

Economía

Impactos económicos y ecológicos de la producción de biocombustibles líquidos secundarios como sustitutos energéticos y su viabilidad en México

Gómez Fernández Edna Liliana

Asesor:

Mtro. Eduardo Vega López

Sinodales:

Lic. Roberto Benjamín Cabral Bowling

Dr. Rogelio Huerta Quintanilla

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Lic. Carmina Ramírez Contreras



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

El presente trabajo está dedicado a mis padres Rodolfo y Emma porque ellos han sido el eje fundamental de mi vida y su apoyo en todos los aspectos, ha sido responsable de que encuentre mi camino, además de sentido a mi vida.

A mis hermanas Tania y Ashanti quienes han sido mi apoyo incondicional y la fuerza que me impulsa a seguir adelante.

Dedicatoria especial a Héctor Palhares, Roberto Cabral y Eduardo Vega por ser mi recurrente ejemplo y siempre haber confiado en mí.

Agradecimientos

A mis **padres**, quienes siempre han confiado en mi vida profesional y lucharon porque yo cumpliera éste sueño, porque renunciaron a lo propio por lo ajeno, en este caso, mi desarrollo académico, gracias papás, por responder mis dudas, por acompañarme durante mis desvelos, porque si nunca me he dejado caer es porque ustedes nunca permitieron que me diera por vencida. Gracias a la vida por permitir que fueran mis padres y que me llene de orgullo al decir que mis padres son personas con calidad humana, que pueden triunfar con honestidad y que la lealtad es su estandarte. Mommy, si en verdad existiera otra vida, cómo desearía que volvieras a ser mi mami, gracias por encarnar lo que más puedo admirar de una mujer. Gracias además por tu importantísima colaboración en el presente trabajo, tus observaciones fueron de gran ayuda. Papi, me has preguntado si eres mi héroe, aunque sea un poquito, la respuesta es: eres mi héroe, siempre lo has sido y siempre lo serás. **Tania y Shany:** mis adoraciones quienes convirtieron su alegría en la energía que me impulsa, gracias por su apoyo, confianza, por su diaria compañía. Gracias familia por siempre haberme hecho plenamente feliz.

A mis abuelos **Ernesto y Jenny:** su amor, sus palabras, su compañía han escrito las páginas más felices de mi vida. Gracias apilita por ser una mujer tan fuerte y enseñarme a no doblegarme y salir adelante por mí. Gracias apilito por ser una excelente y distinguida persona, por darme tu ejemplo de vida, ser alegre y positivo, porque me has hecho confiar que aún existe gente bondadosa. **Rodolfo y Fela:** aunque fue breve el tiempo que compartimos, no me canso de repasar en mis recuerdos cada uno de los momentos que pasé con ellos, mis abuelos fueron ejemplo de fortaleza, de cariño y sobre todo de intensidad por vivir. Agradezco haberlos conocido, para que me acompañen en mi memoria día con día.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, mi máxima casa de estudios, que me brindó la oportunidad de convertirme en una profesionista, porque fue mi casa durante los últimos cinco años, permitiéndome aprender, crecer y madurar en mi amada Ciudad Universitaria. Mi *alma máter* que me contagia del orgullo de ser Universitario y portar sin vergüenza esa lágrima que derramo en silencio cuando grito con todo el corazón ¡Goya, Universidad! Porque si es un privilegio formar parte de la UNAM es un honor titularme en el centenario de su fundación, gracias porque me brindó herramientas para ayudar en mi entorno, gracias UNAM porque es cierto que tienes alma de azul y oro, gracias Universidad porque “Por mi raza, hablará el espíritu”.

Roberto Cabral: Sería imposible en unas líneas expresar el agradecimiento que te tengo, porque desde que nos conocimos te has comprometido con mi formación profesional, tú fuiste quien me involucró en temas ambientales y sin darte cuenta me presentaste con aquello a lo que quiero dedicar mi vida. Gracias por tu ejemplo como excelente profesor y como intachable profesionista de quien siempre he escuchado los mejores comentarios, he sido indudablemente afortunada que alguien como tú me apoye incondicionalmente y que hayas creído en mí, muchas veces más de lo que yo he creído en mí misma, gracias por ser mi guía, mi consejero y apoyo, gracias por todo lo que he aprendido de ti, por no dejarme sola y tener el don de dibujarme una sonrisa en el momento preciso.

Eduardo Vega: Mi querido director de tesis, a quien desde que conocí ha creído en mi proyecto profesional, quien siempre ha sabido apoyarme y nunca me ha negado una mano amiga cuando más lo he necesitado. Muchas gracias por sus consejos y observaciones en mi trabajo, por confiar en mí algo tan preciado como la docencia y por estar a mi lado en todo este trayecto de titulación. Ha sido un gusto conocerlo y una infinita dicha para mí, que formara parte de mi formación profesional y su gran trayectoria se convirtiera en mi ejemplo a seguir.

Héctor Palhares: Siempre estás presente en mis pensamientos como una persona a la que admiro por su pasión y amor a la vida, los cuales se reflejan en tus enseñanzas que son entrañables, que han sido fundamentales en mi formación profesional, permeándose en mi vida en general. Gracias Héctor por tu apoyo, confianza y amistad, gracias porque sin darte cuenta me has contagiado el amor a la docencia. Sin duda, un pilar en mi formación con quien comparto cada logro que alcanzo en mi vida. Todo mi cariño, todo mi respeto y toda mi admiración.

Carmina Ramírez: agradezco tus valiosas observaciones en el presente trabajo, además de tu apoyo en cualquier momento, contigo compartí toda clase de emociones durante este proceso de titulación, gracias por entender mis alegrías, mis preocupaciones y por ser una amiga que se preocupó por mí. Eres una mujer a quien le admiro su formación profesional, su experiencia profesional y que además siempre estás dispuesta a apoyar a quien necesite de ti, eres un gran ejemplo a seguir.

Rogelio Huerta: profesor, gracias por recorrer este camino a mi lado y porque a lo largo de la licenciatura siempre me apoyó, sus consejos, observaciones y reflexiones fueron muchas veces un reto que me inundaron de dudas, gracias porque me ayudó a conservar la capacidad de sorprenderme y porque me enseñó a volver a creer en mí y que puedo cuestionar aquello que se daba por una realidad. Gracias, porque tuvo la mejor disposición por orientarme con una sonrisa en el rostro.

Agradezco a mis sinodales, **Roberto Cabral, Leonardo Lomeli, Carmina Ramírez y Rogelio Huerta** por su entusiasmo y apoyo en calificar mi trabajo, por sus valiosas observaciones y por todo lo que he aprendido de todos ustedes, primero como profesores y ahora como quienes evalúan mi trabajo final. Igualmente extendiendo mi agradecimiento a **Josefina Valenzuela** por su interés y apoyo en mi titulación, a **José Luis Martínez** por siempre orientarme y a **Rebeca** por su apoyo, hermoso carácter y siempre buena disposición.

A mis queridos amigos **Fabiola Balboa, Horacio Ramírez y Salvador Pallares**, son más de 5 años que me acompañaron para alcanzar éste sueño, más de 5 años de pláticas, risas, lágrimas, pero sobre todo de una sincera amistad, mis queridos amigos, les agradezco que estuvieran conmigo en la conclusión de mis estudios de licenciatura sé que nos queda mucha vida por vivir y muchas experiencias más en ella que sin duda compartiremos. Siempre me sentiré afortunada y agradecida con la vida de tenerlos como mis amigos incondicionales. A mi entrañable amigo **Rogelio Elizalde** por tu amistad y apoyo, por siempre tener una plática amena y reflexiva por escuchar mis inquietudes profesionales y por darme atinados consejos. A mis cositos **Alejandra Ferrer, Alhelí Espinoza, Bárbara Ocampo, Beatriz Ortiz, Corina Rivas, Lizbeth Merelles, César Olivares, Juan Luis Villagrán y Alfonso Hernández** quienes llevan más de 8 años apoyándome y escuchando todos y cada uno de mis sueños, acompañándome en este camino llenándome de alegría, buenos momentos y una amistad que estoy segura permanecerá por muchos años más. Gracias a todos mis amigos porque los mejores recuerdos que tengo en la vida, han sido al lado de ellos.

Un agradecimiento especial a dos mujeres que admiro y además han recorrido conmigo la elaboración de este trabajo, **Valeria Barclay** que tu alegría, sencillez, ternura y amor a la vida me han contagiado miles de ocasiones, gracias porque hemos compartido muchas alegrías, gracias porque he aprendido más de ti, de lo que yo he podido enseñarte, gracias por ser tan linda y cariñosa, tienes un lugar muy especial en mi corazón. Alguien tan especial tiene el ejemplo de una mujer admirable, **Patricia Arendar**, a quien agradezco abrirme las puertas de su casa y de su trabajo, por compartir experiencias de vida que me inyectan de energía y me hacen creer que realmente un mundo mejor es posible, porque el ejemplo de su fortaleza es un recurrente en mi vida que me obliga a creer que nada es inalcanzable.

A mis alumnos que se han vuelto entrañables en mi vida y me acompañaron en el proceso de finalización de carrera: **Luz María, Nacho, Sylvia, Vero, Jorge, Diana, Celeste, Zuriel, Leia, Gibran** y a mis niños de **Teoría Económica y Microeconomía I** por permitirme aprender de ustedes y crecer a su lado. Mi cariño a todos y un agradecimiento especial a **Eduardo Laurent (Lalito)** ha sido el poco el tiempo que llevo de conocerte, sin embargo siempre ha sido de calidad, para mí ha sido un placer y un reto ser tu maestra, debo agradecerte que he aprendido mucho de ti, gracias por brindarme tu amistad y apoyo durante el tiempo que me has conocido.

Gracias a la **Facultad de Economía**, donde conocí entrañables y admirables personas a quienes agradezco mi formación como **Enrique Semo, José Rojas, Elvia Castañeda, Rogelio Huerta, Karina Caballero, Horacio Catalán, Manuel Coello** y en especial a **Azucena y Enrique Ruiz** con quienes he compartido mi vida y me han apoyado, han sabido dar el preciso consejo que me ha dado el impulso para seguir adelante. Especial agradecimiento a la **Asociación de Ex alumnos** quienes me otorgaron beca durante mi carrera para fortalecer mis estudios, me siento orgullosa de que yo podré hacer lo mismo que ustedes hicieron por mí, por jóvenes economistas que pondrán el mismo empeño que yo puse en mis estudios.

Agradezco a las personas que he conocido en la **Secretaría de Relaciones Exteriores, Lisa Antillón** por permitirme formar parte de la COP -16 y de involucrarme en su trabajo. A **Mónica Rico**, mejor compañera de trabajo no puede existir, mi colega y amiga con quien he logrado un excelente equipo y he podido aprender mucho de ti, por nuestras pláticas y por hacer tan amena una estancia laboral, estoy segura que tendremos un futuro profesional juntas. Agradezco a la SRE porque he podido convivir y compartir experiencia laboral con personas destacadas y respetables a quien debo mencionar por volverse trascendentes en mi vida, una mujer tenaz, trabajadora, por demás admirable como **Socorro Flores**. Gracias también a la SRE porque me ha permitido conocer personas especialistas en temas ambientales con quienes he podido compartir puntos que he desarrollado en el presente trabajo.

Agradezco al **Centro Universitario México (CUM)** mi educación nivel bachillerato, porque he obtenido los mejores conocimientos de ella, pero además de brindarme armas para mi vida profesional, me brindó armas para la vida como el trabajo en equipo, el apoyo a la gente y me enseñaron a ser, humano. Gracias porque además tengo los mejores recuerdos en sus aulas y conocí a mis mejores amigos en sus corredores, por enseñarme a vivir como buen cristiano y valeroso ciudadano. Gracias porque en el CUM conocí a profesores, amigos y apoyos como **César Cano**, porque obtuve enseñanzas de **José Zahoul, José Wiechers, María Luisa Martínez, Villicaña, Laura Martha, Miguel Ángel Mattus, Carlos Covarrubias, Julieta Rosseblum, Cabrera** y todos aquellos de quien aprendí tanto y que les quiero dedicar y compartir éste triunfo. Gracias al CUM porque una de las mejores experiencias de mi vida, ha sido pertenecer a esta respetable y entrañable institución, porque es un orgullo llevar en mi trayecto el recuerdo de haber estudiado en mi amado CUM.

“La luna cambia de figura, crece y decrece [en] un ciclo cósmico en el cual el hombre cree reconocer su propio destino”.

Manfred Lurker, *El mensaje de los símbolos*

ÍNDICE

	Página
Resumen	I
Introducción	II
1. Situación actual de los combustibles empleados en el transporte en México	1
1.1. Reservas de petróleo en México	1
1.2. Consumo de energía en el sector transporte	4
1.3. Situación actual de los combustibles en México	6
1.4. Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los combustibles utilizados en el sector transporte	13
2. Prospectivas del sector transporte en México	17
2.1. Prospectiva de la demanda de transporte	17
2.2. Demanda de insumos petrolíferos para el transporte	22
2.2.1. Demanda de combustibles para el transporte en el mundo	22
2.2.2. Demanda de combustibles para el transporte en México	27
2.2.2.1. Proyección de oferta y demanda de combustibles para el transporte en México	33
2.2.2.2. Proyección de emisiones de GEI	35
3. Biocombustibles en México: insumos, producción, costos y precios relativos	38
3.1. Producción y tecnología	38
3.2. Precios relativos de los biocombustibles en México	41
3.2.1. Etanol	42
3.2.2. Biodiesel	54

	Página
4. Marco institucional mexicano y experiencia internacional en la producción de biocombustibles.	59
4.1. Marco institucional y jurídico que apoya la producción de etanol y biodiesel	59
4.1.1.Ley para el aprovechamiento de las fuentes renovables de Energía	60
4.1.2.Estrategia nacional de cambio climático	60
4.1.3.Programa sectorial de energía 2007-2012	61
4.1.4.Prospectivas de petrolíferos	62
4.1.5.Ley de promoción y desarrollo de bioenergéticos	63
4.1.6.Estrategia intersecretarial de bioenergéticos	64
4.1.7.Programa especial de cambio climático	66
4.1.8.Estrategia nacional de energía 2010.	67
4.2. Experiencia internacional institucional en la producción de Biocombustibles	69
4.2.1.Brasil	74
4.2.2.Estados Unidos	76
4.2.3.Unión Europea	78
4.3. Orientación de la política mexicana hacia la producción de biocombustibles para la disminución de emisiones de GEI	83
5. Conclusiones	88
6. Referencias	93

Impactos económicos y ecológicos de la producción de biocombustibles líquidos secundarios como sustitutos energéticos y su viabilidad en México

Edna Liliana Gómez Fernández

Resumen

El objetivo de éste trabajo es analizar los requerimientos económicos necesarios para la producción de biocombustibles líquidos de segunda generación en México, a la par del análisis de las implicaciones ecológicas que acarrea su producción mediante el estudio de los recursos naturales que se utilizan en su producción. Los argumentos principales que subyacen en su producción son por un lado la escasez de combustibles fósiles y por lo tanto la necesidad de hallar combustibles renovables que garanticen el abastecimiento de energéticos para el transporte, pues de acuerdo con Petróleos Mexicanos, para 2010, México cuenta con una reserva de petróleo probada de 9.9 años antes de su agotamiento. Por otro lado, nos enfrentamos ante la necesidad del diseño de estrategias que disminuyan la cantidad de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), si bien los biocombustibles no representan una solución total al problema de las emisiones, puede ser una alternativa en el Sector Transporte para lograr disminución en la cantidad de GEI que emite, dicho Sector es importante dentro de las emisiones globales porque tiene una participación del 20% del total. Por ello, las estrategias que puedan significar una reducción en las emisiones del Sector Transporte, tendrán un impacto significativo en la reducción de las totales en México.

En el presente trabajo se analizaron los escenarios a los que se enfrentará el Sector Transporte, por un lado en la oferta y sobre todo en la demanda para poder determinar el grado de introducción que pueden tener los biocombustibles en los insumos energéticos para el transporte: el etanol en la gasolina y el biodiesel en el diesel. Para ello se estudiaron algunos insumos para cada uno de los casos, para el etanol se analizaron la caña de azúcar, remolacha, yuca, maíz y sorgo, encontrando benéfica la producción de etanol a base de maíz y caña de azúcar, suponiendo un precio por litro de 0.45 y 0.55 dólares de gasolina. En el caso del biodiesel, es la palma africana de donde se obtiene mayor beneficio económico: 2.12 pesos por peso invertido. Sin embargo en ambos casos, se hizo una paridad con el precio del combustible fósil para comparar el rendimiento del biocombustible, con el precio del energético de transporte, por lo que fue necesario revisar los subsidios que se otorgan a los biocombustibles ya sea en la producción, en el consumo o en la distribución para que puedan tener lugar dentro del mercado. Dada la participación y experiencia en ese sentido se analizaron los casos de Brasil, Estados Unidos y Unión Europea, hallando en todos los casos una legislación que sustenta su producción y que les otorga subsidios. Igualmente al observar las demandas de biocombustibles en los países señalados sin subsidio, su demanda se vuelve negativa en todos los casos, salvo en Brasil el etanol, donde disminuye sin desaparecer.

El Gobierno Mexicano contempla a los biocombustibles recurrentemente en sus estrategias, como una medida de mitigación de cambio climático al disminuir las emisiones, también es soportada su importancia porque puede contribuir a la oferta de combustible que actualmente México no es capaz de satisfacer, el problema es que se carece de algún esquema de subsidios o apoyos, por lo que

difícilmente se pueden considerar como sustitutos a los energéticos fósiles. Puede obtenerse experiencia en materia logrando una introducción del 5% en una mezcla con gasolina y con diesel.

INTRODUCCIÓN

Existen altas expectativas acerca de los biocombustibles como estrategia de reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), por ello gobiernos de países alrededor del mundo se han dado a la tarea de implementar su producción como mitigación al cambio climático (CEPAL: 2008, IPCC: 2007). Por otro lado, vislumbrando la escasez de combustibles fósiles, se han depositado expectativas en ellos como respuesta a la necesidad de producir combustibles renovables (CEPAL: 2005). Sin embargo existe un debate sobre el tema de su producción desde cualquier problemática que se quiera abordar, existen muchas aristas en cuanto a la percepción de los beneficios reales que pueden otorgar los biocombustibles o si sus requerimientos en inversión nulificarían su aprovechamiento.

Estudios recientes han abierto severas interrogantes acerca de las repercusiones ambientales de la producción de los biocombustibles con recursos agrícolas, que además del aumento de la demanda por insumos como agua o semillas, es necesario demandar mayor espacio de tierra fértil, lo cual puede ejercer una fuerte presión sobre masa forestal o zonas selváticas, provocando un cambio de uso de suelo de las

tierras y dicho cambio libera GEI aumentando las emisiones globales, además, por la característica de los bosques o selvas sirven como sumideros de Carbono, entonces al llevar a cabo el cambio de uso de suelo privan de un sumidero de GEI. Por ello requiere evaluarse si en verdad los biocombustibles son una respuesta a la necesidad de disminuir la cantidad de emisiones (Horta: 2005 y FAO: 2008).

La experiencia internacional sugiere, que en la producción de combustibles de origen agrícola se requiere planeación institucional y una intervención gubernamental significativa, por medio de incentivos que minimicen la conformación de su precio final.

Las dos problemáticas descritas en los párrafos anteriores; la incapacidad de cubrir la demanda de combustible en México y la necesidad de reducción de emisiones de GEI se han desarrollado en el presente trabajo, bajo la siguiente hipótesis: La extensión de la era del petróleo en el marco de profundos cambios tecnológicos y organizativos mundiales como la necesidad de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, ha trastocado el mercado energético. Los biocombustibles son un resultado de esos desajustes y reajustes. Sin embargo, su aprovechamiento como alternativa a los combustibles fósiles plantea enormes exigencias ambientales, regulatorias y económicas que nulificarán su aprovechamiento.

El aprovechamiento nulo se refiere a que en el aspecto económico demandan mayores inversiones y estímulos económicos que los que se pueden obtener de su comercialización y desde el punto de vista ambiental los GEI que se dejan de emitir

en la combustión del etanol o del biodiesel, requieren en su producción una mayor cantidad de emisiones, incluyendo el cambio de uso de suelo o uso de insumos con mayor impacto ambiental.

En el aspecto económico, es importante señalar, que el diseño e implementación de políticas tienen alto costo, igualmente que las subvenciones otorgadas a la producción, distribución o comercialización; y desde el punto de vista ambiental, también debe tenerse en cuenta que el éxito de reducción de emisiones recae en el tipo de materia prima, la ubicación del cultivo y la tecnología, haciendo notar que para obtener éxito debe evitarse la deforestación, porque sus emisiones son altamente significativas dentro de las emisiones globales. (SENER: 2006).

El análisis de los requerimientos económicos y ecológicos para la producción de biocombustibles, es el objetivo principal del presente trabajo, lo que requirió el análisis de la situación actual de la gasolina y el diesel, así como de la proyección de sus ofertas y demandas, para poder tener un escenario en el cual se podrían introducir los biocombustibles. Una vez establecida la oportunidad de su mezcla en los combustibles, se analizaron los costos de producción de insumos para el etanol y para el biodiesel y de acuerdo a sus costos, se compararon con la gasolina y el diesel, finalmente se estudiaron los resultados de la gestión pública ambiental en México para su producción y se comparó con casos exitosos internacionales para determinar los requerimientos económicos necesarios para que sean costo-benéficos, así como el impacto ambiental.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS COMBUSTIBLES EMPLEADOS EN EL TRANSPORTE EN MÉXICO

1.1 Reservas de petróleo en México.

De acuerdo con Petróleos Mexicanos¹ en el año 2009, las reservas probadas de petróleo crudo eran 14 mil 308 millones de barriles, mientras que las probables 14 mil 517 millones de barriles y en las posibles se calculan 14 mil 738 millones de barriles. De las reservas probadas, el 71% ya tienen instalada infraestructura y el resto aún no están desarrolladas, lo cual indica la necesidad también de desarrollar infraestructura donde se localizan dichas reservas probadas sin desarrollo.

Cuadro 1: Reservas totales de petróleo en México.

Reservas totales de petróleo en México	
<i>(millones de barriles equivalentes de crudo)</i>	
2009	
Total	43,562.60
Probadas	14,307.70
Probables	14,516.90
Posibles	14,737.90

Fuente: Elaboración propia con datos de Sistema de Información energética con Información de PEMEX.

¹ Véase PEMEX (2009) “Reservas de Hidrocarburos al 1 de enero de 2009”.

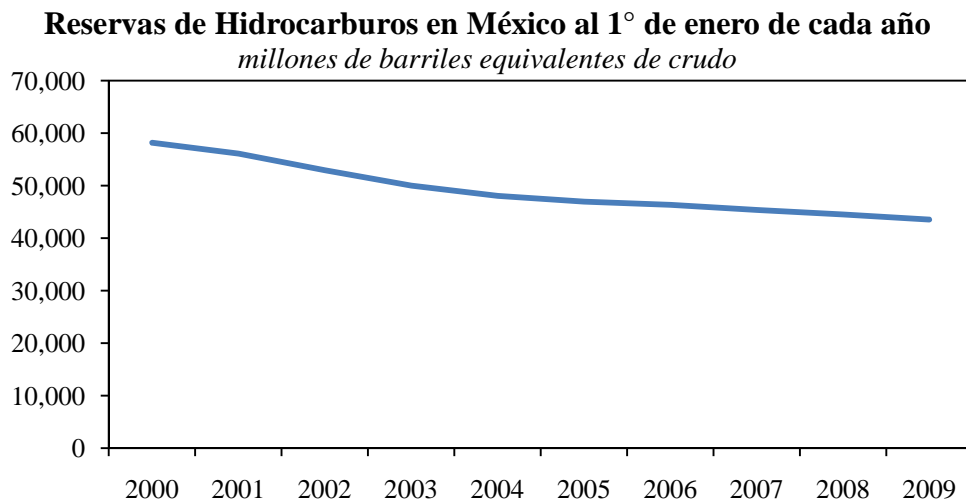
En el Cuadro 1 se muestra que el total de reservas de petróleo en México ascienden a 43 mil 562 millones de barriles equivalentes de petróleo, se encuentran además desglosadas por tipo de reserva, sin embargo, se requiere un análisis más a detalle acerca de dichas reservas, pues no todas cuentan con infraestructura, no son de igual calidad y los costos de extracción o de acceso a ellas pueden variar significativamente. Las reservas probadas, son aquellas cuyo costo de extracción es comercialmente recuperable (PEMEX, 2009).

En términos de reserva – producción² Petróleos Mexicanos asegura que se cuenta con 9.9 años de reservas probadas, mientras que las reservas probables otorgarían 10 años más de reservas, dando un total de 19.9 años de producción petrolera. Por otro lado, las reservas posibles añaden 10.1 años más, lo que da un total de 30 años de reservas de petróleo. La cuestión es que de 2000 a 2008, la exploración petrolera ha significado en términos monetarios 22 mil millones de pesos (PEMEX, 2009) y de acuerdo a las definiciones otorgadas por PEMEX, las reservas probables son yacimientos que son más factibles de ser comercialmente recuperables, con una probabilidad de al menos 50% de que las cantidades a recuperar sean iguales o mayores que las reservas probadas más las probables. Sin embargo las reservas posibles ofrecen inseguridad en su recuperación comercial, con tan sólo el 10% de

² Reserva – producción es el resultado del cociente de dividir la reserva remanente del año en curso entre la producción del año anterior.

probabilidad de que las cantidades recuperadas sean iguales o mayores (PEMEX, 2009).

Gráfico 1



Fuente: Elaboración Propia con datos de Prontuario Estadístico del Sector Energético, SENER, Enero 2010

El Gráfico 1 señala que efectivamente México se encuentra ante una escasez de petróleo, siendo la energía un insumo fundamental en el crecimiento de toda economía (Galindo, 2009) puede poner en riesgo el crecimiento económico y la propia actividad económica, las reservas se agotan año con año, presentando en el periodo de 2004 a 2009 un aumento en el ritmo de agotamiento de dichas reservas.

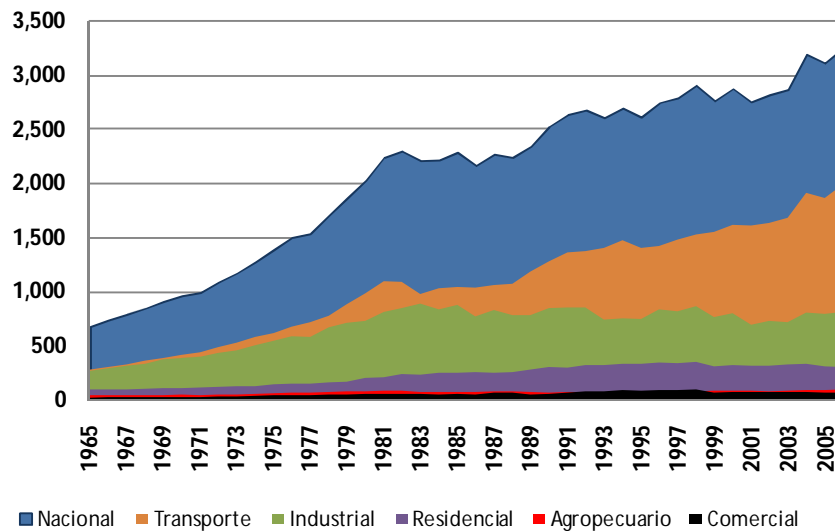
1.2 Consumo de energía del Sector Transporte

El consumo de energía en México ha crecido a partir de los años 1960, a una tasa anual de 8.2%, sin embargo el consumo de energía en el sector transporte ha aumentado en mayor ritmo, alcanzando una tasa de 9.5% anual representando el 24% de consumo de energía nacional (Galindo, 2009). La composición de la demanda de combustibles en México muestra mayor participación del transporte como se muestra a continuación.

Gráfico 2

Demanda nacional de combustibles por sectores

Petajoules



Fuente: Sistema de información energética, tomado de Galindo, 2009.

El consumo nacional de energía ha ido en aumento, pero a partir del año 1990 comienza a tener una mayor significancia el consumo por el sector de transportes en

el consumo nacional, siendo hasta los últimos años el sector que más demanda energía en México.

La composición de la demanda de combustible por parte del sector transporte a su vez puede ser analizada por el tipo de combustible empleado, siendo la gasolina quien tiene una mayor participación siendo el 67% de la demanda total en el sector transporte y seguida por el diesel con un 27% (Galindo, 2009). Ello significa que en el consumo de combustibles hidrocarburos tienen una mayor participación por parte del sector transporte.

Al ser el sector transporte el mayor demandante de energía proveniente de los hidrocarburos, se puede vislumbrar que ante el panorama de escasez de petróleo en México, el sector transporte se encuentra vulnerable en la oferta de dichos combustibles, existen opciones que deben ser analizadas en este marco, no se debe dejar a un lado la importancia que tiene el mismo sector en las emisiones totales de gases de efecto invernadero, lo cual será analizado posteriormente.

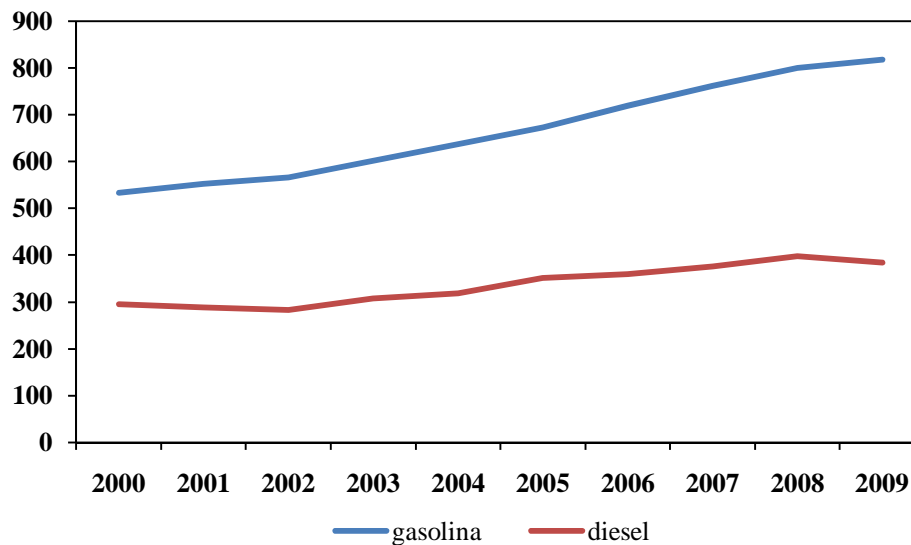
La gran participación de la gasolina y el diesel en la demanda de combustibles por parte del sector transporte requieren un estudio detallado, por ello, el siguiente apartado será dedicado al análisis de la situación actual de la gasolina y el diesel en México.

1.3 Situación actual de los combustibles³ en México

Aunada a la escasez vislumbrada de petróleo (por ende de sus derivados) México se enfrenta a una creciente demanda de combustibles para transporte, el comportamiento de la demanda de gasolina y diesel en México se muestra a continuación.

Gráfico 3

Demanda Nacional de Gasolina y Diesel en México
miles de barriles diarios



Fuente: Elaboración Propia con datos de Prontuario Estadístico del Sector Energético, SENER, Enero 2010.

En el Gráfico 3 se muestra que la demanda de ambos energéticos ha sido creciente en general, sin embargo en el caso del diesel no ha sido a ritmo tan acelerado como el de la gasolina; de hecho, de 2008 a 2009 presentó un ligero descenso en la

³ A partir de este momento al mencionar “combustibles” me refiero a aquellos utilizados para transporte terrestre, es decir, gasolina y diesel.

demanda. Mientras tanto, en el caso de la demanda de gasolina, ha presentado un aumento generalizado, teniendo un despegue mayor a partir de 2002. México se encuentra ante un escenario en el cual existe creciente demanda de gasolina y escasez de petróleo donde se augura que no se podría satisfacer ésta demanda con las reservas y formas productivas actuales.

A continuación se muestran dos Gráficos con las ofertas y demandas de gasolina y de diesel en México, ello con motivo de evidenciar en qué grado México logra satisfacer la demanda que presenta de ambos energéticos.

Gráfico 4

Comparación entre la oferta y demanda de gasolina en México
miles de barriles diarios

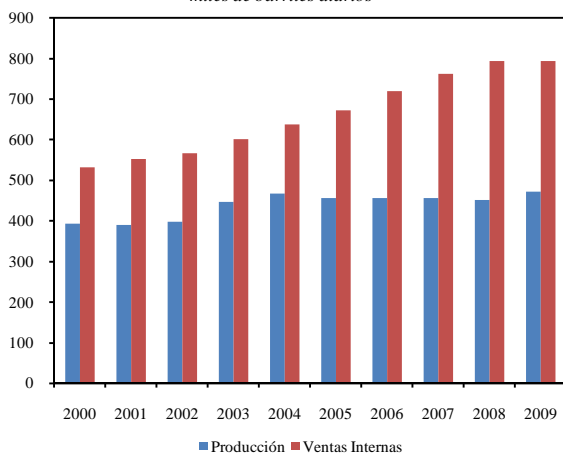
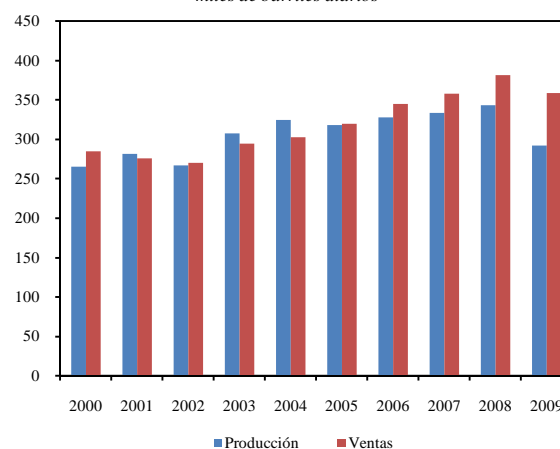


Gráfico 5

Comparación entre la oferta y demanda de diesel en México
miles de barriles diarios



Fuente: Elaboración Propia con datos de Prontuario Estadístico del Sector Energético, SENER, Enero 2010

Haciendo una comparación entre ambos gráficos, la demanda de diesel es mucho menor a la de gasolina, el Gráfico 5 muestra que la producción de diesel ha sido en general constante con ligeras variaciones, el año donde más bajo la producción fue

en el periodo de 2008 a 2009, por otro lado la demanda ha tenido un ligero crecimiento, salvo el mismo periodo de 2008 a 2009 donde presentó una ligera reducción la demanda. Por otro lado, el Gráfico 4 muestra en barras azules que la producción de gasolina ha sido ligeramente creciente entre 2003 y 2004, mientras que los años subsecuentes ha tenido un ligero descenso pero casi manteniéndose constante, lo contrario sucede con la demanda de gasolina, la cual mantiene un aumento constante y crea una disparidad entre oferta y demanda de dicho combustible. Se podría intuir que la disparidad que se genera entre oferta y demanda de gasolina y diesel es cubierto con importaciones, así que es necesario analizar cómo se comporta la balanza comercial de ambos en términos físicos⁴. En el Gráfico 4 se muestra la balanza comercial de gasolina que no ha tenido un comportamiento estable a lo largo del periodo estudiado, en los años 2000, 2002 y 2004 las exportaciones excedieron por poca cantidad a las importaciones, sin embargo en el 2001, las importaciones diarias de petróleo fueron casi el doble que las exportaciones. El año 2003 fue el único año superavitario del periodo estudiado y no existió una gran diferencia entre la cantidad física importada y la exportada, sin embargo en 2004 la balanza vuelve a tornarse deficitaria, pero a partir de 2005 es mucho más significativo el déficit y hasta 2009 se mantiene una tendencia creciente en el déficit de la balanza comercial, ello por un lado como respuesta a la necesidad de atender el crecimiento de la demanda de gasolina y por otro lado por la

⁴ Miles de barriles diarios.

disminución en la producción. También en el Gráfico 6 se aprecia que desde 2006 a 2009 han caído las exportaciones de gasolina.

Gráfico 6

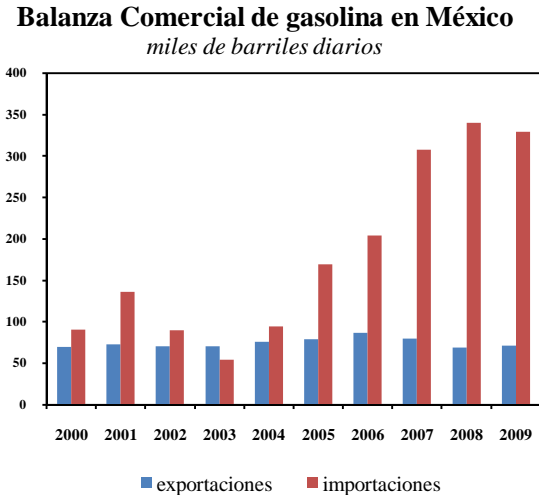
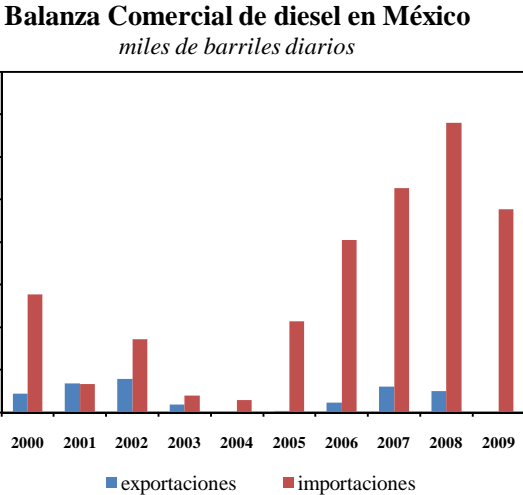


Gráfico 7



Fuente: Elaboración Propia con datos de Prontuario Estadístico del Sector Energético, SENER, Enero 2010

Por otro lado, el Gráfico 7 muestra la balanza comercial del diesel y su comportamiento es totalmente diferente al de la gasolina, en primer lugar, las exportaciones han sido muy variables, entre 2000 y 2002 tuvieron un comportamiento constante con un ligero aumento cada año, sin embargo en el año 2003 disminuyeron a un tercio de las exportaciones totales de 2002, en 2004 y 2005 es prácticamente inexistente la exportación, mientras que en los años de 2006 a 2008 tuvieron un ligero despegue, para que en 2009 volviera a la situación que en 2004 y 2005. En el caso de las importaciones, igualmente tienen un comportamiento

discontinuo, de 2000 a 2001 disminuyeron significativamente, situando a 2001 como el único año donde la balanza comercial presentó igual número de exportaciones frente a las importaciones. Posteriormente en 2002 aumentaron significativamente las importaciones teniendo una disminución considerable en los años de 2003 y 2004, donde la actividad comercial del diesel en general fue muy baja de acuerdo al Gráfico 7. A partir del año 2005 hasta 2008, las importaciones de diesel fueron en constante incremento, y mayores que cualquier otro año anterior del periodo estudiado; en cambio, en 2009 tuvo una caída la importación de diesel.

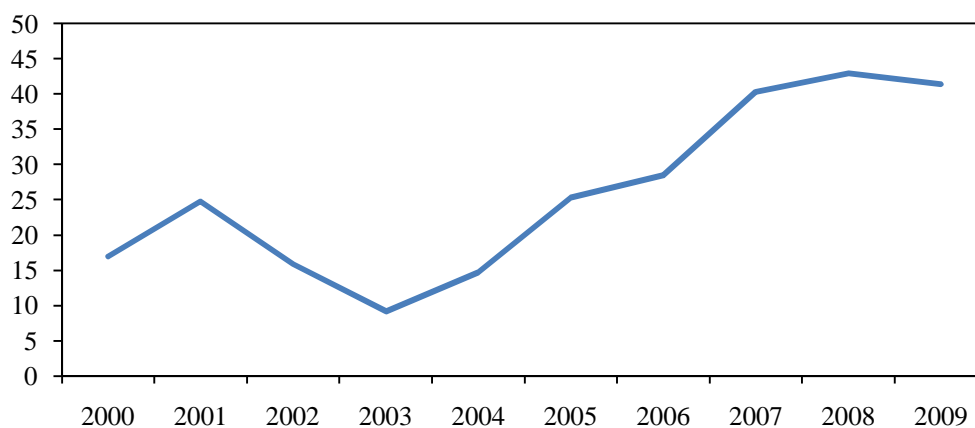
En el caso del diesel, en el Gráfico 5 se mostró que no existe una gran disparidad entre la oferta y demanda de dicho combustible; sin embargo el Gráfico 7 nos muestra que existe una gran actividad comercial con el diesel, algunos años teniendo altas exportaciones y en otros bajando significativamente, dependiendo del precio internacional (PEMEX: 2006), ello origina que hay años donde existe mayor actividad económica, pues si no se tomara en cuenta la variable de los precios, se podría concluir que México es capaz de satisfacer prácticamente su demanda, teniendo en cuenta los precios internacionales. Dicho comportamiento no será objeto de estudio en el presente trabajo, sin embargo debe tenerse en cuenta su existencia.

Ahora bien, haciendo la comparativa de los Gráficos 4 y 6, donde se analiza la gasolina, es totalmente diferente el caso al presentado del diesel, el Gráfico 4 presentó una constante disparidad entre oferta y demanda mientras que el Gráfico 6 evidenciaba una balanza comercial de gasolina año con año más deficitaria. La

tendencia entonces que se encuentra es que año con año aumenta la demanda de gasolina y la producción se encuentra disminuyendo y al compararlo con la balanza comercial que muestra que las importaciones cada año aumentan y las exportaciones disminuyen, por esta razón México hace frente a la demanda de gasolina por medio de la importación. Esto origina la necesidad de analizar la composición de la gasolina en términos de cuál es la participación porcentual de la gasolina importada en el total de la gasolina suministrada en México.

Gráfico 8

Composición de la oferta de gasolina
importación / ventas internas en %



Fuente: Elaboración Propia con datos de Prontuario Estadístico del Sector Energético, SENER, Enero 2010

El gráfico anterior muestra la composición de la oferta de la gasolina, es decir, cuánto significa la importación de gasolina en el total de las ventas realizadas en México, en el año 2000 se parte de una participación de aproximadamente el 16% de importaciones en las ventas totales, aumentando hasta 25% en 2001, sin embargo de 2002 a 2003, las importaciones bajaron su participación en las ventas totales hasta

alcanzar tan sólo un 10%, a partir de entonces, la gasolina importada ha tenido una creciente participación en la oferta total, llegando a significar el 43% de las ventas totales en 2008 y el 41% en 2009, una reducción poco significativa, pero ello evidencia que México es año con año más dependiente de la importación de gasolina, alejándose de satisfacer la demanda interna. Recordando el comportamiento de las importaciones presentado en el Gráfico 6 y comparándolo con la composición de la oferta de gasolina, se muestra que la tendencia por año es similar entre el 6 y el 8, ello permite asegurar que la gasolina sigue una tendencia por un lado de menor producción y mayor demanda y por otro de menores exportaciones con aumento significativo en las importaciones. Ante el escenario presentado, con una significativa participación de las importaciones en la composición de la oferta total de gasolina en México, es necesario analizar las expectativas de demanda de cada combustible y las expectativas en cuanto a aumento de dicha demanda⁵.

⁵ Posteriormente se desarrollará el tema en el presente trabajo.

1.4 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero provenientes de los combustibles utilizados en el Sector Transporte

De acuerdo con el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC: 2007) la alteración que han tenido los gases de la atmósfera han dado como resultado que se atrape mayor cantidad de radiación de onda saliente, lo que genera el cambio climático, uno de los principales contribuyentes es el CO₂, como resultado de las actividades que requieren el consumo de combustibles fósiles.

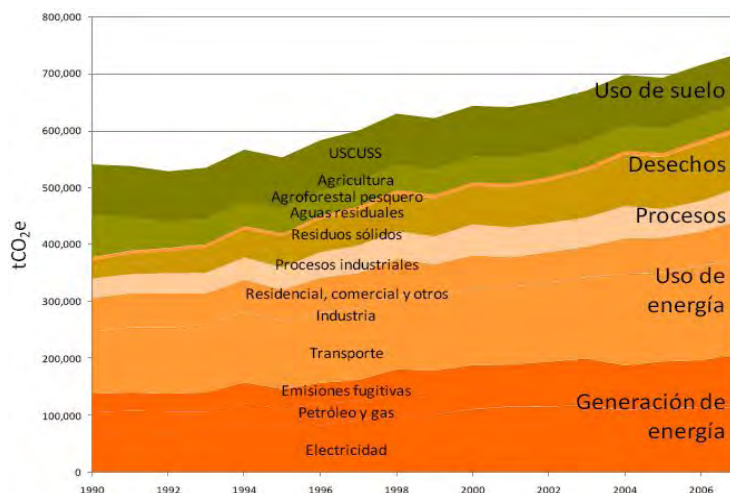
Existe una relación importante entre las emisiones de GEI y el sector energético en general pues gran cantidad de los GEI, sobre todo el CO₂ provienen de la quema de combustibles fósiles, por ello existen relaciones de largo plazo entre la demanda de energía y por sectores, con el producto nacional y sectorial, así como los precios relativos de energía y por sectores, con el producto nacional y sectorial, así como los precios relativos de la energía y de los combustibles.

El desarrollo del transporte en México ha respondido al crecimiento económico pero por otro lado, ha acarreado externalidades negativas, dado que los insumos principales de los transportes provienen de hidrocarburos, *ergo* son importantes emisores de gases de efecto invernadero. En México, el consumo de combustibles ha presentado desde 1990 una clara tendencia al alza (INE, 2001) con ello el aumento

de emisiones de gases de efecto invernadero como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, sin olvidar que existen aquellos que reaccionan con la atmósfera y forman otros como el ozono, que proviene de metano. Existen claros esfuerzos⁶ para intentar controlar las emisiones, sin embargo el sector de transportes es muy dinámico por lo cual es necesario mantener un conteo acerca de las emisiones totales. En el siguiente gráfico se muestra la composición de las emisiones totales en México.

Gráfico 9

Emisiones nacionales de GEI por categoría de fuente



Fuente: Tomado de PECC, 2009 con datos de INEGEI e INE.

El Gráfico 9 muestra que las emisiones nacionales provienen en su mayoría de la generación de energía, con la electricidad, petróleo y gas así como sus emisiones

⁶ Algunos ejemplos son la verificación vehicular o el programa “hoy no circula”.

fugitivas, pero es mayor la cantidad de emisiones provenientes del uso de energía, dentro de la cual, es el transporte, quien tiene mayor participación en las emisiones de gases de efecto invernadero totales, además ha presentado una tasa de crecimiento de emisiones de 1990 a 2006 de 4.6%, significando en el año 2006 el 20% de las emisiones totales en México (PECC, 2009). Al tener gran responsabilidad en las emisiones totales de gases de efecto invernadero, el sector transporte es clave para cumplir los compromisos de reducción, de acuerdo con el Programa Especial de Cambio Climático del Gobierno Federal de México, para el año 2012 se habrán tenido que mitigar el 4% de emisiones respecto a 2006.

Si bien no todas las emisiones provienen del transporte terrestre, son éstas las más significativas, ya que en 2006 las emisiones del sector transporte se comportaron de la siguiente manera:

Cuadro 2: Emisiones de GEI por modalidad de transporte

Transporte	MtCO ₂ e
Autotransporte	135
Ferroviario	1.8
Aéreo	5.4
Marítimo	2.4
Eléctrico	No significativo

Fuente: Elaboración propia con datos de Programa Especial de Cambio Climático, 2009.

El Cuadro 2 muestra que la mayor contribución de las emisiones de GEI proviene justamente de los autotransportes, los cuales son demandantes de gasolina o diesel. La estructura de crecimiento de las ciudades ha desencadenado un aumento en la

demanda de autotransporte y por ello también la demanda de sus combustibles. De lo anterior se puede entrever que son justamente los hidrocarburos consumidos por el sector transporte los que en la actualidad son los responsables de las mayores emisiones de gases de efecto invernadero a nivel nacional. Por ello es que las Estrategias nacionales que busquen la reducción de gases de efecto invernadero, deben contemplar como prioridad el estudio de las posibilidades de mitigación de GEI en el sector transporte, ya sea por medio de cambio en la eficiencia del transporte, cambio en el tipo de demanda de transporte en las ciudades, enfocando al público o bien, la inclusión de combustibles que tengan menores emisiones de GEI en los autotransportes, como etanol o biodiesel. Dichas medidas diseñadas para la reducción de las emisiones totales de México.

PROSPECTIVAS DEL SECTOR TRANSPORTE EN MÉXICO

2.1 Prospectiva de la demanda de transporte

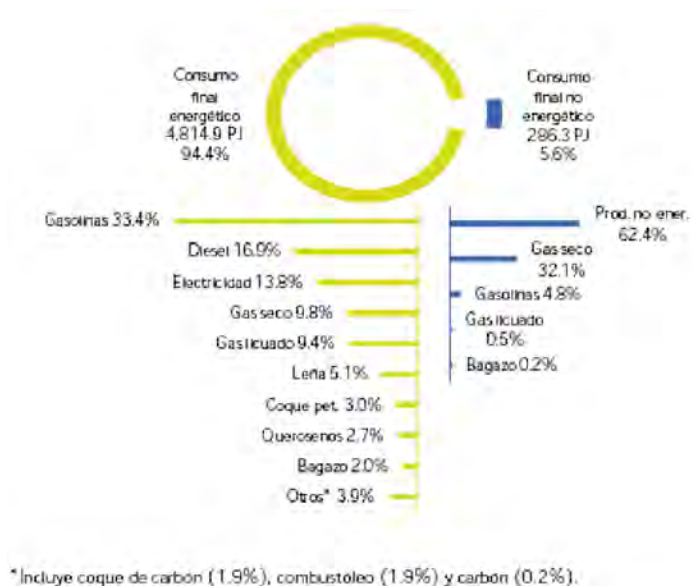
A nivel mundial, el sector transporte representa el mayor consumidor de petróleo, aumentando dicha tendencia conforme transcurren los años, haciendo una breve comparativa, en 1971 el transporte representaba el 33% de la demanda de petróleo, mientras que en 2030 se espera que demande el 52% de la producción de petróleo mundial (SENER, 2009).

Así como el transporte tiene implicaciones significativas en el desarrollo de la economía, también está asociado a dicho sector una serie de externalidades negativas entre las cuales destaca el ser el mayor emisor de gases de efecto invernadero. Esto porque sus principales insumos son petrolíferos considerados como importantes emisores de dichos gases, con una participación de 64% se encuentra la gasolina y con un 27% el diesel, ésta participación en el sector transportes (Galindo, 2009).

El crecimiento de la demanda de petrolíferos va de la mano con el aumento de la demanda de transportes, dado que los combustibles que necesita tienen una demanda inelástica, ya que no tiene sustitutos cercanos⁷. De acuerdo con el World Oil Outlook de la Organización de Países Petroleros el crecimiento en el sector transportes se deberá a los países en desarrollo como México, los cuales tienen 33 vehículos por cada mil habitantes, pero para 2030 se espera un crecimiento, en el cual se tendrán 87 por cada mil habitantes.

Hasta 2008, el consumo final por tipo de energía se comportó como se muestra a continuación en la siguiente figura.

Figura 1
Estructura del consumo final por tipo de energía, 2008.



Fuente: Tomado de SENER "Balance Nacional de Energía 2008", con datos de sistema nacional de energía.

⁷ Al referirme a no tener sustitutos cercanos, incluyo que no tienen sustitución energética comparable a la gasolina o diesel incluyendo tecnología y precios.

La tendencia que México ha presentado de acuerdo a la Figura 1, es a una demanda intensiva de energéticos para el transporte, pues en primer lugar se encuentra la demanda de gasolinas, con un 33.4% del consumo final energético, demanda seguida del diesel, con un 16.9%, por lo que el consumo final energético, se concentra en prácticamente la mitad en demandas de energéticos para el transporte.

Con las prospectivas de transporte y con la trayectoria que ha presentado el consumo en dichos insumos, se puede entrever que el futuro de la demanda de transporte y de sus energéticos continuará en crecimiento, por lo anterior, será necesario revisar la matriz energética actual mexicana y evaluar las opciones que permitan el desarrollo de energéticos que permitan a México la introducción de biocombustibles como respuesta a cambios en su matriz energética que aminore los problemas para satisfacer su demanda interna y a su vez reduzca las emisiones de GEI provenientes del sector transporte. Lo anterior puesto en términos numéricos muestra un comportamiento como el mostrado en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Consumo Final Total de Energía (petajoules)

	2007	2008	Variación porcentual
CONSUMO FINAL TOTAL			
Consumo no energético total	4,830.59	5,101.23	5.6
Petroquímica de Pemex	275.08	286.31	4.1
Otras ramas	167.76	175.03	4.3
CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL	107.32	111.28	3.7
Residencial, comercio y público	4,555.51	4,814.92	5.7
Transporte	893.03	900.84	0.9
Agropecuario	2,158.9	2,427.54	12.4
Industrial	134.05	144.75	8.0
	1,369.53	1,341.79	-2.0

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER "Balance Nacional de Energía 2008"

En los últimos años, la composición del consumo energético en México ha sido en su mayoría en el transporte, significando aproximadamente el 50% del consumo total. Además de acuerdo con los datos proporcionados por la Secretaría de Energía, el transporte es quien mayor crecimiento en consumo tuvo de 2007 a 2008 con respecto a los demás sectores consumidores de energía. De esa manera, contando con una participación significativa en el consumo total de energéticos y contando con el mayor crecimiento en el mismo consumo, las expectativas de demanda de insumos para el transporte igualmente, nos muestran un sector que aumenta en tamaño significativamente de acuerdo a la dinámica y necesidades de la población. Sin embargo, para dichas suposiciones se toma en cuenta que no existe cambio alguno en la matriz energética ni existe la introducción de nuevas tecnologías energéticas como el caso del etanol y el biodiesel. Por ello, se mantendría la demanda de transporte, sin embargo no se puede asegurar que la demanda de sus

insumos energéticos, quienes podrían abrir sus posibilidades a tecnologías que requieran menor cantidad de hidrocarburos. *Ceteris paribus* la expectativa de crecimiento del sector de los transportes es alta y significativa dentro del consumo en México.

Si bien, la prospectiva de crecimiento del sector transporte continúa siendo alta en el sector transporte en México, no significa necesariamente que el consumo de gasolina y diesel presenten un crecimiento similar al transporte, por ello, es necesario analizar independientemente el comportamiento de las proyecciones de consumo de dichos combustibles fósiles y consecuentemente evaluar la posibilidad de inclusión de etanol y biodiesel como oxigenantes o bien sustitutos como insumos energéticos para el sector transporte. También la prospectiva de demanda de combustibles fósiles amplía el panorama de la prospectiva de demanda de biocombustibles⁸.

⁸ Al referirme a biocombustibles incluyo exclusivamente aquellos analizados en el presente trabajo, con características de ser biocombustibles líquidos de segunda generación, es decir, el etanol y biodiesel.

2.2 Demanda de insumos petrolíferos para el transporte

La demanda de combustibles fósiles para el transporte está relacionada con varios factores que no solamente incluyen al aumento del parque vehicular existente, se relaciona a su vez, con el tipo de vehículos adquiridos, es decir su eficiencia⁹ lo cual está estrechamente relacionado con el factor institucional de cada gobierno es decir, el diseño de políticas públicas marca la pauta para que exista o no, una transición energética. En los siguientes apartados se desarrollarán los temas de demandas de combustibles locales y globales, frente a sus respectivas ofertas.

2.2.1 Demanda de combustibles para el transporte en el Mundo

De acuerdo con el World Oil Outlook (OPEP: 2009) la demanda sobre combustibles se verá modificada (contraída) por diversas causas entre las cuales se encuentran: El mercado de comercio de emisiones de la Unión Europea, reducción de emisiones de GEI, desarrollo de marco legal para reducción y captura de GEI, apoyo a la introducción de autos que disminuyan el uso de combustibles fósiles, introducción de al menos el 20% de energía renovable en la energía para 2020 en la Unión Europea y que ello signifique la introducción del 10% en el sector transporte. Dichos puntos requieren de un análisis exhaustivo los cuales no son objeto de estudio del

⁹ Promedio de consumo de combustible por vehículo.

presente trabajo, sin embargo son mencionados porque son puntos fundamentales que modificarán la proyección de demanda de combustibles a nivel mundial.

La demanda de combustibles está afectada directamente por la desaceleración económica (OPEP: 2009), la cual se espera como resultado de acuerdos internacionales que comprometan a disminuir el consumo de combustibles, el sector transporte es afectado, ya sea privado o público, y se buscará el aumento de la eficiencia en los vehículos. De cualquier manera el sector de transportes será quien tenga una mayor participación en la demanda de combustibles.

Cuadro 4: Proyección de demanda de combustibles¹⁰

Proyección de demanda de combustibles						
<i>Millones de barriles por día</i>						
	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Norte América	24.3	23.4	23.6	23.4	23.1	22.8
Oeste de Europa	15.2	14.6	14.5	14.3	14.1	13.8
OCDE Pacífico	8	7.5	7.4	7.2	7	6.8
OCDE	47.5	45.5	45.5	45	44.3	43.4
Latinoamérica	4.8	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2
Este medio y África	3.2	3.3	3.7	4.2	4.7	5.2
Sur de Asia	3.5	3.5	4.4	5.5	6.7	8.2
Sureste de Asia	5.8	5.9	6.6	7.4	8.2	9
China	8	8.3	10.4	12.3	14.1	15.9
OPEC	7.7	8.2	9	9.8	10.6	11.5
DCs	33	34	39.3	44.8	50.2	56.1
Rusia	3.1	3.2	3.3	3.5	3.6	3.7
Otras economías de transición.	2	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4
Economías de transición	5.1	5.1	5.4	5.7	5.9	6.1
Mundo	85.6	84.6	90.2	95.4	100.4	105.6

Fuente: Elaboración propia con datos de OPEC, "World Oil Outlook 2009"

¹⁰ En el cuadro, se incluye a México dentro de Latinoamérica porque aunque es un país miembro de la OCDE, es una economía en desarrollo.

En el cuadro anterior se puede comenzar analizando las proyecciones mundiales de combustibles, el mundo en general presentará incrementos en la demanda de dichos combustibles, sin embargo la situación mundial donde se pueden analizar los casos particulares, en el cuadro anterior se encuentra resaltado el caso de América Latina, donde ubicaré a México dadas las condiciones económicas y sus tendencias de crecimiento, si bien no tienen la mayor participación dentro del consumo de gasolina, no presentan una tendencia a la baja como algunos casos de países desarrollados, así que se puede esperar todavía un aumento en el consumo de gasolinas, sin disminuir su consumo a lo largo de los años proyectados por la OPEP.

El caso por ejemplo de los países de la Unión Europea presentan una disminución en el consumo de combustibles gracias a su herramienta de comercio de emisiones con lo cual se espera una disminución en un 20% del consumo para 2020, además se apoyarán por medio del desarrollo de proyectos con mecanismo de desarrollo limpio, además se busca que un 20% de la demanda de energéticos provenga de renovables, y el 10% será una demanda de combustibles para el transporte. Por otro lado, se encuentra el caso de Asia y sus economías emergentes, las cuales tendrán una participación del 79% dentro del consumo mundial de combustibles, ello respondiendo a sus necesidades de crecimiento (OPEP: 2009).

El crecimiento de la demanda de combustibles para el transporte será diferente de acuerdo al tipo de país, los siguientes gráficos muestran una comparativa de las

prospectivas de consumo de combustibles en el transporte en economías de la OCDE y economías en desarrollo.

Gráfico 10
Crecimiento anual de la demanda de Combustibles OCDE

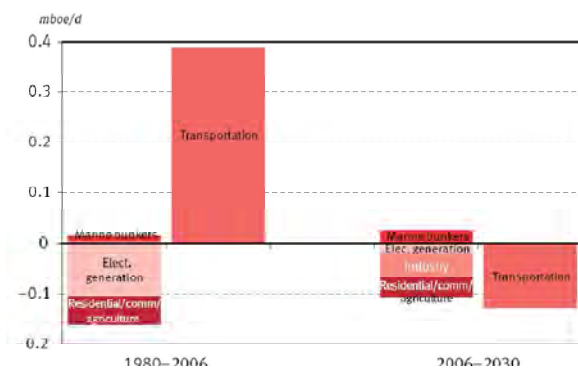
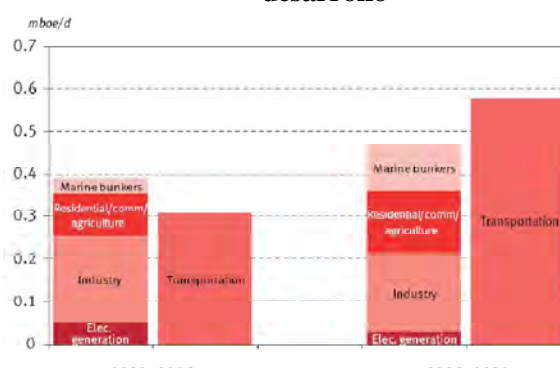


Gráfico 11
Crecimiento anual de la demanda de Combustibles Economías en desarrollo



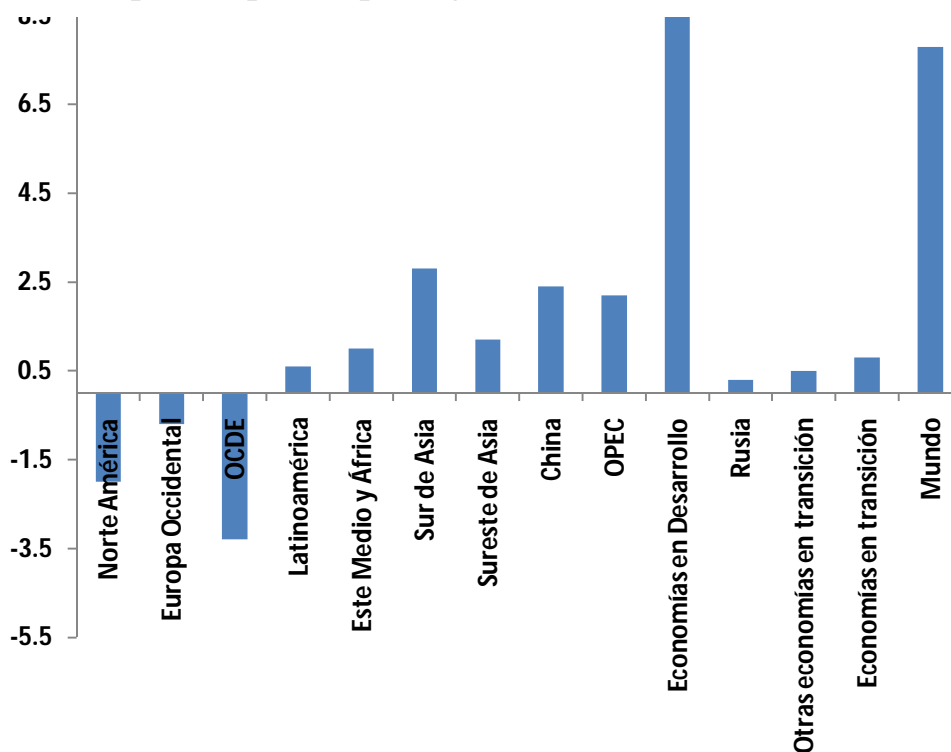
Fuente: Tomado de OPEP, "World Energy Outlook 2009".

El Gráfico 10 nos muestra por un lado cuál ha sido la tendencia de crecimiento de los países de la OCDE y por otro lado sus expectativas, en el periodo de 1980 a 2006 la tendencia fue el aumento significativamente de la demanda anual de combustibles para el sector transporte, y presentando tasas de crecimiento negativas en los demás sectores. En el periodo de proyecciones de espera que el sector transporte presentará un crecimiento negativo en la demanda de combustible para el transporte, lo cual significa eficiencia energética y desapego de energías fósiles como insumos en dicho sector. Mientras tanto, el Gráfico 11 muestra que las tasas de crecimiento de consumo de combustibles en los países en desarrollos, no disminuirá en ninguno de

sus sectores, siendo lo más significativo el aumento de la tasa de crecimiento en la demanda de combustibles para el sector transporte, ello muestra bajas posibilidades de que las economías en transición logren desapegar la necesidad de crecimiento económico con el consumo energético, además de no haber una reconversión en sus propias matrices energéticas que les permitan disminuir el consumo de los fósiles para el transporte. Economías en desarrollo como la mexicana, tienen una proyección de demanda de combustibles alta para el año 2030, significando un fracaso en el desapego del transporte demandante de gasolina o diesel para el transporte.

Gráfico 12

Tasa de crecimiento de la demanda de combustibles para el transporte esperada por lugares seleccionados, 2007-2030



Fuente: Elaboración propia con datos de OPEC “World Oil Outlook: 2009”

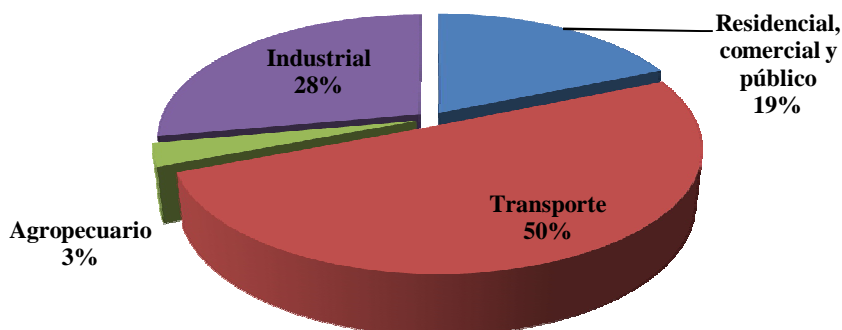
Los países que se enfrentarán a una disminución en la demanda de combustibles en el transporte serán los pertenecientes a la OCDE, de Europa Occidental y de Norte América, mientras que las economías en desarrollo presentarán las mayores tasas de crecimiento, ello por el aumento en demanda que presentarán China, el Sur de Asia y los países de la OPEC, mientras que los países latinoamericanos presentarán un aumento de la demanda de un 0.6%, la cual no es la tasa más alta, sin embargo la tendencia a 2030 será seguir incrementándose.

2.2.2 Demanda de combustibles para el transporte en México

En el caso de México, la demanda de combustibles presenta la siguiente composición:

Gráfico 13

Consumo Nacional de combustibles por sector, 2009



Fuente: SIE "Prontuario Estadístico del Sector Energético Enero de 2010"

En el Gráfico 13 se observa que la mayor participación en el consumo de combustibles en México, es proveniente del sector de transporte, significando la mitad de la demanda de combustibles, seguida por el sector industrial con una participación de apenas el 28.7% de la demanda total.

Analizando el caso del transporte, el Gráfico 14 muestra la prospectiva de demanda de gasolina en México, en miles de barriles diarios.

Gráfico 14

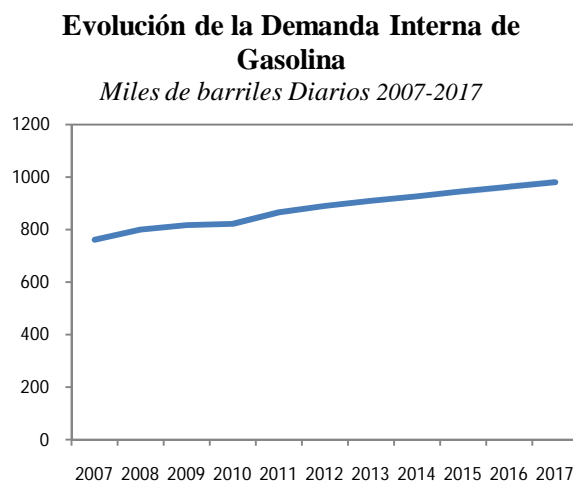
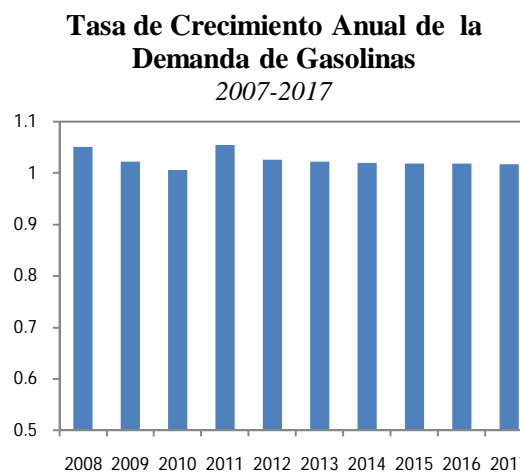


Gráfico 15



Fuente: Elaboración Propia con datos de SENER “Prospectiva de petrolíferos 2007-2017”

La tendencia de crecimiento en la demanda de gasolina para los próximos años en México es creciente, no es muy variable de un año a otro, manteniéndose en un promedio de crecimiento de 1% anual, sin embargo no se espera algún decrecimiento en la demanda de gasolinas en ninguno de los años proyectados.

El Gráfico 15 se muestra justamente la tendencia de las tasas de crecimiento esperadas en la demanda de gasolina, en las cuales podemos notar el crecimiento (más, menos) de 1% anual, la tendencia como se ha mencionado, será de crecimiento más o menos constante y sin presentar una tasa de crecimiento negativa en ninguno de los casos.

En el trabajo “La Economía del Cambio Climático en México” (Galindo:2009) se sostiene que los combustibles del sector transporte son los que más se consumen, debido a que su consumo está basado fundamentalmente en el uso de gasolinas y en menor medida de diesel¹¹. Para el análisis de la demanda de combustibles, en dicho trabajo se presentan 3 escenarios posibles que modifiquen el comportamiento de la demanda los cuales tienen las siguientes características:

¹¹ Galindo (2009) pág. 853.

CUADRO 5: Escenarios de demanda de energía para México

Escenario base de consumo de energía	Escenario 1 de demanda de energía	Escenario 2 de demanda de energía
<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento del producto del 3.5 por ciento en promedio anual en el periodo 2008 a 2100, para el PIB nacional 	<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento del producto del 3.5 por ciento en promedio anual en el periodo 2008 a 2100, para el PIB nacional 	<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento del producto del 3.5 por ciento en promedio anual en el periodo 2008 a 2100, para el PIB nacional
<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el PIB Industrial es de 2.8 por ciento anual 	<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el PIB Industrial es de 2.8 por ciento anual 	<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el PIB Industrial es de 2.8 por ciento anual
<ul style="list-style-type: none"> El sector agropecuario crece a 2.8 por ciento promedio anual 	<ul style="list-style-type: none"> El sector agropecuario crece a 2.8 por ciento promedio anual 	<ul style="list-style-type: none"> El sector agropecuario crece a 2.8 por ciento promedio anual
<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento de 3.7 por ciento en sector comercial 	<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento de 3.7 por ciento en sector comercial 	<ul style="list-style-type: none"> Se asume un crecimiento de 3.7 por ciento en sector comercial
<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el sector transporte es de 6.0 por ciento anual. 	<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el sector transporte es de 6.0 por ciento anual. 	<ul style="list-style-type: none"> El crecimiento en el sector transporte es de 6.0 por ciento anual.
<ul style="list-style-type: none"> No existen cambios en los precios relativos de energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio en precios relativos de energéticos de 3 por ciento anual. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio en precios relativos de energéticos de 3 por ciento anual.
<ul style="list-style-type: none"> No existen cambios en las intensidades energéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> No existen cambios en las intensidades energéticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Cambio en las intensidades energéticas de 1 por ciento anual.

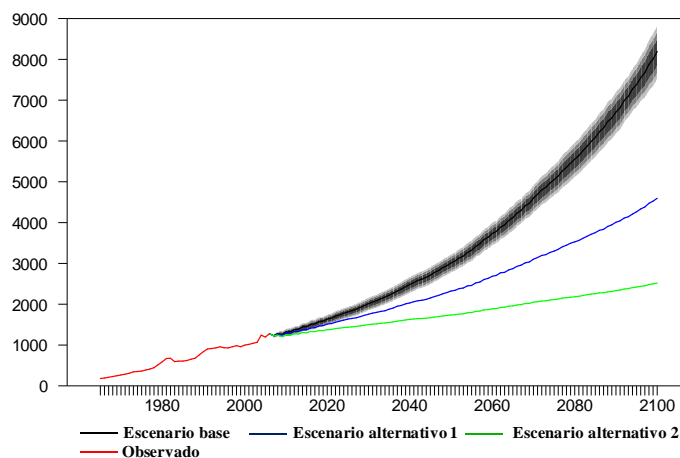
Fuente: Galindo *et al.* “La Economía del Cambio Climático en México” SEMARNAT, SHCP, UNAM.

Los aspectos que son importantes en el análisis de la demanda de combustibles para el transporte en los escenarios presentados son: el crecimiento del sector transporte, que en todos los casos asume una tasa anual de 6%, por otro lado los precios de los energéticos que en el escenario base no presenta modificaciones, mientras que en los otros dos muestra un aumento en los precios relativos de 3%, finalmente las intensidades energéticas no tienen cambios en el escenario base y en el 1, mientras que en el 2 significa un cambio de 1% anual. Pudiendo abrir la expectativa de influir en el consumo de gasolina por medio de instrumentos económicos como impuestos,

los cuales al aumentar el precio del combustible pueden significar cambios paulatinos en la demanda nacional de gasolina. El siguiente gráfico muestra posibles tendencias de acuerdo a los escenarios sugeridos.

Gráfico 16

Escenarios del consumo de gasolinas en el sector transporte



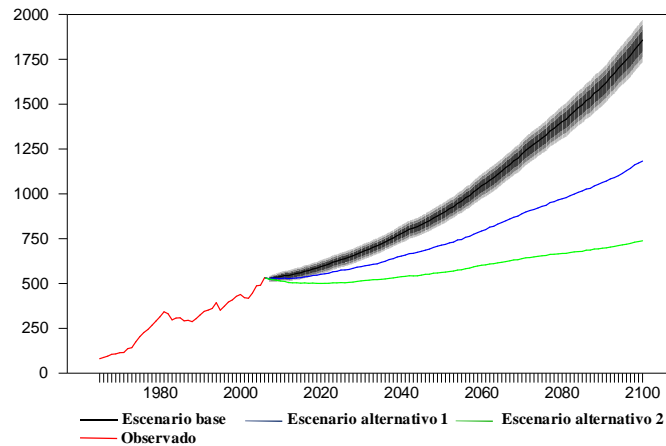
Fuente: prospectiva tomada de Galindo (2009).

En un escenario base, la demanda de gasolina continuaría con una tendencia al alza, mientras que con un aumento paulatino en los precios de la gasolina, podría influirse la demanda para los años posteriores, y una combinación entre políticas públicas de precios y eficiencia energética puede dar como resultado una disminución mayor en la demanda de gasolinas.

Por otro lado, el gráfico 17 muestra el caso del diesel y su prospectiva de demanda tomando en cuenta las especificaciones presentadas de cada uno de los escenarios.

Gráfico 17

Escenario del consumo de diesel en el sector transporte



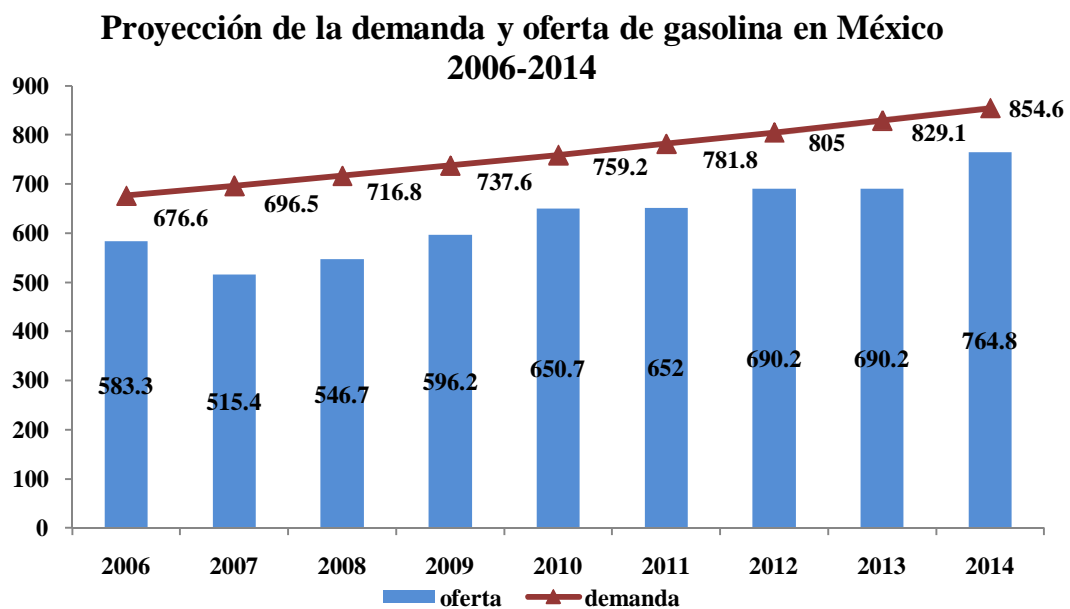
Fuente: prospectiva tomada de Galindo (2009).

El caso de la demanda de diesel en México presenta una tendencia diferente a las gasolinas, pues los cambios en los comportamientos de la demanda de acuerdo a los escenarios no son tan drásticos como el caso de la gasolina; resultado de una menor participación en la demanda global de energéticos para el transporte .

2.2.2.1 Proyección de la oferta y demanda de combustibles para el transporte en México.

Como se ha estudiado anteriormente, México presentará los próximos años, un aumento significativo en la demanda de combustibles para el transporte, sin embargo, actualmente México ya presenta una disparidad significativa entre la oferta y la demanda de combustibles, la cual satisface por medio del comercio internacional. A continuación, se analizará la proyección de la oferta y la demanda de los combustibles para el transporte.

Gráfico 18



Fuente: Elaboración propia con datos de PEMEX refinación, subdirección de planeación, evaluación y coordinación, 2008.

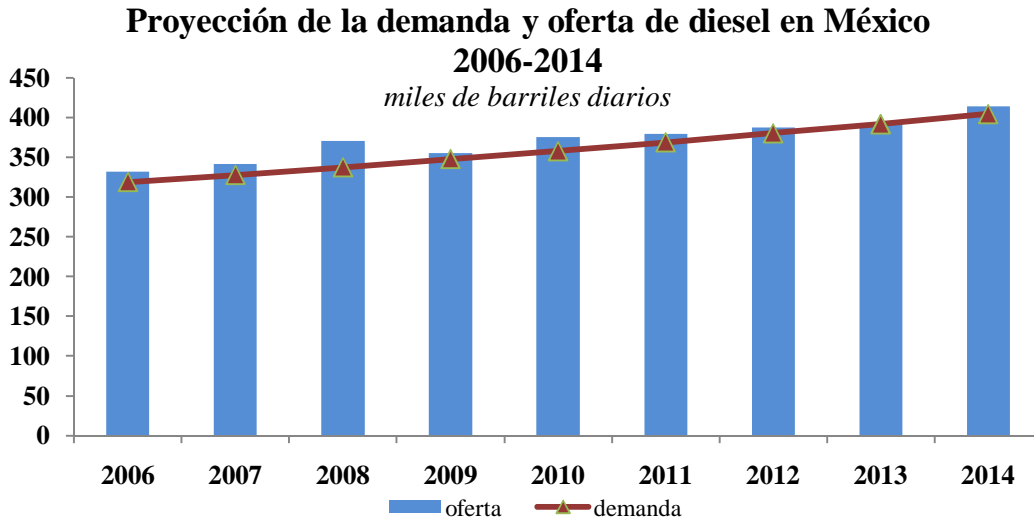
El gráfico 18 muestra efectivamente la creciente demanda de gasolina en México, las barras azules representan la producción, es decir, la oferta nacional. Por otro lado la línea de tendencia roja, representa la evolución de las ventas diarias en miles de barriles diarios. Haciendo una comparativa entre la evolución de la producción diaria de gasolina y las ventas internas se puede notar una disparidad entre ambas, la demanda supera significativamente a la oferta, ello indica que aún en el corto plazo México no será capaz de satisfacer su demanda con la producción nacional de gasolina, habrá de requerir del comercio internacional o bien de introducción de otras fuentes de energía, entre las cuales podría participar el etanol.

Ahora bien, el caso del diesel muestra un comportamiento diferente en la proyección de su oferta y demanda, pues las ventas no superan a la producción en ninguno de los años, ello también como resultado de la disminución en general de la demanda de diesel en México, como se estudió anteriormente.

Dado que la demanda de diesel se encontrará satisfecha, los excedentes pueden destinarse al comercio internacional y la introducción de biodiesel puede orientarse a la disminución de emisiones de GEI o bien, aumentar el volumen de exportaciones de diesel.

En el siguiente Gráfico se muestra dicha proyección que han de presentar la oferta y la demanda de diesel.

Gráfico 19



Fuente: Elaboración propia con datos de PEMEX refinación, subdirección de planeación, evaluación y coordinación, 2008.

2.2.2.2 PROYECCIÓN DE EMISIONES DE GEI

Existe una notable preocupación acerca de las emisiones de GEI que contribuyen directamente al Cambio Climático, ya que, las opciones de mitigación se amplían hacia los sectores que contribuyen de manera más significativa a dichas emisiones, justamente ahí se encuentra el sector transporte, a continuación se presenta la proyección de emisiones de GEI para el sector transporte, considerando un escenario “*Business as Usual*” (BAU)¹², dichos datos se presentan en Tg de CO₂ equivalente.

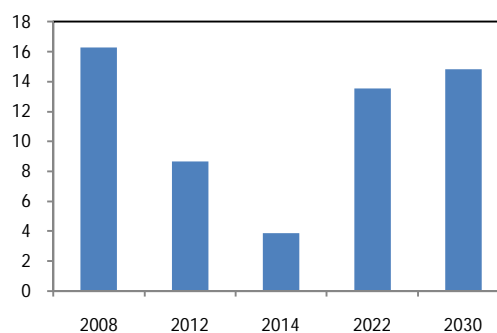
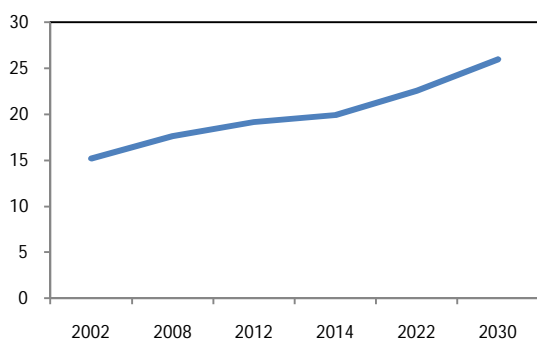
¹² Escenario del Intergubernamental Panel on Climate Change

Gráfico 20

**Emisiones de GEI para el Sector
Transporte, en Tg de CO₂e**

Gráfico 21

**Tasa de crecimiento anual de las
Emisiones de GEI para el
Sector Transporte.**



Fuente: Elaboración propia con datos de Instituto Mexicano del Petróleo “*Proyecciones de emisiones y gas (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) para los años 2008, 2012 y 2030*” 2006.

El Gráfico 20 muestra la tendencia al alza en emisiones de GEI por parte del sector transporte, sin embargo la tasa de crecimiento de las emisiones no será igual año con año, en el caso de mantener una tecnología como la observada, es decir, dentro de un escenario BAU, las emisiones de GEI provenientes del transporte mantienen una tendencia al alza, aunque la tasa de crecimiento de las emisiones se prevé diferente año con año, se mantiene en un promedio de 10% de crecimiento anual, lo cual es importante recalcar, recordando la participación significativa del sector transporte en las emisiones globales de GEI.

El transporte terrestre de pasajeros, ocupa el cuarto lugar como emisor de GEI, con un total de 51,431.7 Gg. CO₂e, lo que significa el 9.1% de las emisiones totales de las ramas económicas consideradas en la matriz insumo – producto (RUIZ: 2008). Mientras que desde un punto de vista de sector económico representan el 18% de las emisiones totales (INE, INEGEI, 2006).

Ahora bien, en el próximo capítulo se analizarán los insumos necesarios para la producción de biocombustibles, los precios, así como la gestión política plasmada en estrategias nacionales que apoyan la producción de biocombustibles y la legislación donde se establecen los lineamientos para su introducción.

BIOCOMBUSTIBLES EN MÉXICO: INSUMOS, PRODUCCIÓN, COSTOS Y PRECIOS RELATIVOS

3.1 PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍA¹³

La selección de las materias primas que sean empleadas en la producción de etanol y biodiesel deben tomar en cuenta la productividad por insumo, el conocimiento agronómico, el balance energético¹⁴ la disponibilidad de subproductos de valor económico, los impactos ambientales (a nivel de producción agrícola e industrial) y la competencia con la producción alimentaria (Horta:2008).

La innovación tecnológica debe contribuir a ofrecer alternativas viables económicamente que permitan reducir la dependencia del producto a la energía y a las emisiones de GEI. En dicho sentido debe apoyarse la constitución de mecanismos que apoyen la innovación tecnológica y la difusión. (Galindo: 2009).

El análisis costo- beneficio para la reducción de GEI en el sector agrícola puede ser reducido, por la falta de investigación y desarrollo en tecnologías bajas de emisiones

¹³ Bajo la situación tecnológica actual, sin cambios en dicha materia.

¹⁴ Expresa la relación entre la demanda y la producción energética para una determinada combinación materia prima / proceso de conversión).

de GEI, en el caso de México parece indicar que la tecnología que es capaz de la producción de biocombustibles con menores emisiones, es la labranza mínima para la producción de maíz, pues ayuda a la absorción de carbono del suelo. (World Bank, MEDEC: 2009).

Los biocombustibles cuentan con potencial de abatimiento de emisiones de GEI de 6 MtCO₂e para el año 2030, contando con la tecnología disponible en México, bajo los siguientes supuestos¹⁵:

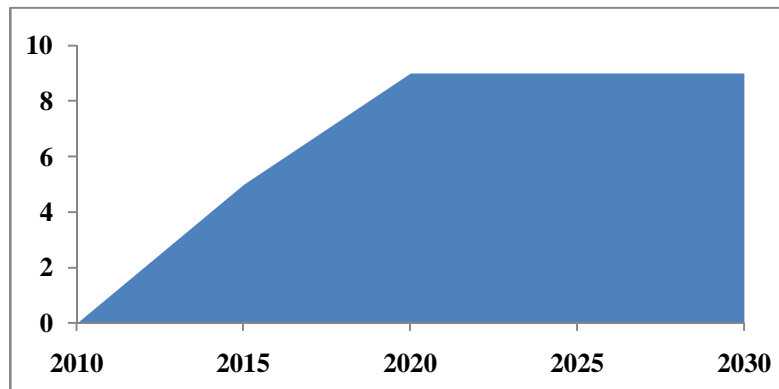
- Ligera maduración de la tecnología en la producción de caña de azúcar.
- Importación del etanol de Brasil.
- No puede ser considerada la producción de etanol totalmente en México por los problemas de producción ineficiente, cambio de uso de suelo y oferta de agua.

Gráfico 22

¹⁵ Ver: Project Catalyst “Mexico Low-Carbon Growth Strategy” con datos de SENER, GTZ y BID.

Porcentaje de penetración de los biocombustibles en el transporte

Prospectiva hacia 2030



Fuente: Elaboración propia con datos de “Project Catalyst”

El gráfico 22 muestra con la tecnología actual, el grado de penetración que pueden alcanzar los biocombustibles en México, es decir, hasta un 9% de la oferta total de combustible para transporte terrestre en México. Ello, recordando una estrategia de implementación con algunos cultivos existentes, no cambio de uso de suelo y una preferencia por la importación de etanol de Brasil.

Además “Project Catalyst: Mexico Low- Carbon Strategy” considera que las posibles barreras a la implementación de la penetración de biocombustibles en la oferta de combustibles serían por un lado PEMEX no considerando al etanol como un sustituto y no incentivar por medio del precio del etanol. Por otro lado, otro problema sería que la gasolina con alto contenido de etanol no puede ser transportado en pipas.

Con la tecnología actual en México, no tienen un alto nivel de producción en México, no es así tampoco en el caso de la oferta, pues dado el bajo desarrollo de la tecnología en caña de azúcar por ejemplo, no puede ser utilizado para satisfacer la paulatina penetración de los biocombustibles en el país, *ergo* los requerimientos suficientes para ampliar el nivel de significancia de los biocombustibles en el total de los combustibles debiera ser por un lado en incentivar la producción y la oferta, ello por medio de mecanismos como subsidios que abaraten su costo, además de la creación de un centro de distribución alternativo por medio de pipas que no contengan gasolina por ejemplo, o bien, estaciones de distribución diferentes a las de gasolina¹⁶.

3.2 Precios relativos de los biocombustibles en México

El siguiente análisis partirá de dos vertientes, la primera el análisis de producción de etanol y el segundo los precios internacionales de los combustibles. La característica del mercado de la gasolina y el diesel, y [*por lo tanto*] característica también del etanol y biodiesel, es que el encargado de la producción y comercialización de los productos es Petróleos Mexicanos, por lo tanto es un mercado de tipo monopólico,

¹⁶ Lo anterior de ampliará en las conclusiones.

pero otra característica importante del mercado es que es además monopsónico, porque el sector del autotransporte es el único demandante de sus productos¹⁷.

3.2.1 Etanol

México aún no cuenta con una producción significativa de etanol para el transporte, en el caso del etanol, se produce pero es aprovechado por las bebidas embriagantes (Becerra: 2008). La producción actual es proveniente de la caña de azúcar con una tecnología tradicional. Aunque se cuenta con capacidad instalada para tal vez ampliar la producción y girarla hacia el etanol, la capacidad utilizada es apenas de 44%, cantidad similar a los ingenios que cuentan con destilerías.

El siguiente cuadro muestra la producción de etanol, la producción en 2007-2008 y ello cuánto significa de la capacidad utilizada.

¹⁷ Gasolina y diesel no pueden ser demandados en uso doméstico, productivo, industrial u otros, exclusivamente puede ser demandado por el sector autotransporte.

Cuadro 6: Producción de etanol en México frente a la capacidad instalada¹⁸

INGENIO AZUCARERO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN INSTALADA	PRODUCCIÓN 2007-2008	% DE CAPACIDAD UTILIZADA
Aarón Sáenz	8550000	4948000	57.9
Calipam	2400000	990251	41.3
Constancia	9000000	4997400	55.5
El Carmen	5400000	2923000	54.1
El Mante	7200000	5082300	70.6
Independencia	4500000	1250908	27.8
La Joya	4200000	1307000	31.1
La Providencia	7500000	1818471	24.2
Pujilic	6000000	3373004	56.2
San José de Abajo	7500000	1118000	14.9
San Nicolás	12000000	2547683	21.2
San Pedro	7500000	3206000	42.8
Tamazula	7500000	5643750	75.3
Total	89250000	39205777	43.9

Fuente: Elaboración propia con datos de Masera Cerutti para SENER “potenciales y viabilidades del uso de etanol y biodiesel para el transporte en México”, 2006.

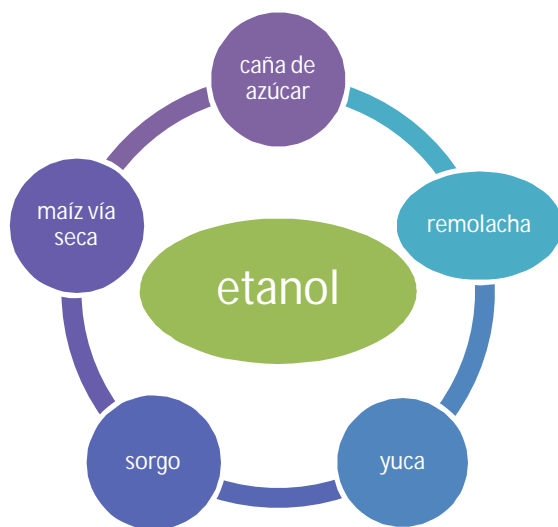
El Cuadro 6 muestra la capacidad instalada contra la producción, ello para evidenciar que no es utilizada dicha capacidad, recordando que actualmente el etanol obtenido no es utilizado para el transporte, así que por un lado existe la posibilidad de aumentar la producción en dichos ingenios.

Lo anterior es de gran relevancia, pues al hacer el análisis de precios del etanol influirá sobre todo en disminuir los costos de inversión en el ingenio o bien, en los costos de inversión dependiendo del tipo de cultivos.

¹⁸ Ello demuestra la capacidad instalada con la que ya cuenta México para la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, sin embargo debe tomarse en cuenta que el mercado del azúcar presenta distorsiones ocasionadas por problemas en el sector y por dificultades enfrentadas por bajas productividades por hectárea. México cuenta con superávit en la balanza comercial de azúcar, lo cual sí significa una ventaja para la producción.

Los cultivos que serán analizados para la producción de etanol son los que se muestran en la siguiente figura¹⁹.

Figura 2: Insumos analizados para la producción de etanol.



¹⁹ La producción de etanol requiere materias primas con alto contenido de azúcar o amiláceas, los cultivos que SENER considera potenciales para la elaboración de etanol son la caña porque su conocimiento agronómico es alto, así como es conocida y practicada la tecnología para la producción de etanol por ello es alta la posibilidad de integración productiva y uso de subproductos. El maíz es de conocimiento agronómico alto y su tecnología ya es conocida y practicada en EUA, por ello es alta su posibilidad de integración productiva. El sorgo cuenta con mediano conocimiento agronómico y conocida tecnología para la producción de etanol, por ello la posibilidad de integración productiva es mediana. La yuca, aunque cuenta con tecnología conocida para la producción de etanol en Tailandia, se cuenta con limitado conocimiento agronómico. La remolacha azucarera tiene tecnología conocida para la producción de etanol en Europa, pero su conocimiento agronómico es bajo.

Ahora bien, dados los datos anteriores, procedo al análisis por costos. En el caso de México, analizando el costo de materias primas, inversiones en capital fijo, insumos energéticos y otros, los costos por cultivos son los siguientes:

Cuadro 7: Costos de Producción de etanol en México (Dólares / barril)

	Caña Miel pobre	Caña Miel rica	Caña Jugo directo	Caña Jugo e hidrólisis	Maíz Vía seca	Sorgo	Yuca	Remolacha
Materia prima²⁰	0.26	0.21	0.27	0.22	0.30	0.59	0.30	0.44
Inversiones²¹	0.09	0.09	0.10	0.26	0.07	0.13	0.23	0.15
Energía	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.15	0.00
Otros	0.06	0.21	0.06	0.12	0.00	0.10	0.11	0.10
Total	0.40	0.52	0.43	0.60	0.44	0.82	0.79	0.69

Fuente: Elaboración propia con datos de Horta Noriega y Becerra (2008).

El cuadro anterior muestra los costos de producción de etanol en México, siendo los más costosos en dólares por barril, los provenientes del sorgo, yuca y remolacha, ello en parte porque la materia prima es más costosa respecto a la caña y los costos de inversión estimulan el aumento del costo del barril.

Los costos del etanol se forman por la materia prima agrícola y el método por el cual se decida producir el etanol, ellos son los mayores determinantes del costo. En el

²⁰ En el costo de materia prima se contempla el “costo agrícola” el cual incluye: preparación, siembra, trabajo, insumos y cosecha.

²¹ Incluye: infraestructura de riego, riego por goteo y drenaje.

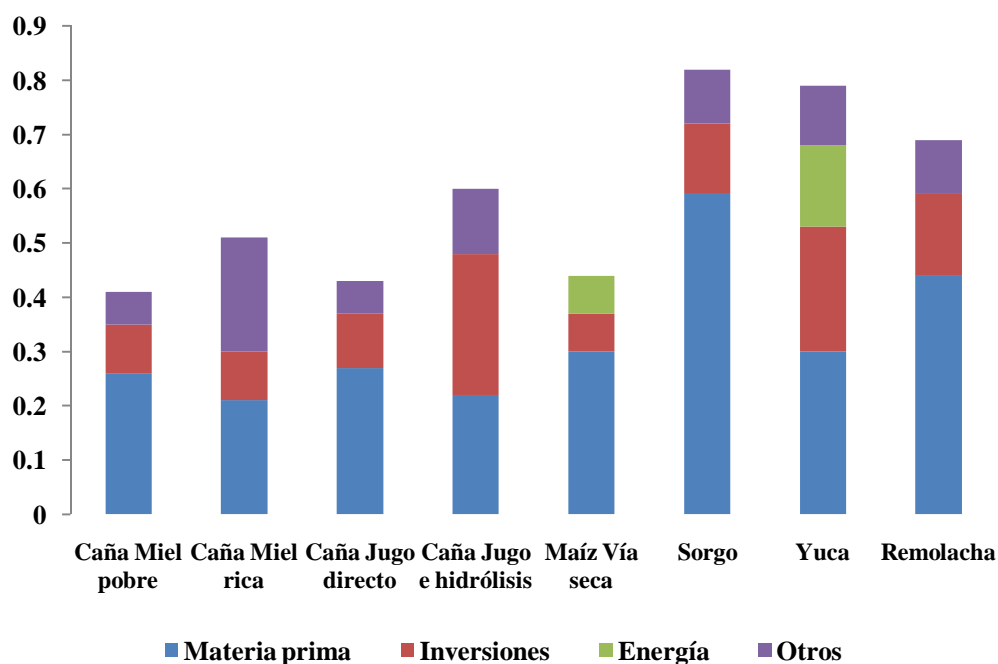
caso de la yuca, el sorgo y la remolacha, son cultivos no convencionales en México, por lo que en la formación de sus costos intervienen en mayor medida la inversión inicial y la tecnología a emplearse²².

En el siguiente gráfico, se muestra la composición de los costos totales de producción de etanol en México.

Gráfico 23

Composición de los costos de producción de etanol por tipo de cultivo

(Dólares / barril)



Fuente: Elaboración propia con datos de Horta Noriega y Becerra (2008).

²² Dentro de los costos se contempla el de la tecnología conocida más efectiva, sea nacional o proveniente de la experiencia internacional.

El Gráfico 23 muestra la composición del costo de producción de etanol en México, en dicho cuadro destaca en primer lugar que el costo de la materia prima aumenta si el cultivo no es común en México, por ello los que tienen mayor participación en el costo de la materia prima son el sorgo y la remolacha, mientras que quienes cuentan con menor participación en el costo son las cañas. El caso del maíz es diferente porque aunque se cuente con una amplia tradición en su cultivo, México no ha desarrollado autosuficiencia en su producción ni implementado tecnología de tipo intensiva.

En el caso de la inversión, el costo aumenta cuando no existe una infraestructura actualmente funcionando, o bien, de acuerdo al capital fijo necesario para su producción. Ello sería en el caso del cultivo de la caña por el método de jugo e hidrólisis por la carencia de infraestructura y de tecnología actual conocida, seguido por la yuca quien tampoco es un cultivo tradicional en México y con menor participación el sorgo y la remolacha. Destaca la menor participación de costo en el concepto de la inversión el caso del maíz vía seca, ello por contar con infraestructura y con ineficiencia en su producción.

Los resultados, particularmente para las tecnologías convencionales (0.40 a 0.44 US\$/litro) son más elevados que los costos del etanol de maíz en Estados Unidos (0.30 a 0.35 US\$/litro, incluyendo los créditos para subproductos) y algo más bajos que los valores estimados para el etanol de remolacha y trigo en el contexto europeo (0.40 a 0.45 US\$/litro) (CEPAL: 2008 y FAO:2008).

Como justificaciones básicas, en el caso americano la materia prima es más barata, mientras en Europa la materia prima es más cara y típicamente las inversiones son cerca de 30% (FAO: 2007) más elevadas, particularmente por un nivel más elevado de automatización y exigencias ambientales.

La importancia de los costos de la materia prima es evidente. En el caso que se tome el maíz no a nivel de costos estimados pero utilizando los precios practicados en México, cerca de 173 US\$/t, resultaría un costo de etanol de 0.58 US\$/litro, incrementándose en 32%.

Los cultivos menos costosos en general para la producción de etanol son los provenientes de la Caña miel pobre, Caña jugo directo y maíz vía seca. Los tres tienen una oportunidad de disminuir significativamente sus costos por concepto de disminución del costo de la materia prima seguida por la infraestructura. El caso del maíz vía seca, también cuenta con una participación significativa el uso de energía, por lo que económicamente pueden mostrar un impedimento en su producción y dicha participación de la energía puede significar una nulidad en los esfuerzos de disminución de aprovechamiento energético y a su vez de emisiones de GEI.

Ahora bien, señalados los costos de producción por cultivo, es necesario analizar el comportamiento que han tenido los precios internacionales del etanol para finalmente comparar costos de producción en México por cultivo y si podría existir indiferencia en la producción.

Es importante el análisis de los precios internacionales porque impactan directamente en los precios nacionales y los rendimientos futuros esperados por la inversión, dada la economía de México, que tiene gran actividad comercial con el exterior, los precios internacionales tendrán influencia no solamente en los insumos, sino también en la formación del precio final. Incluso, los precios del petróleo son quienes han tenido gran efecto en la producción de biocombustibles (WORLD BANK: 2005).

Siendo la gasolina un derivado del petróleo y siendo el etanol un combustible que puede ser ocupado en mezclas con gasolina, el precio del etanol habría de ser determinado por medio de una paridad con la producción del mismo petróleo y algunos de sus derivados. Para comparar gasolina y etanol en precios, se debe determinar en primer lugar la capacidad energética que tienen, el etanol representa el 65% de la capacidad calorífica de la gasolina²³, *ergo* el precio de ambos insumos no puede ser exactamente igual, siguiendo una lógica de acuerdo al producto que se está obteniendo, el precio del etanol habría de fijarse 35% menor al precio de la gasolina.

Al ser etanol un bien sustituto a la gasolina, ambos productos habrían de diferenciarse por medio de precios o preferencias del consumidor, por medio de la

²³ Ver: Lazcano (2006) el poder calorífico del etanol es de 21,146 KJ/litro, mientras que el de la gasolina es de 32,250 KJ/litro, haciendo que la capacidad energética del etanol signifique el 65% de la capacidad de la gasolina.

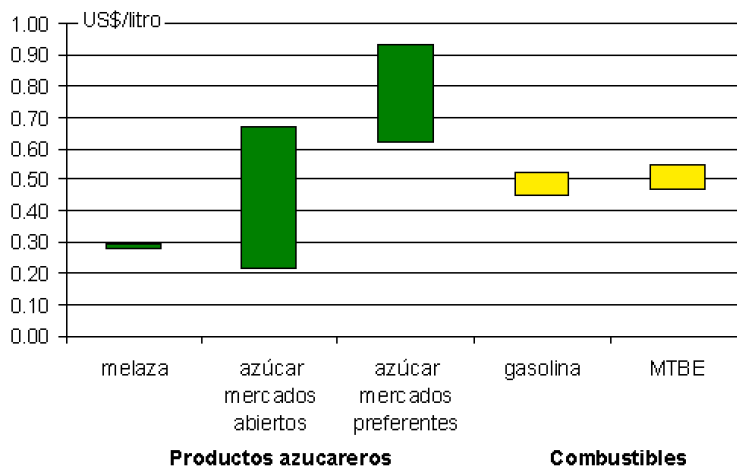
economía se puede incentivar el cambio en los gustos y preferencias del consumidor influyendo en los precios, un abaratamiento en el precio incidiría en que los consumidores racionales pueden cambiar su preferencia²⁴. El etanol es un combustible más pobre respecto a la gasolina pero con una mayor conversión térmica, por ello, el etanol puede ser comparado como sustituto de la gasolina en términos de rendimientos, es decir kilojules o generación de trabajo.

El precio del etanol debe ser determinado por el propio precio de la gasolina, en el caso mexicano, quien se encarga de fijar el precio de la gasolina es la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, fijándose al producto de las refinerías de Houston, aumentando²⁵ un 7% aproximadamente, al que se deben fijar los impuestos y demás normas establecidas por el gobierno mexicano.

²⁴ El etanol presenta como características más relevantes al consumidor que no emite GEI (CEPAL: 2004, ENACC: 2007, ENE: 2010, Stern: 2006) y por otro lado que incrementa del 1 al 2% la eficiencia de los motores, dado que el aire-combustible del etanol es menor en el etanol que en la gasolina y el calor de vaporización del etanol es 2.3 veces mayor para la gasolina (Prakash, 1998).

²⁵ Por motivos de transportación, distribución y manejo de la gasolina.

Figura 3: Precios de paridad²⁶ para etanol de caña frente a productos azucareros y combustibles para sustitución²⁷.



Por el rango determinado anteriormente para etanol frente a otros productos derivados del azúcar la Figura 3 muestra que la caña de azúcar es favorable para la producción pues existe brecha de indiferencia para productores y distribuidores de combustibles, siendo mayor el espacio entre melazas a precios de mercado sin existir posibilidad de reemplazo del azúcar vendido a precios de mercado.

La Figura 3 muestra un margen de indiferencia entre oferentes y demandantes, siendo el caso de la caña de azúcar, otros cultivos no son considerados pues los costos de producción exceden el precio final, por lo tanto no existe margen alguno

²⁶ Precio de paridad son los niveles en los cuales productor es indiferente a destinar su producción a un mercado u otro, y un consumidor de preferir un producto u otro.

²⁷ Fuente: SENER (2008) “Potenciales y Viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México”.

de paridad y requieren una fuerte estructura de subsidios para su producción y competir por medio de precios.

Lo anterior no es, ni pretende ser una generalidad en la determinación del precio del etanol, pues intervienen factores no generalizables como las escalas y condiciones productivas de los insumos, los requerimientos²⁸ en transformación, transportación y distribución, así como otros efectos que pueden cambiar los precios de paridad del etanol frente a la gasolina.

De tomar en cuenta los precios de paridad como el precio de venta del etanol, con los costos de producción puede obtenerse una valoración de cada cultivo a distintos precios: 0.45 y 0.55 dólares por litro de gasolina, los cultivos que podrían ser equiparables por sus características con la gasolina son la caña o bien el maíz²⁹, en el siguiente gráfico se muestra el resultado del precio por materia prima evaluada, aquellas que presenten precios negativos no son viables para ser insumos en la producción de etanol, o bien podrían serlo solamente si puede establecerse un mecanismo de compensación de precios, por ejemplo por medio de subsidios del gobierno³⁰.

²⁸ Energéticos y monetarios.

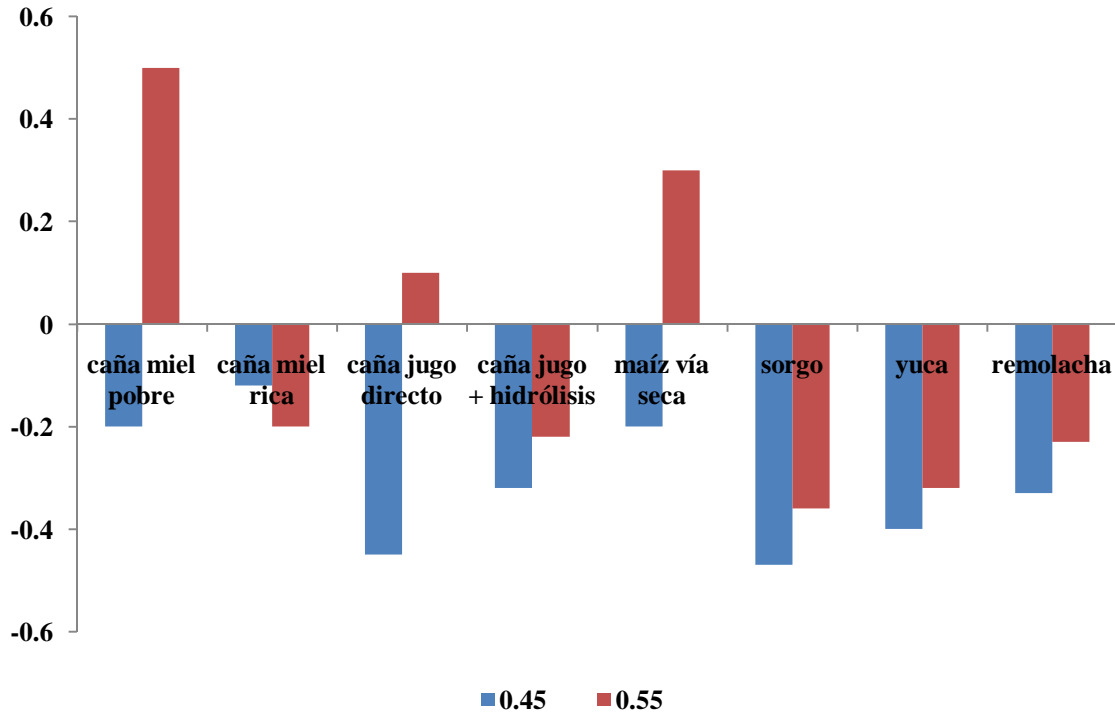
²⁹ No se hace mayor análisis porque México en el caso del maíz es deficitario en su balanza comercial, y su precio internacional demuestra una tendencia al alza.

³⁰ El marco institucional en México para la producción de biocombustibles es analizado en el presente capítulo en siguientes apartados.

Gráfico 24

Rendimiento producción de etanol por materia prima en dólares

Tomando como precio de referencia de 0.45 y 0.55 dólares por litro

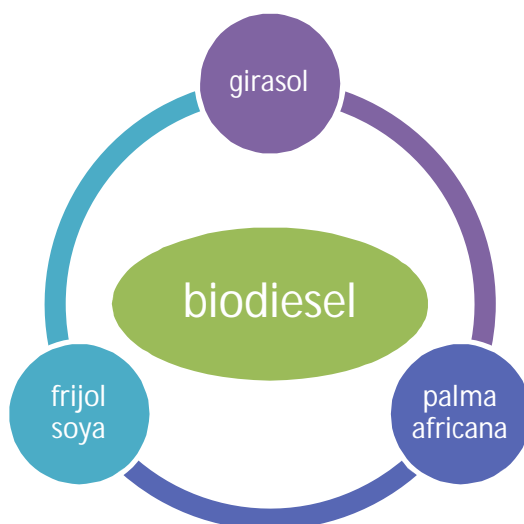


Fuente: Elaboración propia con datos de SENER (2008) y Horta (2006).

3.2.2 Biodiesel

El biodiesel es resultado de ácidos grasos y alcoholes, por lo que sus insumos son diferentes a los del etanol, el cual funciona como oxigenante de la gasolina, mientras que el biodiesel es un sustituto directo del diesel, estando alineado a las metas de reducción de emisiones de GEI³¹. Los siguientes son insumos de los cuales se puede obtener biodiesel³².

Figura 4: Insumos analizados para la producción de biodiesel



Nota: el girasol es seleccionado por presentar altos rendimientos en México, la palma africana porque en UE ha demostrado alta productividad y el frijol soya porque su adaptación es sencilla y puede ampliarse su producción.

³¹ El uso de una tonelada de biodiesel sustituye 2.5 toneladas de CO₂ y no emite SO₂.

³² Si bien existen más insumos, los mencionados serán los analizados en el presente trabajo.

Jatropha

La jatropha suele crecer en suelos pobres y arenosos, es un cultivo resistente a sequías y se adapta a climas extremos, sin embargo en México no existe experiencia en la práctica de cultivos de Jatropha por lo que no se tomará en cuenta para el análisis como un insumo del biodiesel.

Además de que en México no se cuenta con experiencia, a nivel mundial no existe experiencia en plantaciones a gran escala para biodiesel, por ello no se conoce la viabilidad económica de la Jatropha, incluyendo:

- *Cantidad de combustible por hectárea.*
- *Estabilidad de la relación entre la semilla y el diesel, lo que determinaría la cantidad óptima de la planta de procesamiento y además las cantidades producidas determinarían el espacio de almacenamiento y el rango de utilización de la planta, lo cual afecta directamente a la construcción de la planta.*
- *El impacto ambiental del monocultivo extensivo de la jatropha.*

Fuente: World Bank "Potential for biofuels for transportation in developing countries" (2005).

Lazcano, Ignacio "Agricultural aspects and sources for biodiesel production" (2008).

Los costos potenciales de cada insumo por litro de biodiesel son obtenidos por medio de los costos de materias primas, los requerimientos en inversión, la cosecha y acarreo, los resultados se muestran en el Gráfico 25.

Gráfico 25

Costos primos de cultivos potenciales por litro de biodiesel

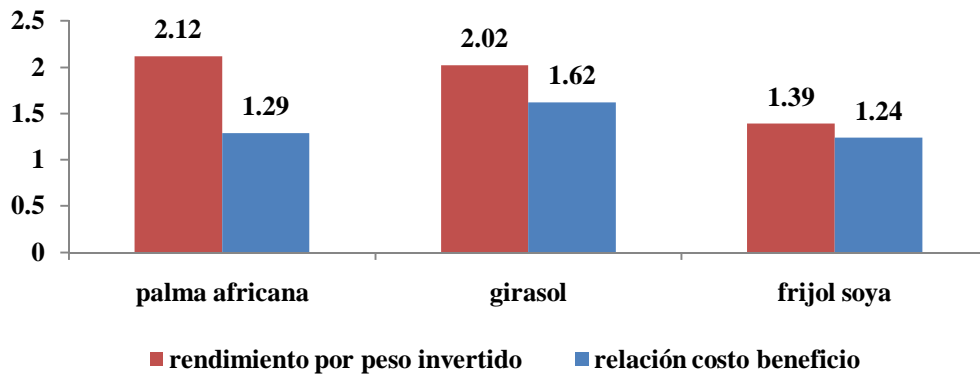


Fuente: Elaboración propia con datos de SENER (2008).

Los costos primos de materias primas por cultivo presentan ser mayores en el caso del girasol, mientras que la palma africana es aquella que presenta menor costo de producción, sin embargo el análisis debe hacerse también por medio del costo beneficio y del rendimiento por peso invertido.

Gráfico 26

Rendimiento por peso invertido y relación costo beneficio



Fuente: Elaboración propia con datos de SENER (2008).

En el caso del rendimiento por peso invertido, la palma africana es quien muestra un mayor rendimiento frente a los demás cultivos, el girasol tiene un rendimiento ligeramente menor a la palma africana, mientras que el rendimiento del frijol soya es mucho menor.

Los tres cultivos presentan además un costo beneficio positivo en todos los casos, por lo que los cultivos seleccionados no son ineficientes, siendo el girasol quien presenta un mayor costo beneficio, seguido por la palma africana y el frijol soya en último lugar. Sin embargo, México no presenta altos rendimientos en los insumos utilizados para la producción de biodiesel comparado con el resto de América Latina³³, por lo tanto, no cuenta con ventaja comparativa alguna en insumos para el biodiesel (CEPAL: 2008).

El caso del biodiesel es más complejo el análisis de precios y costos, el presentado anteriormente es apenas una aproximación, ello se debe a que no se puede comprobar fehacientemente su factibilidad real en términos de balance energético y de productividad, ello porque la experiencia europea se basa en políticas agrícolas difícilmente aplicables a México, con altos subsidios y barreras de aduanas.

Lo anterior significa que la sustitución de diesel por biodiesel persigue términos de reducción de GEI más allá que tener estímulos económicos (CEPAL: 2008).

³³ Se identifica el mayor rendimiento de la palma aceitera en Nicaragua, el frijol de soya en Guatemala y el girasol en Argentina y Brasil (CEPAL: 2008) además en dicho estudio, se analizan ricino, semilla de algodón y colza que igualmente no presentan altos rendimientos en México.

Por los argumentos anteriores, la producción de biocombustibles debe estar fuertemente determinada y guiada por el sector público, de acuerdo con el estudio de CEPAL “Biocombustibles líquidos para el transporte en América Latina y el Caribe” (2008), el sector público debe intervenir en los siguientes ámbitos:

- Eliminación de barreras normativas para la inversión en biocombustibles.
- Sensibilización de los ciudadanos frente al uso adecuado de los biocombustibles.
- Internalización de costos externos de la producción.
- El desarrollo de análisis económico para evaluar su rentabilidad.

Por lo anterior, es necesario revisar el marco institucional y legal que existe en México que impulsa (o bien otorga incentivos negativos) para la producción de biocombustibles.

MARCO INSTITUCIONAL MEXICANO Y EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

4.1 Marco institucional y jurídico que apoya la producción de etanol y biodiesel.

México ya cuenta con legislación en materia de biocombustibles, además con diversas estrategias para su producción, ya sea como medio para la disminución de emisiones de GEI o bien con el argumento de seguridad energética, sea cual sea el estímulo para su producción, es necesario analizar cada uno de ellos.

La importancia de las políticas ambientales radica en que son el árbitro entre las metas aspiracionales y su logro, de acuerdo con Lomelí (2008): *“los resultados de las políticas ambientales dependen en gran medida del grado de desarrollo y de la calidad de la infraestructura institucional y organizacional en que se apoyan las intervenciones públicas”*. Ahora bien, analizaré el marco institucional concerniente a biocombustibles en México.

4.1.1 Ley para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía (LAFRE, 2005)

La LAFRE tiene como objetivo fundamental que para 2012 las energías renovables tengan una participación del 8% en la matriz energética, contempla la necesidad de un financiamiento de 600 millones de pesos, sin embargo, no todo ello es destinado para biocombustibles, el 7% de los recursos se pretenden destinar para el “Fondo de Biocombustibles”.

4.1.2 Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENACC, 2007)

Elaborada por la Comisión Nacional de Cambio Climático³⁴ dicha estrategia contempla en la sección 2.1.3 titulada “Oportunidades de mitigación en generación y uso de energía”, en su apartado de uso de fuentes renovables de energía y bajas en emisiones de carbono, así como en transporte.

En dicha estrategia, el etanol y el biodiesel son considerados como importantes para la mitigación de GEI y como generadores de energía, siendo a su vez fuentes renovables y con emisiones de GEI prácticamente nulas.

³⁴ La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático se encuentra integrada por las siguientes secretarías de estado: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SAGARPA), Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Relaciones Exteriores (SER), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Economía (SE) y Secretaría de Energía (SENER).

4.1.3 Programa Sectorial de Energía 2007-2012 (2007).

En el Programa Sectorial de Energía de la Secretaría de Energía se contempla estimular el desarrollo de energías renovables donde se incluyen los biocombustibles, por medio de los siguientes objetivos y estrategias³⁵:

Objetivo III.2. “Fomentar el aprovechamiento de fuentes renovables de energía y biocombustibles técnica, económica, ambiental y socialmente viables.

Estrategia III.2.1.- Desarrollar el Programa Nacional de Energías Renovables.

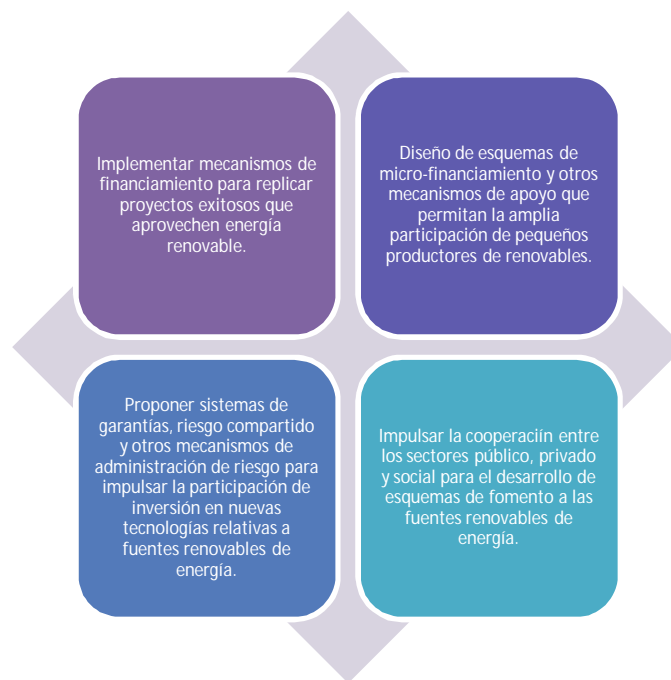
Estrategia III.2.4.- Fortalecer y consolidar las acciones del Gobierno Federal dedicadas a promover las energías renovables.

Estrategia III.2.5.- Desarrollar esquemas de financiamiento que agilicen e incrementen el aprovechamiento de fuentes renovables de energía.

Para lograr dichos objetivos, las líneas de acción a seguir serán:

³⁵ Fuente: SENER “*Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017*” pág. 61.

Figura 5: Líneas de acción para la promoción de Biocombustibles³⁶.



4.1.4 Prospectiva de petrolíferos 2008-2017 (2008).

Los biocombustibles son analizados como sustitutos de los petrolíferos insumos de los medios de transporte, sin embargo, los argumentos más significativos en dicho documento recaen en la necesidad de la introducción de los biocombustibles para disminuir las emisiones de GEI pues se reconoce la importante contribución del sector transporte en las emisiones totales.

³⁶ *Ibid* pág. 61

La prospectiva evalúa a los biocombustibles como una opción viable para la reducción de emisiones de GEI, además de ser una opción para el desarrollo de sectores estratégicos como agrícola.

4.1.5 Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos (2008).

Fue promovida con el fin de establecer el marco jurídico para el desarrollo de la industria de producción de biocombustibles en México, buscando vincular varios sectores económicos, pretende estimular la investigación y capacitación en el área, asimismo establece infracciones y sanciones. Sus objetivos y bases principales son³⁷:

- I.** Promover la producción de insumos para Bioenergéticos, a partir de las actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano, sin poner en riesgo la seguridad y soberanía alimentaria del país de conformidad con lo establecido en el artículo 178 y 179 de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable.
- II.** Desarrollar la producción, comercialización y uso eficiente de los Bioenergéticos para contribuir a la reactivación del sector rural, la generación de empleo y una mejor calidad de vida para la población; en particular las de alta y muy alta marginalidad.

³⁷ Ver: “*Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos*” publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de febrero de 2008.

III. Promover, en términos de la Ley de Planeación, el desarrollo regional y el de las comunidades rurales menos favorecidas;

IV. Procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y gases de efecto de invernadero, utilizando para ello los instrumentos internacionales contenidos en los Tratados en que México sea parte, y

V. Coordinar acciones entre los Gobiernos Federal, Estatales, Distrito Federal y Municipales, así como la concurrencia con los sectores social y privado, para el desarrollo de los Bioenergéticos.

Aquello que se considera como infracción a dicha Ley son:

I. La realización de actividades o la prestación de servicios sin contar con el permiso correspondiente, cuando, en términos de esta Ley y de las demás disposiciones aplicables, se requiera del mismo;

II. El incumplimiento de los términos y condiciones establecidos en los permisos, y

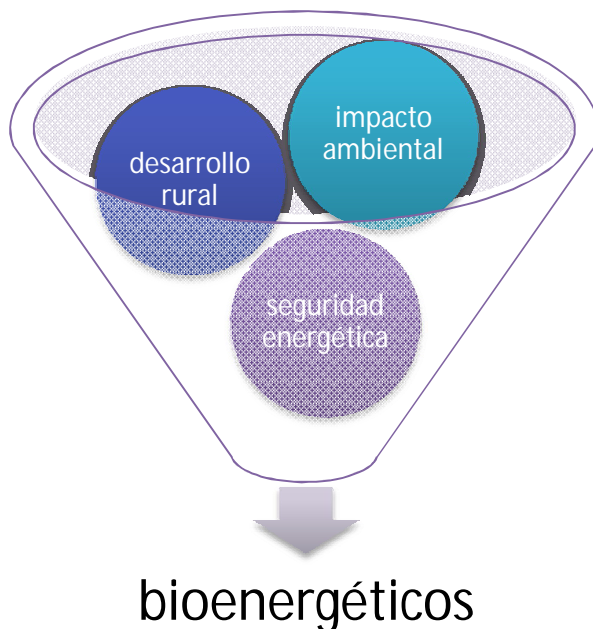
III. El incumplimiento de normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables en materia de Bioenergéticos.

4.1.6 Estrategia Intersecretarial de Bioenergéticos (2009).

Dicha estrategia tiene como objetivo ser un marco conceptual para el desarrollo de políticas y proyectos que permitan el desarrollo de la industria mexicana de la bioenergía, tomando en cuenta las consideraciones ambientales necesarias para asegurar la sustentabilidad ambiental de los biocombustibles.

La Estrategia sostiene que los bioenergéticos, incluidos el etanol y biodiesel deben basarse en los siguientes aspectos:

Figura 6: Motivaciones que debe seguir el desarrollo de bioenergía³⁸.



Tomando en cuenta las tres motivaciones que plantea la Estrategia, se establece la necesidad de la coordinación entre las dependencias y entidades de la Administración Pública con atribuciones en la materia para desarrollar biocombustibles siguiendo lo señalado en la Figura 6.

Entre sus objetivos específicos se encuentran:

- Desarrollo de cadena de producción y consumo de biocombustibles integrada y competitiva para producir una mezcla integrable en el transporte.

³⁸ Fuente: Elaboración propia con datos de “Estrategia intersecretarial de bioenergéticos” (2009).

- Impulso de la investigación y desarrollo para las tecnologías necesarias en el desarrollo de etanol y biodiesel.
- La diversificación de las fuentes primarias de energía.
- El desarrollo de los biocombustibles debe estar orientado al cuidado del medio ambiente y la reducción de emisiones de GEI.

4.1.7 Programa Especial de Cambio Climático (PECC, 2009)

El Programa Especial de Cambio Climático contempla la introducción de biocombustibles como estrategia de reducción de emisiones de GEI, por ello plantea los siguientes objetivos³⁹:

Objetivo 2.1.3 Fomentar la producción y uso sustentable de biocombustibles en México como una alternativa tecnológica baja en carbono.

Metas

M.6 Elaborar la estrategia intersecretarial nacional de bioenergéticos, en 2009.

M.7 Definir los criterios de sustentabilidad para evaluar el desempeño de las diferentes tecnologías de producción de biocombustibles, en 2010.

M.8 Reconvertir 300,000 ha a cultivos que sirvan de insumos en la producción de biocombustibles, durante el periodo 2009-2012, sin comprometer la seguridad alimentaria o la integridad de los ecosistemas.

³⁹ Gobierno Federal “Programa Especial de Cambio Climático”, México, 2009.

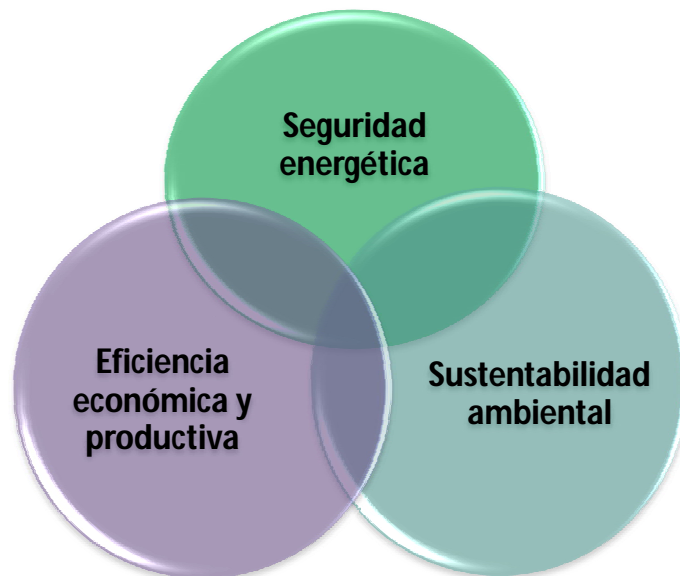
M.9 Adecuar la infraestructura para incluir etanol anhidro en las gasolinas de la ciudad de Guadalajara, entre 2009 y 2012.

El Programa Especial de Cambio Climático observa la producción de biocombustibles como una opción de energéticos bajos en carbono y que pueden ser una opción de mitigación si se evalúan las tecnologías así como oportunidades para su desarrollo.

4.1.8 Estrategia Nacional de Energía (ENE, 2010)

Es una Estrategia diseñada por la Secretaría de Energía, es una visión para el año 2024, donde se contempla la energía basada en:

Figura 7: Ejes rectores de la visión a largo plazo de la ENE⁴⁰.



⁴⁰ Fuente: Elaboración propia con datos de SENER "Estrategia Nacional de Energía", 2010.

La estrategia evalúa todo el sector energético, sin embargo, por fines del presente documento, se presentará exclusivamente lo concerniente a etanol y biodiesel.

Los biocombustibles son evaluados como una alternativa al uso de combustibles fósiles, *ergo* la diversificación de la matriz energética del país, participando en la reducción de las emisiones de GEI por parte del sector transporte.

Las estrategias y leyes que fueron brevemente desarrolladas anteriormente tienen como común denominador la promoción de biocombustibles como un eje fundamental de reducción de emisiones de GEI, seguidas por un cambio en la matriz energética mexicana, que por un lado obedece al argumento anterior de reducción de emisiones y por otro lado la dependencia a solamente un tipo de energéticos, generalmente derivados del petróleo que la evidencia evaluada en el capítulo 1 demuestra la escasez a la que se enfrenta México en reservas petroleras, sin embargo, el argumento de la seguridad energética no es el principal en las estrategias y leyes mexicanas. Por ello, es de vital importancia analizar los requerimientos para la producción de biocombustibles en términos de recursos naturales, para evaluar si efectivamente pueden responder a la necesidad de la mitigación de las emisiones de GEI, ello no medido exclusivamente en emisiones finales como combustible, sino analizando desde su producción hasta sus requerimientos, como tierra y cambio de uso de la misma, que podrían dar como

resultado un balance negativo en cuanto a la reducción de emisiones tomando en cuenta las metas⁴¹ de mitigación de emisiones de GEI que tiene México a nivel internacional. Esto será desarrollado más adelante en el presente capítulo y posteriormente en las conclusiones. Antes de analizar el impacto ambiental, se analizarán casos exitosos en la producción de biocombustibles.

4.2 Experiencia internacional institucional en la producción de biocombustibles.

La producción de biocombustibles requiere de análisis profundo antes de su implementación, esto porque los insumos en general rivalizan con la producción de alimentos de consumo final o bien, de forraje para la ganadería, además por el hecho de que su uso final es ser combustible, debe ser analizado el impacto que tendrá el precio de los combustibles en la conformación de sus precios finales.

Por lo anterior, es necesario contar con una fuerte legislación que delimite la producción de biocombustibles. En el caso de México, se analizaron los puntos principales de las estrategias y legislación, sin embargo son recientes y no se menciona en alguna incentivos que el gobierno pueda otorgar para hacer eficiente la

⁴¹ Recordando además, que México cuenta con compromisos internacionales voluntarios de reducción de emisiones de GEI.

producción, o alguna clase de tasa impositiva, ello porque no se cuenta con experiencia productiva y México está iniciando la carrera en dicha producción.

En el mundo existen casos con alta experiencia que es necesario observar, en términos finales, es decir la producción, pero además en el factor institucional, si existen incentivos por parte del gobierno y en qué cantidad, ello para hacer una comparativa con el caso mexicano y sugerir [*de ser necesario*] alguna clase de incentivo en la producción en México, con la finalidad de lograr un costo – beneficio favorable.

La producción de biocombustibles requiere de un marco institucional que constituya un instrumento efectivo que garantice los beneficios de los biocombustibles en el ámbito ambiental, social, político y económico. Deberá reportar y monitorear los avances y constantemente implementar lineamientos para darle una dirección correcta a la producción.

El triunfo de promesas que brindan los biocombustibles tales como la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, aumento de los empleos agrícolas, disminución de la pobreza rural y posibilidad de campo de comercio de biocombustibles; solamente pueden ser logrados con un correcto paquete de lineamientos e instituciones comprometidas con la investigación y constante monitoreo de beneficios que brinden paulatinamente y que tengan la flexibilidad de ser cambiadas o corregidas dentro de un tiempo necesario.

Actualmente, la producción de biocombustibles se encuentra apoyada por los gobiernos de países como Estados Unidos, Brasil y algunos de la Unión Europea, así los biocombustibles pueden competir con los combustibles fósiles, lo que el gobierno también estimula por medio del consumo, según el “*Informe sobre Desarrollo Mundial*” (2008) del Banco Mundial, más de 200 medidas de apoyo a los biocombustibles cuestan de \$5.500 a \$7.300 (millones de dólares) al año en Estados Unidos, es decir, casi medio dólar por litro de gasolina de biodiesel o de etanol. Ésta es la forma de hacer rentable el consumo de biocombustibles, de ser de otra manera, nos encontraríamos ante un precio formado en torno al precio del petróleo y de los costos de los insumos agrícolas que, a su vez, en países desarrollados se encuentran en torno al precio de los combustibles, por el alto uso de los mismos en la producción agrícola, tanto en tecnología como en infraestructura y agroquímicos que aumenten la productividad.

Desde luego se necesita de políticas públicas claras para el apoyo a la producción y al consumo de biocombustibles, el problema es que éstas tienen un alto costo y si hay países que pudieran ser potenciales productores, pero les faltan por otro lado los recursos económicos, por lo que existirá un claro impedimento para generar el apoyo gubernamental. Por otro lado, se debe poner especial cuidado en las políticas públicas que se implementen para evitar que incentiven el cambio de uso de tierra por denotar un aumento en emisiones de GEI, o bien, por significar un riesgo para los anteriores cultivos.

En el caso de los precios, el estudio de CEPAL *“Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina”* (2008) sostiene que en los precios, pueden existir a futuro distintos escenarios como son:

- Aumento en el precio de biocombustibles, el cual sucede cuando aumenta la demanda por biocombustibles, se ejerce presión sobre la disponibilidad de los insumos para la generación del combustible e incrementa los precios, aunque aumente la oferta, según el estudio, no se reestructurarán los precios originales.
- Aumento de los precios en los cultivos tradicionales que se genera cuando aumenta la producción de biocombustibles y se destinan tierras para el cultivo de insumos para los mismos, por lo que disminuye la oferta de productos tradicionales y su escasez lleva a un aumento de precio.

La reducción del precio de productos derivados de la producción de biocombustibles se refiere a que cuando se incrementa la producción de biocombustibles, aumentan los productos derivados del proceso, por lo que existe mayor cantidad disponible que lleva a la reducción del precio.

Gráfico 27

Producción mundial de etanol

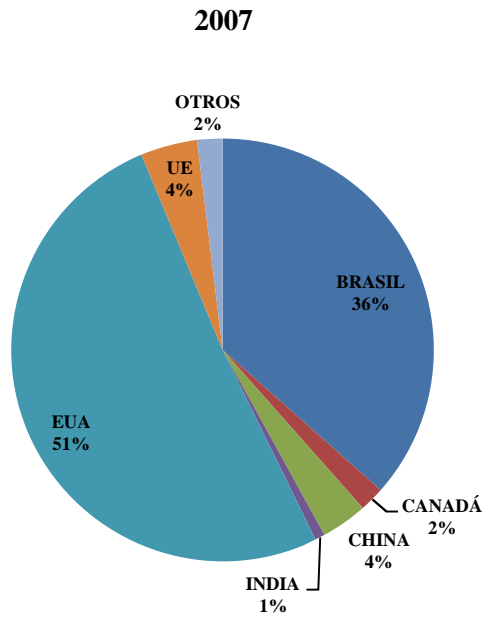
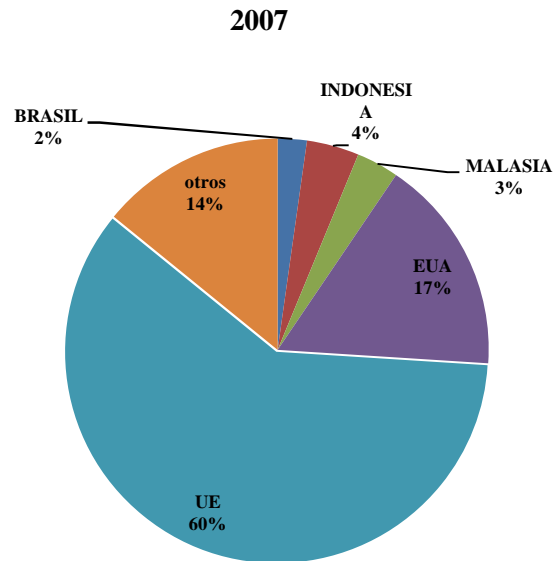


Gráfico 28

Producción mundial de biodiesel



Fuente: Elaboración propia con datos de OCDE y FAO, 2007

Los gráficos anteriores muestran la participación mundial en la producción de etanol y biodiesel, en el caso del primero Estados Unidos cuenta con la mayor participación en la producción mundial, más de la mitad de ella, seguido por Brasil quien participa en un 36% de la producción. Aunque Brasil cuenta con más años de producción de etanol, hacia 2007 Estados Unidos ya le había superado en la producción, esto se debe, no sólo a la experiencia en la producción, sino en el marco institucional y los incentivos que se otorguen a dicha producción, ambas legislaciones serán analizadas. En el caso del biodiesel, la Unión Europea es quien cuenta con la mayor

participación en la producción con un 60%, seguido de Estados Unidos con el 17% de la producción.

Ahora bien, a continuación serán presentados los casos de países que cuentan con experiencia en la producción y uso de biocombustibles.

4.2.1 Brasil

Brasil es el mayor productor y exportador de azúcar, siendo también el mayor consumidor de etanol a nivel mundial⁴², y quien es responsable de la producción de un cuarto a nivel mundial. En la temporada de 2004-2005 Brasil destinó cerca de 5.4 millones de hectáreas en la producción de azúcar para etanol, obteniendo 12.5 millones de litros de etanol. (WORLD BANK: 2005) Si bien la experiencia de éste país en la producción de etanol data desde 1938 cuando se autorizó la mezcla del 5% de etanol en las gasolinas (WORLD BANK: 2005, CEPAL: 2007), fue en 1975 cuando se puso en marcha el “Programa Nacional de Alcohol (Proálcool)” ello ha sido responsable que para 2004 existan 303 productoras de etanol, mismas que el gobierno se ha encargado de convertirlas en unidades autosuficientes de energía (pues aprovechan la ahí generada y sus subproductos). A mediados de los años 70’s, con la primer crisis mundial de petróleo, el programa apoyó a los proyectos que

⁴² La región Centro-Sur de Brasil es la zona productora de caña de azúcar con menor costo en el mundo. Esta región representa el 85 por ciento de la producción de caña de azúcar y la producción de etanol. El estado de São Paulo es el más grande el productor de etanol de menor costo en el país.

desarrollarían plantas de etanol con una subvención de hasta 75% del costo total (WORLD BANK: 2005), ya para finales de dicha década, acaeció la segunda gran crisis de petróleo, con lo que el Programa gubernamental incentivó la compra de autos que utilizaran etanol, quitando impuestos, al mismo tiempo que subvencionaban el 65% del etanol que se utilizaba en dichos autos (WORLD BANK:2005). Así, a la par de la evolución de las políticas que apoyaban el uso del etanol, surgieron problemas sociales, como con propietarios de tierras, además de impacto ambiental porque no aprovechaban residuos que fueron quemados, todo ello con un problema de endeudamiento en el gobierno por mantener dicho programa.

Se suponía que el programa de subsidios sería temporal, sin embargo tras la caída de los precios del petróleo en 1986 no se pudieron eliminar los subsidios, aunado al aumento de los precios del azúcar que hicieron que escaseara el etanol, logrando déficit del programa del gobierno (CEPAL: 2008).

Por ello a partir de los años 90's se liberó paulatinamente del subsidio; se fueron desmantelando los incentivos económicos que el gobierno ofreció al programa, sin embargo los controles funcionan de otra manera, ya que el control de precios está en los insumos y para mantener la producción, el gobierno actualmente tiene un impuesto a 21% por importar azúcar, asimismo se tiene un acuerdo con los productores brasileños que deben mantener constante la producción, para satisfacer el mercado nacional y al mismo tiempo exportar a Estados Unidos, India, Corea, Japón, Suecia y Países Bajos. (CEPAL: 2007, WORLD BANK: 2005).

Otro incentivo por parte del gobierno, es la prohibición del uso de motores que usan diesel, además de un impuesto de 21.5% por importar etanol con sus aliados de MERCOSUR. Además desde 1993 el gobierno estableció como obligatorio que al menos se añada a la gasolina 22% de etanol. Pero cuando se experimentó el mayor aumento de etanol en Brasil fue a partir del año 2000 cuando se liberaron los precios de la industria. (CEPAL: 2008).

Desde el año 2002, con la liberación de los precios siguieron aumentando los precios del etanol, como respuesta al aumento en los precios del petróleo, es decir, ahora el precio del etanol, su oferta y demanda estarían controladas en mayor medida por el mercado que por el control gubernamental.

4.2.2 Estados Unidos de Norteamérica

La mayor parte de la producción de etanol en Estados Unidos proviene de maíz, con un estimado de 30 000 millones de litros, seguido por 2 000 millones de litros de soya⁴³. Dicha producción está altamente incentivada por el gobierno, algunos ejemplos son:

- **Ley del Impuesto sobre la Energía (1978):** Dada la crisis del petróleo de la década de los 70's, dicha ley fue el primer incentivo que contempló la producción de

⁴³ Cálculos de CEPAL "Estado Mundial de la Agricultura" 2008.

biocombustibles, exentando los impuestos sobre la venta de combustibles con mezcla de etanol⁴⁴.

- **Ley Agrícola (2002):** se fomentan refinerías para biocombustibles y se incentivan a productores de materias primas que se destinen a los biocombustibles.
- **Ley de creación de empleo de Estados Unidos (2004):** bonificación fiscal del impuesto sobre las ventas de etanol, 51 centavos. Dicha ley fue dirigida a productores.
- **Ley de política Energética (2005):** bonificación fiscal a los productores de biodiesel que usaran materias primas agrícolas como insumos, aproximadamente 1 dólar por galón⁴⁵. En la ley además se fijan objetivos en cantidades para la producción de biocombustibles⁴⁶.
- **Programa de biomasa (2005):** estimula la producción de biocombustibles y de biotecnología que sea capaz de reducir el uso de combustibles fósiles. Se le ha aportado aproximadamente 500 millones de dólares.
- **Ley de independencia y seguridad energéticas (2007):** se estipula un aumento de la producción de biocombustibles para alcanzar en 2022 los 36 millones de galones. Se destinan 500 millones de dólares anuales desde 2008 y hasta 2015 para la producción de biocombustibles. Además se destinan 200 millones de dólares para la instalación de infraestructura destinada a abastecer etanol.

⁴⁴ Significaba aproximadamente 4 centavos de dólar por galón, de acuerdo a World Bank, 2008.

⁴⁵ Algunos Estados también exentan los impuestos sobre las ventas (CEPAL: 2008).

⁴⁶ Hacia 2012 venta de 7 500 millones de galones.

El caso de Estados Unidos muestra un fuerte régimen institucional y legislativo en materia de producción de energía, cabe destacar que se han sabido posicionar como productores de biocombustibles gracias también a que en la legislación establecen cantidades de apoyo, subsidio y subvenciones en distintos niveles de la producción, en la distribución y venta.

4.2.3 Unión Europea

La Unión Europea ha experimentado crecimiento en la producción sobre todo de biodiesel, siendo el mayor productor Alemania, con más de la mitad de la producción. En materia legislativa, la Unión Europea cuenta con lo siguiente para promover los biocombustibles⁴⁷:

- **Directiva 2003/30/CE:** promueve la creación del mercado de biocombustibles, establece que se deben alcanzar entre el 2% hasta el 5.75% de mezcla de biocombustible con combustibles fósiles, siendo la última cantidad el último objetivo que tomará carácter de obligatorio el 31 de diciembre de 2010. Por ello los países miembro, deben modificar sus objetivos nacionales a manera de alcanzar la meta en el lapso de tiempo establecido.
- **Directiva 2003/96/CE:** diseñada para implementar incentivos fiscales para los biocombustibles, aunque cada Estado miembro tiene la libertad de decidir el nivel

⁴⁷ Ver Legislación de Unión Europea, en red.

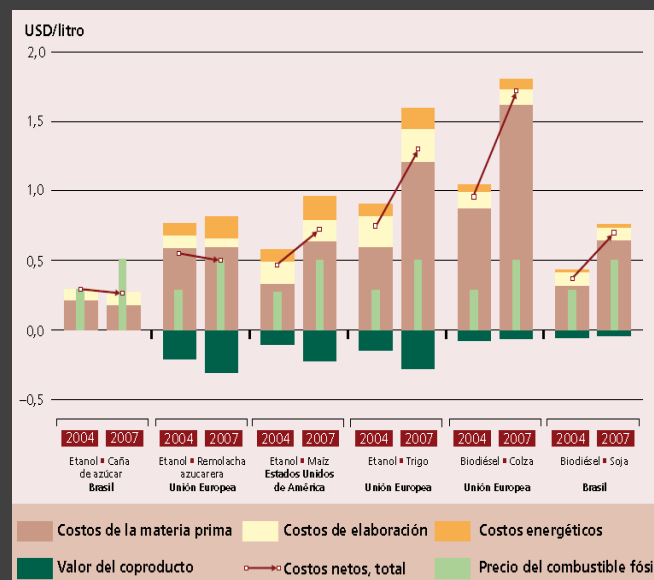
de incentivos deben pedir la autorización de la Comisión Europea para evitar que el precio salga del precio y se desequilibre la competencia.

- **Directiva 2003/17/CE:** establece el límite de 5% de mezcla de etanol, ello para apoyar al medio ambiente⁴⁸.
- **Política Agrícola Común (2003):** se incentiva la producción de cultivos destinados a la alimentación y se incentiva de otra manera a aquellos cultivos destinados a los biocombustibles⁴⁹.
- **Una Política Energética para Europa (2007):** fijó el objetivo de 20% de consumo de energías

renovables dentro del consumo energético total, y que el 10% del consumo de gasolina y diesel sea desplazado por biocombustibles.

La Unión Europea cuenta con estímulos para la producción, sin embargo, es necesario resaltar que se establecen metas y se otorga un plazo antes de la obligatoriedad. No obstante el interés de introducir biocombustibles, se toma en

Los costos de la producción de biocombustibles en algunos países se conforman de la siguiente manera de acuerdo con la FAO, 2008:



En todos los casos, incluyendo países o cultivo, el precio del combustible fósil es mayor que el costo de producción de biocombustibles, ello es evidencia de la necesidad del apoyo gubernamental para lograr que los biocombustibles sean competitivos.

⁴⁸ Hoy en día se debate si aumentar al 10% de la mezcla.

⁴⁹ 45 euros por hectárea.

cuenta la seguridad alimentaria, y los incentivos no son implementados con la finalidad de ampliar sin dirección la producción, se toma en cuenta que los incentivos apoyen, sin que sean los causantes de la creación de precios que no estén sustentados en la producción.

Los tres casos anteriores, muestran una fuerte legislación en materia de apoyo en la producción de biocombustibles, ya sea para incentivar su producción, su venta o su distribución; en los tres, el común denominador es el apoyo institucional y monetario para hacer rentable la producción, aunque con sus diferencias particulares; en el caso de Brasil, inicialmente el gobierno tenía una participación significativa y ya posteriormente se fue liberando más al mercado. En el caso de la Unión Europea se incentiva pero se controla el precio, para que los apoyos gubernamentales no tengan la mayor participación en la conformación de los precios. No es así en el caso de Estados Unidos, quienes aumentan el presupuesto y la participación de los apoyos para lograr que su producción de biocombustibles sea competitiva.

A continuación, en los siguientes gráficos, se muestra el apoyo a la producción de biocombustibles, el primero muestra el apoyo total en millones de dólares y el segundo la participación de la subvención por litro de biocombustible.

Gráfico 29
Subvención total a los
Biocombustibles (millones de dlls)

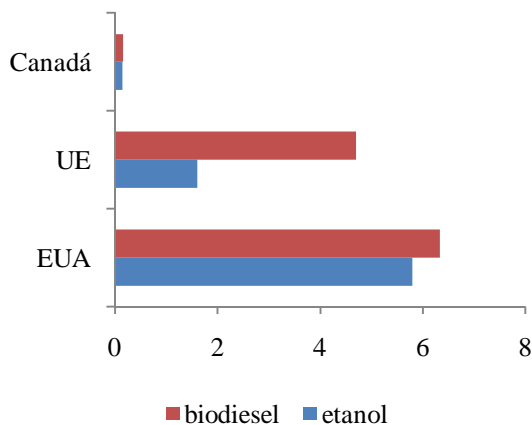
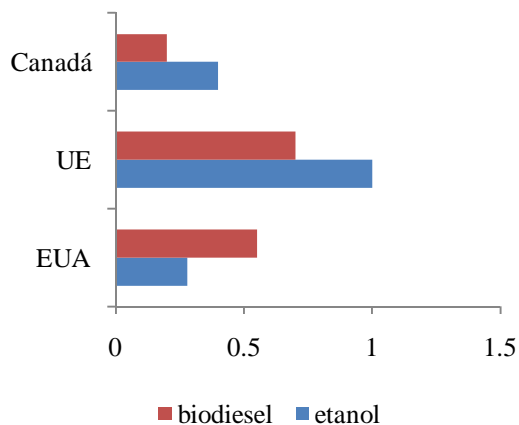


Gráfico 30
Subvención por litro a los
Biocombustibles (dlls. Por litro)



Fuente: Elaboración propia con datos de OCDE, 2010.

**Nota: los datos están referidos a 2008, no se incluye Brasil por no ser perteneciente a la OCDE y no contar con sus datos.*

En el Gráfico 29 se muestra que Estados Unidos es quien otorga mayores subvenciones totales a la producción de etanol y biodiesel, no es coincidencia que sea el mayor productor de etanol y el segundo más importante de biodiesel, siendo quien en términos reales otorga mayor cantidad de dólares a su producción, el caso de la Unión Europea, la mayor parte de la subvención es para el biodiesel, combustible donde es el mayor productor a nivel mundial. Sin embargo, cuando se observa el Gráfico 30, es la Unión Europea la que tiene mayor participación por dólar tanto en el etanol como en el biodiesel, siendo el etanol el que cuenta con una participación de casi un dólar por litro.

Las siguientes figuras muestran la repercusión de la eliminación de los apoyos gubernamentales en el caso del etanol y del biodiesel en países seleccionados.

Figura 8: cambio en el consumo y Producción de biocombustibles
(miles de millones de litros)

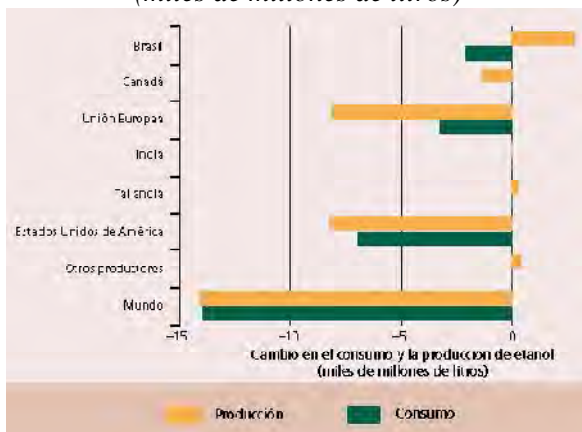
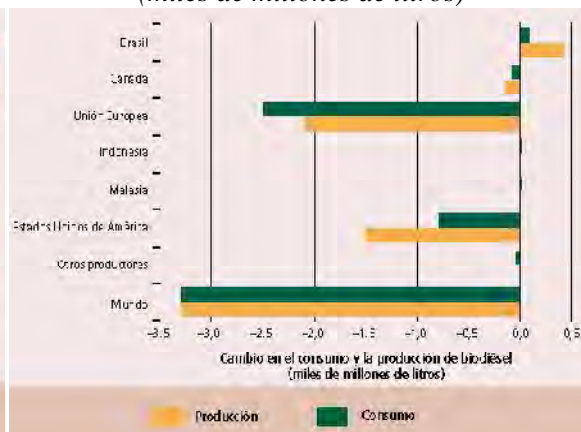


Figura 9: cambio en el consumo y Producción de biocombustibles
(miles de millones de litros)



Fuente: Tomado de FAO “Estado Actual de la Agricultura” 2008.

Dos casos son muy relevantes mencionar; en el de Brasil, que ya se ha liberado paulatinamente de la dependencia con las subvenciones para la producción, sería el único país que podría sostener la producción de ambos biocombustibles, demostrando que la subvención restante en la política de Brasil, está enfocada al consumo, el cual sí sería afectado.

Contrario es el caso de Estados Unidos quien experimentaría totalmente un descenso en el consumo de ambos combustibles, afectando en mayor medida a la producción que al consumo (aunque ambos son afectados) lo que significa que en mayor medida las políticas están orientadas a la producción.

La situación de la Unión Europea se ve más afectada la producción que el consumo de etanol, y en el caso del biodiesel es el consumo el que se encuentra más afectado, dadas las orientaciones de sus políticas.

4.3 Orientación de la Política Mexicana hacia la producción de biocombustibles para la disminución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

El marco jurídico e institucional en materia de biocombustibles en México está dirigido en su mayoría para asegurar el abastecimiento energético en México, para el estímulo del sector agrícola⁵⁰ y como estrategia para disminuir las emisiones de GEI, el cual es el más desarrollado y mencionado, por ello, el presente apartado se destinará para analizar la viabilidad de introducción de biocombustibles como estrategia de mitigación de dichas emisiones.

⁵⁰ El estímulo al sector agrícola tiene mayor relevancia en la “Ley de promoción y Desarrollo de Bioenergéticos” sin embargo éste tema no es desarrollado en el presente trabajo, por lo que no se ahondará en su análisis.

Aunque México ha asumido compromisos voluntarios internacionales, debe diseñar las estrategias y medidas necesarias para cumplir con sus compromisos con United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), además con la ratificación del Protocolo de Kioto.

Aunque no existe actualmente un acuerdo internacional que aborde específicamente el ámbito de biocombustibles, la UNFCCC incita a los países miembros de la

México es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas en Cambio Climático la cual firmó en 1992 y ratificó en 1993, por lo que tiene compromiso en materia de estabilización de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, entre los compromisos de las Partes de dicha convención se encuentran;

- *Las partes adoptarán políticas nacionales y medidas correspondientes al cambio climático, ello con el fin de limitar sus emisiones antropogéneas de gases de efecto invernadero.*
- *El crecimiento y desarrollo económico debe lograrse apoyándose de tecnología que apoye al objetivo de la reducción de emisiones.*
- *Los países deben reportar los avances en políticas y programas que cumplan con los compromisos anteriormente mencionados, ello con el fin de llegar a los niveles de 1990, las emisiones de GEI.*

Además, México firmó el Protocolo de Kioto en 1998, el cual lo ratificó en el año 2000 y entró en vigor en el año 2005, ello significa que México ha reforzado sus compromisos en materia de emisiones de GEI, si bien está dirigido a países del Anexo I, México se ha comprometido voluntariamente a reducir sus emisiones de GEI en un 50% con 1990 como año base.

En este sentido, en la Cuarta Comunicación de México a la Convención, el tema de los biocombustibles es reportado como un avance en materia de mitigación, dada la aprobación de la “Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos” y eso es considerado un avance por alinearse a los criterios de sustentabilidad ambiental en México.

De acuerdo con la misma comunicación, para el año 2006 México había aumentado sus emisiones en 40% respecto al año 1990.

Fuente: México, “Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (1997). México, “Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (2001). México, “Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (2006). México, “Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (2009). SEMARNAT “Estrategia Nacional de Cambio Climático” México, 2007. SEMARNAT “Programa Especial de Cambio Climático” México, 2009.

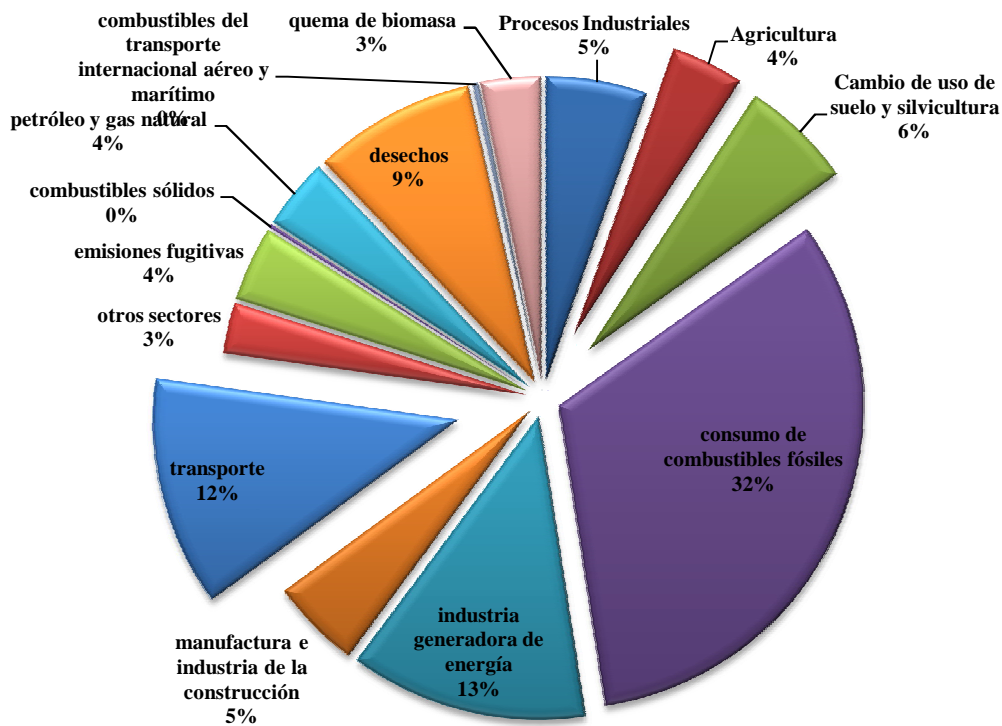
siguiente manera: *“tener en cuenta, en la medida de lo posible, las consideraciones relativas al cambio climático en sus políticas y medidas sociales, económicas y ambientales pertinentes y emplear métodos apropiados con miras a reducir al mínimo los efectos adversos en la economía, la salud pública y la calidad del medio ambiente, de los proyectos o medidas emprendidos por las Partes para mitigar el cambio climático o adaptarse a él”* (UNFCCC: 1992).

El Protocolo de Kioto que ha firmado México, contiene mecanismos para la promoción de la transición energética, como el Mecanismo de Desarrollo Limpio, en el cual se puede contemplar el desarrollo de biocombustibles. Sin embargo, no puede ser tan aventurada la aseveración de que los biocombustibles contribuyen a esta causa, pues si bien compensan las emisiones de GEI, durante su cadena productiva pueden almacenar mayor cantidad de dichos gases. Además debe tomarse en cuenta cada uno de los requerimientos por cultivo, por ejemplo, los fertilizantes son necesarios para la producción, y aquellos que son nitrogenados liberan dióxido nitroso quien tiene un potencial de calentamiento global 300 veces mayor al dióxido de carbono (CEPAL: 2008). Hay más ejemplos como éste, sin embargo el que analizaré con mayor detenimiento es al cambio de uso de suelo, éste, porque la conversión por ejemplo de pastizales puede emitir 300 toneladas por hectárea y la conversión de tierras forestales entre 600 y 1000 toneladas de CO₂e.

Gráfico 31

Emisiones de GEI por categoría como porcentaje del total de las emisiones

México, 2006



Fuente: Elaboración propia con datos de México, “Cuarta Comunicación Nacional a la Convención”, 2007.

En el Gráfico anterior se encuentran destacadas las categorías de transporte, con un 12% de la participación, la agricultura con el 4% y el cambio de uso de suelo con un 6%, ello porque todos atañen a la decisión de la producción de biocombustibles, el cambio de uso de suelo tiene especial relevancia porque en el caso de México, para estimular la producción de etanol y biodiesel, se requiere de mayor extensión de tierra para la agricultura, ello significaría pérdida de masa forestal por ejemplo,

dicha pérdida es significativa pues a nivel mundial, la pérdida de masa forestal constituye el 14% de las emisiones globales de GEI (INE: 2009).

De acuerdo con Fargione *et al.* (2008) la conversión de selvas lluviosas, sabanas y pastizales para la producción de etanol y biodiesel en América, libera al menos 17 veces más dióxido de carbono que lo que los biocombustibles pueden ahorrar comparado con los combustibles fósiles.

Por ello, si algunos de los requerimientos para la producción de biocombustibles tienen prácticamente la misma participación en emisiones que el transporte, debe entrecomillarse el argumento de la disminución de emisiones de GEI para México, pues las reducciones aparentes podrían ser superadas por liberación de carbono equivalente proveniente del cambio de uso de suelo.

En comparación con la liberación de GEI por cambio de uso de suelo, incluida la deforestación, de acuerdo con el Análisis McKinsey (2007) hacia 2030, la introducción de biocombustibles tiene un potencial de abatimiento de 9.1 MtCO₂e, lo que equivale a 1.9% de las emisiones totales y la proyección de su costo es de 37.9 dólares por tonelada de CO₂e abatida.

De acuerdo al mismo estudio, el implementar medidas como el mejoramiento del transporte público, la eficiencia de los autos existentes e introducción de vehículos híbridos pueden alcanzar un abatimiento del 14% de las emisiones de GEI.

5. Conclusiones y Recomendaciones

En el caso de la evaluación de los potenciales de producción de etanol y biodiesel, son dos aristas las que dirigieron el presente trabajo, por un lado, las implicaciones económicas y por el otro las ecológicas.

En el caso de las implicaciones económicas, se evidenció que efectivamente México se encuentra ante un escenario de escasez de petróleo *ergo* sus derivados, asimismo existe una disparidad entre la oferta y demanda de combustible, siendo más clara en el caso de la gasolina, donde el 40% de la oferta proviene de importaciones. Sumado a lo anterior, México se enfrenta a un escenario de aumento de la demanda de energéticos para el transporte por lo que sostiene el argumento de la introducción de biocombustibles para responder a las necesidades energéticas del sector del transporte.

De acuerdo con el análisis de precios, en el caso de la producción de etanol, sería costo- benéfica para la caña de azúcar o bien para el maíz suponiendo precio de 0.45 hasta 0.55 dólares por litro, requiriendo de apoyo gubernamental, pues hay que recalcar que se evaluaron costos iniciales de operación, no de mantenimiento ni depreciación. El apoyo otorgado podría ser por medio de subvenciones, las cuales no se encuentran establecidas en alguna legislación o estrategia institucional, por ello, la producción de etanol requiere de incentivo gubernamental en la producción que

permita sea rentable, o bien, manejo institucional que permita la introducción de vehículos con motores especiales para etanol. Además se puede incentivar por el lado del consumo, pero igualmente, no existe legislación que brinde subvenciones o bien exenciones de pago a aquellos que consuman etanol.

Dada la nula experiencia en el etanol, así como la falta de un marco institucional, sería aventurado considerarlo como sustituto de la gasolina, sin embargo podría implementarse una estrategia de introducción paulatina en la mezcla con gasolina, puede establecerse una meta inicial de 5%, a evaluarse y dictaminar una continuidad en la introducción o bien, tomar otra medida.

El caso económico del biodiesel, muestra ser más benéfico en el caso de la palma africana, representando un rendimiento de 2.12 pesos por peso invertido, sin embargo, no se cuenta con amplia experiencia de dicho cultivo en el país, y apenas se puede lograr una aproximación en los costos, pues los altos estímulos en subvenciones existentes en la Unión Europea, evitan evidenciar los costos reales, en cuanto a insumos. Al comparar con América Latina, México no muestra ventaja comparativa en algún cultivo insumo de biodiesel. Aún así, el precio del diesel sigue siendo menor, por lo que la introducción del biodiesel también requiere de estímulos a la producción o bien, en el consumo.

Como en el caso del etanol, una estrategia de introducción del biodiesel en el diesel, puede ser benéfica, siempre y cuando se diseñe una meta e incentivos económicos para alcanzarla.

La segunda arista es el tema ambiental, analizando las estrategias y legislación mexicana que contemplan la producción de biocombustibles, siguen el argumento de la capacidad de éstos en la disminución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, donde el transporte tiene una participación de 12% de las emisiones totales, sin embargo requerimientos como agricultura y cambio de uso de suelo, pueden equiparar su participación en las emisiones, así que midiéndolos en término ambientales, las emisiones de su producción se equiparan con las emisiones abatidas. De acuerdo al Estudio Mckinsey, hacia 2030 los biocombustibles podrían significar una reducción de emisiones del 1.9% de las emisiones totales, lo cual dista mucho de una participación del 14% de las emisiones provenientes de la deforestación.

México se enfrenta ante el problema de reducción de sus emisiones de GEI y asegurar la oferta de insumos energéticos para el transporte, y es una realidad que México cuenta con una balanza desfavorable en los casos de gasolina y diesel, podría adquirirse experiencia en la producción y uso de biocombustibles con una introducción de 5% de biocombustible en el combustible fósil, esto además, disminuyendo una parte de las emisiones de GEI. Dicha introducción, aunque no parezca significativa, puede acceder a financiamiento por tratarse de un Mecanismo

de Desarrollo Limpio, y estar obteniendo ingresos por el desarrollo de proyectos de este tipo⁵¹.

A continuación señalaré brevemente los incentivos y barreras para la introducción de biocombustibles en México:

- Economía y energía entre sus incentivos están apoyar en cubrir la demanda de energéticos, lograr competitividad en la producción de biocombustibles por medio de una curva de aprendizaje y ampliar oportunidades industriales. Significan una diversificación energética. Sin embargo sus barreras son los costos variables de insumos competitivos como en el caso del etanol, la caña de azúcar y la mayor barrera es la incertidumbre de inversión así como la falta de inversionistas y que no existe actualmente participación en el mercado mexicano.
- Desde el punto de vista ambiental, el estímulo para su producción es mitigación de emisiones de GEI, posibilidad de acceso a mecanismos financieros internacionales y mejora de las condiciones ambientales. Las principales barreras son la falta de inversión en cultivos así como falta de experiencia por ello, es posible no aprovechar los recursos, la presión por su

⁵¹ Evaluando en el aspecto económico y ecológico, la conservación de masa forestal también puede llevar a México a acceder a mecanismos financieros internacionales, que aunque no fueron desarrollados en el presente trabajo, vale la pena mencionarlos, como el mecanismo de financiamiento REDD+.

producción pueden significar una mayor demanda en tierras para cultivo y resultar, desde el punto de vista ecológico, desfavorable.

Dados los requerimientos e implicaciones económicas y ecológicas para la producción de biocombustibles líquidos en México, concluyo que es limitada pero importante la oportunidad del país para implementar programas pilotos o graduales de introducción de etanol y biodiesel.

La implementación paulatina de biocombustibles en los combustibles requiere un proceso de análisis y apoyo gubernamental para orientar las preferencias del consumidor a este tipo de energéticos, las estrategias y la legislación actual no son suficientes, debe incluirse específicamente el tema de subsidios e incentivos económicos, que es una estrategia clave para el éxito de las experiencias internacionales.

6. Referencias

- Almazán, O y González, L. (1999). Estudio de alternativas de materias primas, fuentes de energía y recursos tecnológicos para la producción de alcohol carburante en el sector azucarero y su impacto en la industria cubana de azúcar y derivados. Sao Paolo, Brasil.
- Becerra L. (2008). La industria del etanol en México. *EconomíaUnam* vol. 6
- CEPAL. (1991). El desarrollo sustentable: transformación productiva, equidad y medio ambiente. *Comisión Económica para el Desarrollo de América Latina*. Chile, Santiago de Chile.
- CEPAL/ OLADE/ GTZ. (2003). Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas. *Comisión Económica para el Desarrollo de América Latina* y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación técnica Alemana. Chile, Santiago de Chile.
- CEPAL/ GTZ (2008). Aportes de los Biocombustibles a la Sustentabilidad y el desarrollo de América Latina y el Caribe. *Comisión Económica para el Desarrollo de América Latina* y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación técnica Alemana. Chile, Santiago de Chile.
- CEPAL. (2007). Biocombustibles y su impacto potencial en la estructura agraria, precios y empleo en América Latina. *Comisión Económica para el Desarrollo de América*. Chile, Santiago de Chile.
- CEPAL. (2006). Costos y precios para etanol en Centro América.(preparado por Horta Nogueira, L.A.), Proyecto CEPAL/Gobierno de Italia, *Comisión Económica para el Desarrollo de América Latina*. Chile, Santiago de Chile.
- CEPAL/ GTZ. (2008). Biocombustibles Líquidos para el Transporte en América Latina y El Caribe. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación técnica Alemana.
- CEPAL/ GTZ. (2008). Energía y Cambio Climático: oportunidades para una política energética integrada en América Latina y El Caribe. *Comisión Económica para el Desarrollo de América Latina* y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación técnica Alemana. Chile, Santiago de Chile.
- CICC. (2007). Estrategia Nacional de Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático: SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- CICC (2009). Programa Especial de Cambio Climático. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático: SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- European Commission. (2006). Biofuels in the European Union: A vision for 2030 and beyond. Final report of the Biofuels Research Advisory Council, *EUR 22066*. UE.

- European Environment Agency. (2007). Assessing the potential impact of large-scale biofuel production on agricultural land use, farmland habitats and related biodiversity. UE.
- FAO. (2002). Crops and drops: making the best use of water for agriculture. *Natural Resources Management and Environment Department*. Roma, Italia.
- FAO. (2004). Unified Bioenergy Terminology – UBET. *Forestry Environment*. Roma. Italia.
- FAO. (2007). Agroenergy and Biofuels Atlas of the Americas. *Inter-American Institute for Cooperation on Agriculture*. Roma, Italia.
- FAO. (2008). Estado Mundial de la Agricultura: biocombustibles, perspectivas y riesgos. Roma, Italia.
- FAO. (2008). Fuelling exclusion? Biofuels boom and poor people's access to land. Roma, Italia.
- FAO. (2009). Mitigación del Cambio Climático y Adaptación en la agricultura, silvicultura y la pesca. Roma, Italia.
- Fargione *et al.* (2008). Land clearing and the biofuel carbon debt. *Scienceexpress*. Roma, Italia
- FSA/ USDA. (2006). Price Support Programs: Crop Corn, Grains Sorghum and Soybeans, Farm Service Agency, *United States Department of Agriculture*, Washington D.C., USA.
- Galindo Luis, et. Al. (2008). La economía del cambio climático en México. Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Gobierno Federal (2007). Estrategia Intersecretarial de Bioenergéticos. SAGARPA, SENER, SE, SEMARNAT, SHCP.
- Greene, N. (2005). How Biofuels Can Help End America's Oil Dependence. *Natural Resources Defense Council, Growing Energy*. Washington D.C. USA.
- Hazell, P. y R.K. Pachauri. (2006). Bioenergy and agriculture: promises and challenges. Overview. *IFPRI Focus 14, N° 1*, Washington D.C., USA.
- HM Treasury. (2004). ECAs for Biofuels: A Stakeholder discussion document. United Kingdom.
- HM Treasury. (2005). Innovations in the production of Bioethanol and their implications for energy and greenhouse gas balances. United Kingdom.
- Honty, E. Gudynas. (2007). Agrocombustibles y desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe. *Observatorio del Desarrollo*. Santiago de Chile. Chile.
- Horta N. (2007). Perspectivas de un Programa de Biocombustibles en América Central y Aspectos complementarios para la definición de un Programa de Bioetanol en América Central. México, D.F.

- IEA. (2004). Biofuels for transport an international perspective. *International Energy Agency*. Paris, France.
- IMP (2003). Energía. Sector Transporte 2000-2001. Instituto Mexicano del Petróleo para Instituto Nacional de Ecología. México, D.F.
- IMP. (2006). Proyección de emisiones por sector y gas (co2, ch4, n2o, hfc, pfc, sf6) para los años 2008, 2012 y 2030. Instituto Mexicano del Petróleo, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Energía y UNDP. México, D.F.
- Lazcano, I. (2006). Ethanol Feedstock. Documento de trabajo del Proyecto *Feasibility of Biomass-Derived Ethanol as a Fuel for Transportation*. SENER/BID. México, D. F.
- Lobato, V. (2007). Metodologías para optimizar el análisis de materias primas para biocombustibles en los países del MERCOSUR. *PROCISUR, IICA*. Montevideo.
- Lomelí. L. (2008). Consecuencias Sociales del Cambio Climático en México: Análisis y propuestas. Elaborado para SEMARNAT, publicación en proceso.
- Macedo, I.C. (2005). Biomass as a Source of Energy, Report prepared for the InterAcademy. *Council study on Transitions to Sustainable Energy Systems*. México, D. F.
- México. (1997). Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- México. (2001). Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- México. (2006). Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- México. (2009). Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. SRE, SAGARPA, SCT, SEDESOL, SE, SENER, SEMARNAT.
- OECD. (2007). Biofuel Support Policies. An Economic Assessment. Governments of Netherlands and Sweden.
- OPEC. (2009). World Oil Outlook. Organization of the Petroleum Exporting Countries. Austria, Viena.
- PEMEX (2006). Pronóstico de Ventas de gasolinas y diesel, 2006-2014. Gerencia de Evaluación de Operaciones, Dirección Corporativa de Operaciones, México, D.F.
- Pfaumann, P. (2006). Biocombustibles, ¿La fórmula mágica para las economías rurales de ALC?. BID, Unidad de desarrollo rural *SDS/RUR*. Santiago de Chile, Chile.
- PNUMA (2008). Cambio Climático 2007: informe de síntesis. Ginebra, Suiza.

- Prieur-Vernat, A. (2007). Biofuels in Europe. *Panorama*, IFP. Paris, France.
- Righelato, R. y Spracklen D. (2007). Carbon mitigation by biofuels or by saving and restoring forests? *Science*, vol. 317. USA.
- Ruiz, P. (2008). Distribución de los costos del cambio climático entre los sectores de la economía mexicana: un enfoque de insumo producto. Para SEMARNAT, publicación en proceso.
- Runge, F. and Senauer B. (2007). How Biofuels could starve the Poor?. *Foreign Affairs*, Sweden.
- SENER. (2005). Prospectiva sobre la Utilización de las Energías Renovables en México: Una Visión al Año 2030. Secretaría de Energía, *Subsecretaria de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico*, México, D.F.
- SENER /BID/ GTZ. (2006). Potenciales y viabilidad del uso de bioetanol y biodiesel para el transporte en México. *Secretaría de Energía*, Banco Interamericano de Desarrollo y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) Cooperación técnica Alemana. México, D.F.
- SENER/BID. (2007). Estudio de Factibilidad para los biocombustibles en México. Secretaría de Energía, *Subsecretaria de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico*, México, D.F.
- SENER. (2008). Balance Nacional de Energía. Secretaría de Energía. Subsecretaria de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México, D.F.
- SENER. (2008). Prospectiva de Petrolíferos 2008-2017. Secretaría de Energía y Gobierno Federal, México, D.F.
- SENER. (2010). Estrategia Nacional de Energía. Secretaría de Energía, Subsecretaria de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, México, D.F.
- Stern, N. et al. (2006). Stern Review on Economics of Climate Change. Cambridge Press University, United Kingdom.
- Smeets E. et al. (2006). Sustainability of Brazilian bio-ethanol. Report NWS-E-2006-110, *UNICAMP/University* Utrecht.
- UN-Energy. (2007). Sustainable Bioenergy: A Framework for Decision Makers”, United Nations.
- UNFCCC (1992) Protocolo de Kioto.
- Walter, A. et al. (2007). Market Evaluation: Fuel Ethanol. Deliverable 8, Task 40 *Sustainable Bio-energy Trade, Unicam*.
- Westcott, P. (2007). Ethanol expansion in the Unites States – How will the agricultural sector adjust?. *FDS-07D-01, USDA*. USA.
- World Bank, (2007) International Trade and Climate Change: Economical. *Legal and Institutional*. Washington, USA.

World Bank. (2008). Potential for Biofuels for Transport in Developing Countries. *Energy and Water Department*, The World Bank Group. Washington, USA.

World Bank. (2008). Estado Mundial de la Agricultura. Washington, USA.

World Bank. (2009). MEDEC: Mexico Low- Carbon Study. World Bank, SENER, SEMARNAT, y SHCP.

World Resources Institute (2008). Finding Balance: Agricultural residues, ethanol and the environment. Washington D.C., USA.