ambiental del Territorio*, 55-70.
82. Bravo, S., & Bravo, R. S. (2003). *Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios*. Thomson.
83. Braidot, N. P. (1990). *Marketing total* (No. INVES-ET E71 B814). Editorial Tesis.
84. Kotler, P. (2000). *Dirección de Marketing*. Prentice Hall.
85. Randall, G. (2003). *Principios de Marketing*. 2a ed., Thomson Editores Sapin.
86. Stanton, W., Etzel, M., & Walker, B. (2004). *Fundamentos de Marketing*. 13va. Ed., McGraw Hill, 198-284.
87. Kotler, P., & Hayes, T. (2004). *El Marketing de Servicios Profesionales*. 1a ed., Ediciones Paidós Ibérica S.A..
88. Walker, O. C., Boyd, H. W., & Larreche, J. C. (2005). *Marketing Strategy*. McGraw-Hill Education.
89. Olivera, D., & Hernández, M. (2011). *El análisis FODA y los objetivos estratégicos*. *Contribuciones a la Economía*, marzo.
90. Spendolini, M. (1994). *Benchmarking*. Grupo Editorial Norma.

91. Padilla, J. L., González, A., Pérez, C., Rojas, A. J., Fernández, J. S., & Pérez, C. (1998). Elaboración del cuestionario. En: Rojas AJ, Fernández JS, Pérez C, editores. Investigar mediante encuestas. Fundamentos teóricos y aspectos prácticos. Madrid: Editorial Síntesis, 115-140.
92. Duverger, M. (1981). Métodos de las ciencias sociales. Editorial Ariel.
93. Visauta, B. (1989). Técnicas de investigación social: recogida de datos. Promociones y Publicaciones Universitarias.
94. Padua, J., Ahman, I., Apezechea, H., Borsotti, C. (1987). Técnicas de investigación aplicadas a las ciencias sociales. Fondo de Cultura Económica.
95. Goode, W. J., & Hatt, P. K. (1991). Métodos de investigación social. Editorial Trillas.
96. Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J. R., Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria, 31(8), 527-538.
97. Braidot, N. P. (1990). Marketing total. Editorial Tesis.
98. Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (1955). Preparación y evaluación de proyectos. Mc Graw Hill.
99. García Ferrando, M. (1993). La encuesta. En: Garcia M, Ibáñez J, Alvira F. El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de Investigación. Madrid: Alianza Universidad Textos, 141-170.
100. Basantes, E. (2012). Plan de Negocios. (Bachelor's thesis, Quito, 2012).
101. Berman, P. (1993). El estudio de la macro y micro implementación. Aguilar, L. La implementación de las políticas, México: Porrúa, 281-321.
102. Salles, V. (2001). El debate micro-macro: dilemas y contextos. Revista Perfiles Latinoamericanos, 10(18), 115-151.
103. Gheewala, S. H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S. R., & Chaiyawannakarn, N. (2013). Implications of the biofuels policy mandate in Thailand on water: the case of bioethanol. Bioresource technology, 150, 457-465.
104. Scott, J. A., et al., (2012). A review of multi-criteria decision-making methods for bioenergy systems. Energy, 42(1), 146-156.
105. Wang, L. (2014). Bio-coal market study: Macro and micro-environment of the bio-coal business in Finland. Biomass and Bioenergy, 63, 198-209.
106. Zonin, V. J. (2014). Multicriteria analysis of agricultural raw materials: a case study of BSBIOS and Petrobras Biofuels in Brazil. Energy Policy, 67, 255-263.

107. Catron, J., et al., (2013). Bioenergy development in Kentucky: A SWOT-ANP analysis. *For Policy Econ*, 28, 38-43.
108. Dayakar Rao, B. (2004). Sweet sorghum cane for bio-fuel production: A SWOT analysis in Indian context. National Research Centre for Sorghum, Rajendranagar, Hyderabad, AP, 500, 030.
109. Okello, C., Pindozzi, S., Faugno, S., & Boccia, L. (2014). Appraising bioenergy alternatives in Uganda using strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT)-analytical hierarchy process (AHP) and a desirability functions approach. *Energies*, 7(3), 1171-1192.
110. Oxana Soimu (2014). A SWOT Analysis of Bio-energy Production in Republic of Moldova. *Procedia Soc Behav Sci*, 149, 896-900.
111. Paschalidou, A., et al, (2016). Energy crops for biofuel production or for food?-SWOT analysis (case study: Greece). *Renew Energy*, 93, 636-647.
112. Phadermrod, B., Crowder, R. M., & Wills, G. B. (2016). Importance Performance Analysis based SWOT analysis. *J Inf Manage*.
113. Qing-ruo, X. I. E., et al. (2009). SWOT Analysis of Biodiesel Preparation Using Tilapia By product. *Guangzhou Chemical Industry*, 8, 026.
114. Rutz, D., & Janssen, R. (2007). BioFuel SWOT analysis. *WIP Renew Energies*, 1.
115. Potters, G., et al. (2013). Bamboo as a crop in Western Europe-a SWOT analysis. *Acta Horticulturae*.
116. Stewart, G. L., & Barrick, M. R. (2000). Team structure and performance: Assessing the mediating role of intrateam process and the moderating role of task type. *Academy of management Journal*, 43(2), 135-148.
117. Kirkman, B. L., & Rosen, B. (1999). Beyond self-management: Antecedents and consequences of team empowerment. *Academy of Management journal*, 42(1), 58-74.*
118. Cordery, J. L., Mueller, W. S., & Smith, L. M. (1991). Attitudinal and behavioral effects of autonomous group working: A longitudinal field study. *Academy of management journal*, 34(2), 464-476.*
119. Zalengera, C. (2014). Overview of the Malawi energy situation and A PESTLE analysis for sustainable development of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 335-347.
120. Arndt, C., Pauw, K., & Thurlow, J. (2015). The economy-wide impacts and risks of Malawi's farm input subsidy program. *Am J Agric Econ*, 98(3), 962-980.*

121. Charles, M. B. (2007). Public policy and biofuels: The way forward?. *Energy Policy*, 35(11), 5737-5746.*
122. Demirbas, A. (2008). Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. *Energy conversion and management*, 49(8), 2106-2116.*
123. Demirbas, A. (2009). Political, economic and environmental impacts of biofuels: a review. *Applied energy*, 86, S108-S117.
124. Paul, O. A. (2009). Analysis of the Romanian biofuels industry under the current economic conditions using PESTEL. *Economia. Seria Management*, 12(1 Special), 159-167.*
125. Van Dael, M., et al. (2012). Determining potential locations for biomass valorization using a macro screening approach. *Biomass and bioenergy*, 45, 175-186.
126. Su, Y., et al. (2015). An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 991-1003.
127. Hernández, P. N. B., Santamaría, J. R. A., & Rios, L. A. (2009). Biodiesel: Producción, calidad y caracterización. Universidad de Antioquia.
128. INEGI. (2017). Cálculo de Inflación de septiembre de 2006 a Septiembre de 2017. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/indiceprecios/calculadorainflacion.aspx>
129. Nasdaq. (2017). Ethanol Price October, 18, 2017. <http://www.nasdaq.com/markets/ethanol.aspx>
130. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2007). Aprovechamiento del biogás para la generación de energía eléctrica en el sector agropecuario. *Claridades Agropecuarias*, 168 (8), 3-40.
131. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2004). Cuestionario para la Industria Manufacturera. www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/ce/2004/doc/manu_01.pdf
132. Universidad de las Américas de Puebla (UDLAP). (Encuesta para empresas con Procesos de Manufactura). catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lad/najera_d_r/apendiceA.pdf
133. Sorda, G., Banse, M., & Kemfert, C. (2010). An overview of biofuel policies across the world. *Energy policy*, 38(11), 6977-6988.*
134. de la Federación, D. O. (2008). Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. 28 de noviembre de 2008.

135. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2009). Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. Edición 2009. México, SEMARNAT, 167p.
136. Ponce, E. (2016). Métodos sencillos en obtención de biogás rural y su conversión en electricidad. Idesia (Arica).
137. Encuesta, Alcoholera del Zapopan. (2017). Periódico Milenio, 18 de marzo de 2017. Salvador Romero Valencia, director de Alcoholera Zapopan.
http://www.milenio.com/region/Pemex_etanol-alcoholera_zapopan-biocombustibles_mexico-milenio_noticias_0_922107828.html. Consultado 18 de Octubre de 2017
138. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2017). Vehículos de motor registrados en circulación.
www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=
Consultado 19-10-2017
139. Patil, P. D., Gude, V. G., Mannarswamy, A., Deng, S., Cooke, P., Munson-McGee, S., & Nirmalakhandan, N. (2011). Optimization of direct conversion of wet algae to biodiesel under supercritical methanol conditions. *Bioresource technology*, 102(1), 118-122.*
140. SAGARPA. (2017). Impulsa Sagarpa Producción de biocombustibles en México.
http://sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/JAC_0057_11.aspx
. Consultado 18 de Octubre de 2017
141. Sierra, C. A. S., & Barrios, R. L. A. (2013). Biogás a partir de residuos orgánicos y su apuesta como combustibles de segunda generación. *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*, 14(28), 6-15.*
142. Comisión Nacional del Agua, C. (2013). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2013.
143. de la Federación, D. O. (2017). Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos.
144. Esteves Ribeiro, B. (2014). La dimensión social en la evaluación de tecnología: el caso del etanol utilizado como biocombustible.
145. Daniels, A. (2007). Etanol brasileño, la solución que nadie quiere ver. *Política exterior*, 99-107.
146. Poruschi, L., & Ambrey, C. L. (2018). Densification, what does it mean for fuel poverty and energy justice? An empirical analysis. *Energy Policy*, 117, 208-217.

147. Chen, X., & Kleit, A. N. (2016). Money for Nothing? Why FERC Order 745 Should have Died. *Energy Journal*, 37(2).*
148. Dirección General de Petróleos, Subsecretaría de Hidrocarburos. (Infraestructura Nacional de Petrolíferos). www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/9105

ANEXOS

Anexo 1.

Cuestionario para empresas productoras de Etanol/Biodiesel

SECCIÓN I. Generales

- 1 Nombre de la empresa
- 2 Ubicación geográfica
- 3 La empresa posee capital extranjero: (procedencia)
- 4 Zonas, regiones o estados de alcances en sus actividades
- 5 Tiempo en el mercado
- 6 Línea de productos que maneja (en caso de ser más de uno)
- 7 Maneja ventas al mayoreo o menudeo
- 8 ¿A partir de que producto producen el biogás?

SECCIÓN II. Hablando de biodiesel o etanol, según sea el caso...

- 9 ¿ ¿Hace cuánto tiempo que lo producen?
- 10 ¿ En un aproximado, cuántos litros mensuales se venden?
- 11 ¿ Históricamente, las ventas han registrado aumentos/decrementos. De cuánto? Y a qué se debe? (porcentual, pesos o litros y por qué)
- 12 ¿ A qué cree que se debe este aumento/decremento?
- 13 ¿ Qué elementos conforman son sus costos de producción? ¿Costos extras? (preferentemente desglosar)
- 14 ¿ Aproximadamente cuál es su costo y precio de venta por litro? (preferentemente desglosar)
- 15 ¿ Qué tipo de clientes tiene principalmente?
- 16 ¿Cuál es el volumen de ventas para cada uno de estos clientes?
- 17 ¿ Dado que el precio por litro de los combustibles de origen fósil es menor, a qué considera que obedece la compra de su producto por parte de sus clientes?
- 18 ¿Cuál es la metodología de venta?
- 19 ¿Cómo distribuye su producto?
- 20 ¿ Quiénes son sus clientes?
- 21 ¿ Ustedes consumen el _____?
- 22 ¿ Para qué lo emplean?

SECCION III. Producción e intermediarios

- 23 ¿ Qué insumos emplea para producir Biodiesel/Etanol?
- 24 ¿ De dónde obtiene sus insumos?
- 25 ¿ Qué tecnología de producción emplea?
- 26 ¿ Cómo almacena su producto?
- 27 ¿ Cómo distribuye su producto?
- 28 ¿ Requirió usted obtener algún permiso para operar. Cuáles?

- 29** ¿ Recibió usted algún apoyo para establecer su planta (crédito, fondo, incentivo, bono). De quién?
- 30** ¿ Existe alguna regulación de calidad para su planta. Cuál?
- 31** ¿ Existe alguna regulación de calidad para su producto. Cuál?
- 32** ¿ Su empresa exporta su producto? ¿Por qué no?
- 33** ¿ Su producción genera excedentes? ¿Cómo disponen de estos?

SECCIÓN IV. Entorno

- 34** ¿ A qué retos se enfrenta su empresa en el mercado energético?
- 35** ¿ Tiene usted competidores. Quiénes?
- 36** ¿ Tiene usted apoyo gubernamental. De qué tipo?
- 37** ¿ Considera que un incentivo fiscal al consumo sería útil? ¿Cómo?
- 38** ¿ Considera que un incentivo a la producción sería útil? ¿Cómo?

Comentarios adicionales

Observaciones

Anexo 2.

Cuestionario para empresas productoras de Biogás

SECCIÓN I. Generales

- 1 Nombre de la empresa
- 2 Ubicación geográfica
- 3 La empresa posee capital extranjero: (procedencia)
- 4 Zonas, regiones o estados de alcances en sus actividades
- 5 Tiempo en el mercado
- 6 Línea de productos que maneja (en caso de ser más de uno)
- 7 Maneja ventas al mayoreo o menudeo
- 8 ¿A partir de que producto producen el biogás?

SECCIÓN II. Hablando de biogás

- 9 ¿Hace cuánto tiempo que produce Biogás?
- 10 ¿En un aproximado, cuánto se produce mensualmente?
- 11 ¿Históricamente, la producción ha registrado aumentos/decrementos? ¿De cuánto?
- 12 ¿A qué se debe este aumento/decremento?
- 13 ¿Qué elementos conforman son sus costos totales de producción? (preferentemente desglosar)
- 14 ¿Aproximadamente cual es su costo de producción por litro? (preferentemente desglosar)
- 15 ¿Su producción es para consumo propio?
- 16 ¿En qué se emplea la energía generada?

SECCION III. Producción e intermediarios

- 17 ¿Qué insumos emplea para producir biogás?
- 18 ¿De dónde obtiene sus insumos?
- 19 ¿Qué tecnología de producción emplea?
- 20 ¿Cómo almacena sus insumos?
- 21 ¿De qué manera administra su producción? ¿Está conectado a la red?
- 22 ¿Requirió usted obtener algún permiso para poder generar este tipo de energía. Cuáles?
- 23 ¿Recibió usted algún apoyo para establecer su planta (crédito, fondo, incentivo, bono). De quién?
- 24 ¿Existe alguna regulación de calidad, sanitaria o inspección para su planta.Cuál?
- 25 ¿Qué costos se derivan de la generación de biogás? (preferentemente desglosar)
- 26 ¿Su sistema generador de energía contiene algún tipo de batería para almacenamiento de energía?

SECCIÓN IV. Entorno

- 27 ¿A qué retos se enfrenta su empresa en el mercado energético?
- 28 ¿Tiene usted competidores. Quiénes?
- 29 ¿Tiene usted proveedores? ¿Quiénes?
- 30 ¿Considera que un incentivo fiscal al consumo sería útil?
- 31 ¿Considera que un incentivo a la producción sería útil?

Anexo 3.

Cuestionario para Intermediarios/proveedores de insumos

SECCIÓN I. Generales

- 1 Nombre de la empresa
- 2 Ubicación geográfica
- 3 La empresa posee capital extranjero: (procedencia)
- 4 Zonas, regiones o estados de alcances en sus actividades
- 5 Tiempo en el mercado
- 6 Línea de productos que maneja (en caso de ser más de uno)
- 7 Maneja ventas al mayoreo o menudeo

SECCIÓN II. Hablando de biodiesel o etanol, según sea el caso...

- 8 ¿Cuál de sus productos/servicios se encuentra relacionado con la producción de biocombustible/energía?
- 9 ¿En un aproximado cuantos _____ (litros, kg, t, o unidad usada) se venden _____ (diaria, mensual, anualmente) ?
- 10 ¿Históricamente, las ventas han registrado aumentos/decrementos. De cuánto?
- 11 ¿A qué cree que se debe este aumento/decremento?
- 12 ¿Cuáles son sus costos de producción por _____ (litros, kg, t, o unidad usada)?
- 13 ¿Qué tipo de clientes tiene principalmente? ¿Cuál es su volumen de ventas?
- 14 ¿Cuál es la metodología de venta?
- 15 ¿Cómo distribuye su producto?

SECCION III. Producción e intermediarios

- 16 ¿Existe alguna regulación de calidad para su producto.Cuál?.
- 17 ¿Su empresa exporta su producto? ¿Por qué no?

SECCIÓN IV. Entorno

- 18 ¿A qué retos se enfrenta su empresa en el mercado?
- 19 ¿Tiene usted competidores. Quiénes?
- 20 ¿Tiene usted apoyo gubernamental. De qué tipo?
- 21 ¿Considera que un incentivo fiscal al consumo sería útil? ¿Cómo?
- 22 ¿Considera que un incentivo a la producción sería útil? ¿Cómo?
- 23 ¿Qué condiciones debe proveer el gobierno para la promoción y popularización de los biocombustibles?
- 24 ¿Considera que el periodo de vida de los biocombustibles en el mercado es a corto, mediano o largo plazo? ¿Por qué?

Comentarios adicionales

REPORTES DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS

Etanol

Bioenergéticos Mexicanos SAPI

Se espera en breve recabar la información completa de Bioenergéticos Mexicanos, por ahora sin embargo, esta empresa, facilitó el acceso a una publicación oficial en la cual el presidente del Consejo Técnico dio a conocer que en el transcurso del año se iniciará la construcción de una planta que producirá etanol a través del sorgo. Este proyecto es el resultado de un convenio con PEMEX.

Con esta inversión millonaria la empresa pretende tener muy altos volúmenes de producción que le permitan estar exportando el carburante a otros estados de la República en tres años.

Alimentos Tenerife (Oxyfuel).

Es una empresa que actualmente opera en Veracruz y ha establecido, sin intermediarios, un sistema de producción y comercialización de mezcla para venta a través de expendios de combustible para transporte público. Esta empresa lleva poco más de dos años operando con costos de, de 1 a 2 pesos menos en comparación con el producto que oferta PEMEX.

Esta empresa ha destacado que posee la capacidad para atender a seis mil unidades de taxis, por lo que la producción actual de 50 millones de litros de etanol tiene un destino seguro y de resultado rentable.

Los detalles de producción no han sido aún proporcionados debido a trabas en el proceso de firma del convenio de colaboración entre instituciones, sin embargo se espera que en breve se obtengan mayores detalles con respecto a su abasto de insumos, costos y metodología de comercialización. Se pretende igualmente contactar a la línea de transporte con la cual actualmente tienen un convenio y que es su principal consumidor a fin de conocer los términos de esta alianza.

Oxyfuel es un caso de especial relevancia para el presente estudio, ya que esta empresa es la única que reporta la venta de etanol para uso en combustible como un producto rentable; aunado a esto, su modelo de negocio es único en el país, en lo que al mercado energético respecta.

Zafranet

Este ingenio azucarero es uno de los principales procesadores de caña de azúcar en el país. Igualmente exporta una gran cantidad de su producción de azúcar a Estados Unidos, misma que acorde a lo reportado, es producto excedente, lo cual, al menos por ahora, es más rentable destinar a la venta que a la producción y venta de etanol. Señalan que México está en una etapa muy incipiente en la que solamente podría impulsarse la producción de biocombustibles con base en la caña de azúcar con el apoyo del gobierno, mediante políticas públicas, con la participación de organizaciones de productores, organismos públicos descentralizados e iniciativa privada [91].

Con base a la explotación de la caña de azúcar para usos alternos a la producción de endulzantes, comentó que utilizar el bagazo para la cogeneración de energía eléctrica, crear plásticos ecológicos y otras aplicaciones como se hace con los subproductos del petróleo mediante la biotecnología, permitiría a dicho sector desarrollarse, sin embargo, Zafranet

consideró que en este aspecto, hasta ahora, ha faltado decisión política y no se ha impulsado la producción de etanol en el país, pero es un tema que tarde o temprano se tendrá que abordar.

Instituto Veracruzano de Bioenergéticos (Inverbio)

Éste es un organismo público descentralizado creado en 2010, que, acorde su acta constitutiva el Instituto coordina todas las actividades destinadas a la promoción, aprovechamiento y uso de recursos energéticos en la región, así como del cuidado del suelo y un uso ético de los granos e insumos alimentarios.

Este instituto ha indicado que existe mucho interés en instalar más estaciones de etanol combustible en lugares estratégicos de Veracruz, al menos 30 estaciones más en los próximos 2 años, todas derivadas de la inversión privada, la cual es posible por tener dos grandes aliados; la Secretaría de Energía y Petróleos Mexicanos. Manifiesta también que este tipo de proyecto genera un impacto positivo en el estado, pues alienta a los productores agropecuarios veracruzanos y a la industria estatal.

Con respecto al etanol, manifiesta que lo ideal es establecer puntos de venta independientes de los expendios franquiciados por PEMEX, en los que pueda adquirirse la mezcla de manera generalizada.

En el ejercicio presupuestal anterior, se destinaron 36mdp para más de 3mil hectáreas de cultivos energéticos (caña, jatropha y girasol) para la producción de biodiesel y etanol.

Biodiesel

Universidad Anáhuac Mayab “Proyecto de generación de biodiésel a partir de Micro algas”

Con base en la experiencia obtenida durante la dirección del proyecto de generación de biodiesel a partir de micro algas de agua dulce con la Universidad Anáhuac Mayab el investigador a cargo del proyecto, menciona que si bien considera que el biodiesel representa una alternativa viable, y posiblemente esencial, como combustible para México, sin embargo esto se daría, forzosamente, a largo plazo.

Actualmente, considera que el establecer cuál será la metodología de obtención de aceites de bajo costo debe ser el principal objetivo a lograr. La inversión en investigación y desarrollo, es preponderante en esto momento.

Menciona que la generación de los aceites a través de micro algas resulta ampliamente benéfica por su alto grado de aprovechamiento de aceites y subproductos, así como el bajo grado de contaminación generada, además de no presentar un dilema ético como los cultivos energéticos, ni las complicaciones agroindustriales derivadas de éstos. Aunado a esto, la dependencia de insumos tales como semillas y la colecta de aceites vegetales usados establece una importante limitante en el abasto de la materia prima suficiente para satisfacer la demanda.

Se menciona que es imprescindible que el gobierno proporciones las condiciones necesarias para que el mercado de los biocombustibles prospere, pues en comparación con muchos otros países, México está en pañales en biocombustibles. Entre estas condiciones es importante fomentar las inversiones para este sector, debido a que históricamente el entorno energético ha sido completamente dirigido por el estado. A fin de potenciar la producción de las ya mencionadas inversiones, producción y consumo, será necesario el promover incentivos varios.

Investigador de proyectos de Biodiesel de la Universidad Autónoma de Yucatán

El menciona que considera que el biodiesel es un biocombustible viable para México, sin embargo sería necesario definir primero interrogantes pendientes, tales como la incertidumbre de abasto de materias primas (es decir, México no es un país que produzca de manera natural excedentes de aceites de ninguna procedencia), en cuanto a los rendimientos de aceite y en cuanto al características del mercado, es decir, a quién venderle, precios establecidos (mínimos y máximos), la figura que va a regular las mezclas y las características que estas deben cumplir. México debe llenar el marco legal a fin de presentar un mercado adecuado para la popularización de los biocombustibles, es decir, definir los actores, las metas que se pretenden obtener del uso de estos y la metodología de comercialización más adecuada. Posiblemente establecer incentivos fiscales a la producción pudiera representar una mejor opción que al consumo y sobre todo, que al subsidio.

Con respecto opciones de obtención de aceites, el de micro algas, menciona que no considera que sean una opción viable para la producción de biodiesel, hasta encontrar una tecnología que permita reducir costos y mejorar la destilación.

En la opinión del investigador, la tecnología de trans esterificación alcalina podría ser la metodología más prometedoras pues es ya ampliamente conocida y se tienen ya muy bien definidos sus alcances y limitaciones. Posiblemente con el uso de esta tecnología y si el gobierno estableciera la línea completa de producción y distribución, los biocombustibles podría ser viables para el consumo del sector transporte. Por último, una que considera tiene grandes oportunidades es la de establecer bio refinerías. Esto requiere sin embargo una gran inversión.

Él considera que el procurar seguridad energética en el país, necesariamente implica el considerar las mezclas dentro de la matriz energética. Posiblemente inicial con mezclas de baja proporción, por ejemplo, B2 y de ahí ir aumentando los porcentajes.

Con respecto a casos de otros países, considera que México tiene mucho que aprender de algunos casos de éxito, como en Estados Unidos donde el gobierno hace una promoción de concientización de ventajas de uso de biocombustibles, da subsidios y proporciona el etanol como un combustible opcional o como en Colombia donde el B2 es el que el gobierno distribuye a todo el país y le funciona muy bien, Brasil ha tenido un modelo donde ha incorporado muy bien a los agricultores para generar cultivos energéticos etc. En la mayor parte de estos países, el gobierno es quien ha sentado las bases y ha sido el principal actor y tienen ya bien establecido un marco de producción, con métricas y objetivos claros.

BioFuels

Esta empresa que lleva nueve años en el mercado y opera actualmente en Distrito Federal, Jalisco y Veracruz, optimizó sus procesos cuando en 2010, con poco tiempo de operación, obtuvo un incentivo económico por parte de la iniciativa privada (Proyecto Iniciativa México), el cual consistió en una inversión de 1 millón de pesos para desarrollar de manera formal el proceso de recolección y conversión del aceite vegetal usado en biodiesel. Se producen aproximadamente 30 toneladas de biodiesel mensualmente, el cual se comercializa al mayoreo. Sus cifras de venta han registrado aumentos mensuales de aproximadamente un 15% anual. Su precio de venta es de 14 pesos por litro, teniendo una ganancia de 50 centavos.

Todos sus clientes son de empresas privadas, de lo cual, la mitad de su producción es vendida al sector transporte y el resto a la industria química; no se generan excedentes, sin embargo, aun si estos existieran, la exportación, dados los altos costos que se generarían en su canal de distribución, harían poco viable su comercialización.

Con respecto a las ventas del sector transporte, ellos mencionan que se realiza un descuento en el precio por litro, por lo cual, no tienen intenciones de crecer sus ventas en este sector.

Para su metodología de ventas, son ellos mismos los que organizan su logística de entrega del producto en tambos de 200l o pipas de 20 a 40 t, es decir, generan su propio canal de distribución. Su producción se almacena en estos mismos contenedores

Para abastecerse de sus insumos, además de realizar compras a los productores, recolectan el aceite vegetal usado.

La empresa manifestó que además de los permisos estatales regulares para el funcionamiento de la empresa, requirió hacer trámites especiales ante la Secretaría de la Energía para poder producir biodiesel, sin embargo, posterior a esto, no existe ninguna regulación de calidad en la planta. Para la producción del biodiesel se apegan a la ASTM 6549, que es la norma internacional.

Algunos de los retos a los que la empresa se enfrenta es a las dificultades de producción a escala (abastecimiento) y el desconocimiento en el mercado sobre éste producto. Un importante factor para promover la producción del biodiesel sería el eliminar el IVA a la compra de residuos como el aceite vegetal usado

Uga Soluciones Ambientales

Esta empresa que lleva nueve años en el mercado como consultoría ambiental, y opera actualmente en Quintana Roo y Puebla. Desde 2009 inició el acopio de aceite y en 2011 empezaron a producir biodiesel. Inicialmente empezaron a trabajar en sociedad con BioFuels de México para poder cubrir las necesidades de ADO y posteriormente dedicaron el 100% de su producción a un cliente único (Ultramar).

Actualmente han dejado de producir biodiesel y se dedican únicamente a la recolección de aceite y su posterior filtrado y centrifugado para re venta, pues actualmente obtienen mayores ganancias de esto, que de la venta de biodiesel.

Su precio de venta para empresas en general era de 1 peso por encima del precio del diésel por litro; así mismo para Ultramar, el precio convenido era el precio de bomba del diésel al día. Con estos precios, sus costos eran apenas recuperables, es decir, no se obtenían un porcentaje de utilidad significativo.

En el caso de la empresa Ultramar, su cliente principal, el efectuar este contrato de compra venta requirió mucha labor de venta y el bajar los precios hasta el punto en el que Ultramar no tuviera que hacer gastos mayores de lo que haría por la adquisición del diésel regular.

Para su metodología de ventas, aproximadamente cada 7-15 días, ellos hacían entrega del biodiesel hasta las bodegas de Ultramar, ellos mismos los que organizan su logística de entrega del producto, es decir, generan su propio canal de distribución. Su producción semanal de aproximadamente 15 toneladas se almacena en estos mismos contenedores o cisternas. Actualmente, de manera mensual o bimensual se envía aceite recolectado en vehículos de transporte y carga.

Para abastecerse de sus insumos, además de realizar compras a los productores, recolectan el aceite vegetal usado, situación que ha complicado severamente su actividad, pues los márgenes de ganancia no son altos y existen empresas que pagan altos costos por la obtención del aceite usado, situación con la que no les es posible competir.

Del 100% de su producción, un porcentaje mínimo era para autoconsumo. Este se empleaba para alimentar una máquina trituradora que se emplea en la planta.

La empresa manifestó que además de los permisos estatales regulares para el funcionamiento de la empresa, requirió hacer trámites especiales ante la Secretaría de la Energía para poder producir biodiesel, sin embargo, posterior a esto, no existe ninguna regulación de calidad en la planta, sin embargo los gastos por permisos y certificaciones son altos. Para la producción del biodiesel se apegan a la ASTM 6549, que es la norma internacional.

Algunos de los retos a los que la empresa se enfrenta es a las dificultades de producción a escala (abastecimiento); sería importante el legislar con respecto a los usos del aceite usado. Los precios de hidrocarburos no proporcionan posibilidades de tener un alto margen de ganancia. Por otro lado, el abastecimiento de aceite para reciclar ha sido complicado.

Un importante factor para promover la producción del biodiesel sería el incentivar la compra del biodiesel.

Agroindustrias Lodemo

Ellos iniciaron operaciones en 2010, con 1500has de cultivo en Tizimín, Yucatán. Para 2012, cuando el rendimiento máximo alcanzado por cada 2000 plantas era de 40kg se decidió cambiar el enfoque a mejoramiento genético de la planta.

Agroindustrias pretende dedicar un periodo de 4 a 5 años para crear la planta de jatropha, idónea para la producción de biodiesel. De esta manera el negocio se ha convertido en la venta de los especímenes o de la tecnología para mejorar sus propias plantas.

La inversión total llevada a cabo en este programa es de 12 millones de pesos. Para esto, Agroindustrias ha recibido apoyo económico del gobierno federal. Con este proyecto tecnológico y de innovación se ha podido acceder a fondos de investigación y emprendimiento del CIATEJ.

Éste negocio ha resultado ser mucho más rentable, debido a que al día de hoy, se han abierto negociaciones para vender 5 millones de plantas en México.

Las pruebas de estas plantas se están llevando a cabo en Tizimín y en el parque científico de Sierra Papacla. Con las modificaciones genéticas se pretende obtener hasta 40kg del fruto por hectárea. El modelo de negocio es diferente; el costo no es por kilo, sino por la tecnología implícita en las mejoras genéticas. La empresa reduce los riesgos de obtener las ganancias dependientes de las actividades de la agricultura

Biogás

Triturados y Reciclados del Sureste (TRS)

Esta empresa es una empresa de capital mexicano, proveniente en su totalidad de la iniciativa privada, que se dedica 100% a ventas al mayoreo de los productos obtenidos de la planta de reciclaje de desperdicios, la cual procesa un aproximado del 40% de la basura generada en Mérida.

Actualmente la planta tiene el biodigestor y la materia prima, sin embargo hace falta instalar la geo membrana, lo cual se ha retrasado debido a un problema en las bombas. La capacidad potencial de generación de la planta de espera que sea de 6 Mw. Los costos totales de la generación de la planta, posterior a la instalación de la maquinaria, serán mínimos (personal e inspecciones esporádicas).

Se tiene ya pactado con Cinemex que el 100 de la producción de energía producida en la planta será adquirido por ellos. Con respecto a la producción se comenta que la producción de excedentes no es una preocupación para este acuerdo, ya que los requerimientos de energía derivados de las actividades de esta cadena de cines son altos y difícilmente serán rebasados por la producción de la planta. Para el logro de éste convenio fue necesario únicamente proponer un ahorro de 20 centavos por kw.

Con respecto a las plantas, ellos tienen el permiso inicial que requirieron establecer la planta, sin embargo posterior a esto, no se tienen que cumplir requisitos o inspecciones.

La empresa manifiesta que con éste modelo de negocio, no tienen competencia directa debido a que únicamente ellos tienen acceso a los desechos de la ciudad, sin embargo, para mejorar las perspectivas de éste producto en el mercado, los incentivos fiscales a la producción serían ampliamente útiles[103].

Keken

Esta empresa inicio el proyecto de aprovechamiento de la energía limpia, desde hace aproximadamente 5 años, posterior a su adhesión al Protocolo de Kioto y al programa de bono de carbono (mismo que al día de hoy, ya no está en funcionamiento), sin embargo, desde 2012 está operando al nivel actual

Su modelo de negocio es la venta de carne, por lo cual la generación de energía eléctrica para autoconsumo es sólo el aprovechamiento de un excedente. Las aguas residuales porcícolas son ideales para producir biogás. En Keken estas aguas son procesadas dentro de 18 moto generadores de 43 kw y 2 de mayor tamaño, 640kw, todos en granjas de Yucatán. Se tienen proyectados colocar otro a corto plazo. Adicional a esto, tienen el quemador en el cual el metano se convierte en dióxido. En éste proceso se miden las emisiones directas, no directas, los bonos de carbono, se tratan las aguas residuales y se contabilizan las emisiones de GEI.

El objetivo de generación anual de los biodigestores es de 12 mil Gw anuales y la reducción de 3 millones de m3 de biogás al año según t de GEI.

Keken menciona que por disposición gubernamental su generación se ve truncada, ya que no se puede sobrepasar la generación de 500 kw por reglamento del gobierno o entran en el régimen de grandes generadores, poco conveniente para cualquier empresa.

Por otro lado, algunas de sus plantas no están interconectadas debido a que las granjas están ubicadas en lugares muy remotos y si los tendidos de cable están a una distancia mayor de 40 Km, el costo de la instalación deberá correr a cargo de la empresa cliente.

Hoy día, se tiene un potencial de producción de 4 millones de kw, con una cifra de costos anuales, costo anual de 1.5 millones y una utilidad de aproximadamente 12 millones de pesos anuales, con un retorno de la inversión de 1.7 años.

El gobierno ha proporcionado créditos a los productores de granja para la adquisición del equipo. Keken ha gestionado y promocionado los créditos para la compra del equipo necesario para el tratamiento del agua y para el aprovechamiento del biodiesel.

CFE vende el kw en aproximadamente 1.3 pesos, mientras que el costo de producción para esta empresa es de sólo 50 centavos. No se venderá la energía generada, ya que la empresa tiene gran necesidad de energía por abastecer y no quieren entrar en las problemáticas del porteo.

Veolia (Setasa Yucatán)

La empresa tiene capital extranjero. Es una empresa con presencia en América Latina y filiales en Europa establecida en Yucatán desde 1997. Empiezan a producir biogás en 2008, posterior a la inscripción de la empresa en el protocolo de Kioto (no. 1371) y su certificación ante la UNESCO. Esta empresa ganó una licitación con el ayuntamiento de Mérida y procesan los desperdicios de toda la ciudadanía en el relleno sanitario de la ciudad.

Esto, más los bonos de carbono, promovieron un gran interés de la empresa en la generación de biogás, sin embargo, cuando éste segundo se canceló, el interés por la producción de biogás no tuvo mayor seguimiento debido a que la inversión realizada por la instalación de 16 pozos interconectados, maquinaria importada desde Europa, un posterior rediseño en los pozos debido a que el diseño inicial resultó ineficiente, y otros costos fijos derivados, no justificaban los intentos de generación eléctrica, debido a que el gas producido era mínimo y por lo tanto los costos se elevarían en vez de producir utilidades. Inicialmente se pensaba, que con las utilidades derivadas de la generación de energía eléctrica, podría invertirse en la adquisición de maquinaria que eficientará el proceso.

La empresa, sigue en operaciones, sin embargo, actualmente su aprovechamiento del biogás se encuentra detenido y sin fecha próxima de reanudación. El proyecto se considera una rotunda pérdida de inversión estimada en, al menos 2 millones de dólares, ya que de toda la maquinaria, únicamente se emplea el quemador para convertir el metano en dióxido, a fin de cumplir con la NOM-083 para los rellenos sanitarios.

Proactiva Medio Ambiente MMA (Querétaro)

La empresa, sigue en operaciones, sin embargo, actualmente su aprovechamiento del biogás se encuentra detenida, esto por mejoras en sus instalaciones. Debido al convenio en puerta, la empresa decidió no colaborar con mayor información.

La filial española de Veolia Water Technologies y El Pozo Alimentación han firmado un acuerdo para maximizar el aprovechamiento del biogás producido en los digestores anaerobios de la estación depuradora de aguas residuales industriales.

El acuerdo permitirá hacer un uso más eficiente de la producción de biogás.

El nuevo contrato, que conlleva una inversión de dos millones de euros, tiene por objetivo maximizar el aprovechamiento del biogás producido en los digestores anaerobios. Según la nota de prensa de Veolia, se estima que la instalación esté plenamente operativa a finales de 2015