

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

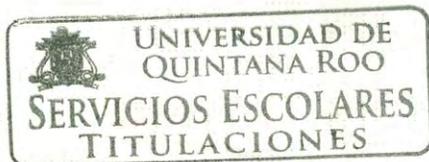
ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE PRODUCCION DE BIODIESEL EN Q ROO

TRABAJO MONOGRÁFICO
PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTA
ANGEL IVAN FELIX AGUILAR

ASESORES
M.I.A. JUAN CARLOS AVILA REVELES
DR. INOCENTE BOJORQUEZ BAEZ
M.C. JOSE MARTIN RIVERO RODRIGUEZ



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, JUNIO DE 2015

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo



UNIVERSIDAD DE QUINTANA ROO
DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TRABAJO MONOGRÁFICO BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ
DEL PROGRAMA DE LICENCIATURA Y APROBADA COMO
REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

COMITÉ DE TRABAJO MONOGRÁFICO

ASESOR:

~~M.I.A. JUAN CARLOS AVILA REVELES~~

ASESOR:

~~DR. INOCENTE BOJORQUEZ BAEZ~~

ASESOR:

~~M.C. JOSE MARTIN RIVERO RODRIGUEZ~~



CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO, JUNIO DE 2015.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Resumen

Con motivo de la creciente contaminación atmosférica por la emisión de gases derivados de la combustión de combustibles fósiles surge la idea de utilizar fuentes renovables como lo es el biodiesel para la industria y el transporte. Es por ello que nos dimos a la tarea de analizar la factibilidad para producir biodiesel en Quintana Roo desde el punto de vista económico y ambiental con el fin de crear una base sobre el tema que ayude en la consolidación de algún futuro proyecto además de alentar la discusión de este tema en inversionistas e investigadores del tema y público en general. Para llegar a esto utilizamos la investigación documental, así que recabamos información bibliográfica de fuentes oficiales para dar a conocer datos específicos sobre el tema a nivel nacional e internacional y tratarlos de utilizar a nivel local para contemplar la posibilidad de producir biodiesel, tomando como referencias los estándares y experiencias internacionales y nacionales. Esperamos le sea útil al lector.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Agradecimientos

Primeramente agradecerle a Dios por la vida y las fuerzas que me ha dado todos estos años para llegar hasta este objetivo. A mis padres Iván y Martha por el apoyo incondicional en todo sentido que me han dado para dar termino a la carrera y titularme.

Agradezco a mis asesores de la monografía que me orientaron y apoyaron para la realización de este trabajo y en general a mis maestros en la carrera que poco a poco fueron siendo parte de este proyecto.

A mis amigos y compañeros en la carrera por su amistad, compromiso y trabajo en equipo para sacar adelante cada trabajo en los fines de semestre.

A mi tío Carlos por apoyarme dándome trabajo para salir adelante en la carrera.

A mis amigos y amigas por todas las aventuras que vivimos juntos en este camino y darme ánimo para seguir adelante.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Índice

Introducción

Capítulo 1

Biodiesel, conocimientos generales

1.1 La energía y su importancia.....	4
1.2 Energías renovables.....	6
1.3 Biocombustibles.....	7
1.4 Biodiesel.....	8
1.5 Propiedades del biodiesel.....	9
1.6 Antecedentes.....	10

Capítulo 2

Normatividad, desarrollo y oportunidades de producción en QRoo

2.1 El biodiesel a nivel mundial.....	11
2.2 Ventajas y desventajas del empleo del biodiesel.....	14
2.3 Marco legal y normativo en México.....	16
2.4 Seguridad Alimentaria.....	18
2.5 Oportunidades para la producción y uso del biodiesel en Q Roo.....	19

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Capítulo 3

Clasificación y materias primas factibles para la producción de biodiesel

3.1 Clasificación de biocombustibles según la materia prima.....	21
3.2 Factibilidad de materias primas.....	21
3.3 Cultivos energéticos.....	22
3.4 Cultivos factibles en Q Roo para producción de biodiesel (Jatropha y palma africana).....	23
3.5 Aceite vegetal usado.....	27

Capítulo 4

Costos de la producción industrial y agrícola

4.1 Costos de producción.....	28
4.2 Costos agrícolas de la palma de aceite.....	30
4.3 Costos agrícolas de la Jatropha.....	32
4.4 Costos de producción de biodiesel a partir de aceite vegetal usado.....	34

Conclusiones.....	35
--------------------------	-----------

Bibliografía.....	37
--------------------------	-----------

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Introducción

Esta monografía se presenta como un trabajo expositivo acerca del desarrollo, oportunidades y condiciones para hacer factible la producción de biodiesel en Q Roo con el fin de invitar a la discusión y mejoramiento en las técnicas de producción y el biodiesel en general con fines económicos y para un mejor ambiente.

En un país productor de petróleo y con altos costos del combustible sería interesante investigar nuevas fuentes de energía alternativas y una de nuestras opciones es el biodiesel. Este documento analiza algunas de las condiciones que necesita un estado joven como lo es Quintana Roo para la producción de biodiesel en vista de los recursos que posee y de la gran cantidad de aceite residual que se genera a partir de los restaurantes y que se incrementa en la zona norte del estado por la industria del turismo.

Esto tendrá algunos beneficios primeramente en cuanto a la protección del ambiente, creación de empleos y esto daría como resultado que ya no dependamos de los combustibles fósiles hablando a largo plazo.

En el primer capítulo aprenderemos acerca de la energía y su creciente importancia; el uso del biodiesel como fuente alternativa de energía, sus antecedentes y su creciente importancia.

En el capítulo dos analizamos la situación actual en el mundo acerca del biodiesel cuanto se produce y que cultivos se usan. Hablaremos acerca de las condiciones para el desarrollo de la producción de biodiesel, las ventajas y desventajas de su uso. Además se expone la normatividad aplicable que se utiliza actualmente para la producción del biodiesel sin olvidar la seguridad alimentaria.

En el capítulo tres y cuatro se analizan las características agrícolas de los cultivos que son factibles para producción de biodiesel además del aceite vegetal usado, la clasificación de los biocombustibles y que hacen factibles a las materias primas; además nos enfocamos a los costos de producción y agrícolas en el caso de los cultivos energéticos como lo es el aceite de palma y la jatropha.

Cerramos con una pequeña conclusión analizando los aspectos en los que se podría trabajar para desarrollar proyectos relacionados con el biodiesel en Quintana Roo.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Capítulo 1

Conocimientos generales

1.1 La energía y su importancia

Es bien sabido por la mayoría de las personas la ley de la conservación de la energía que afirma que la energía no puede crearse ni destruirse, sólo se puede cambiar de una forma a otra, existe energía debido a la posición, el movimiento, la composición química, la masa, la temperatura y otras propiedades de la materia, la energía es por lo tanto uno de los fundamentos de la vida no sólo de la humana, sino de cualquier ser. Las plantas aprovechan directamente la energía luminosa del sol, y los animales toman la energía contenida en sus alimentos. El hombre, además de consumir alimentos como su fuente básica de energía, aprendió hace miles de años, poco a poco, a hacer uso de otras fuentes de energía para satisfacer otras necesidades y mejorar su calidad de vida.

Desde la prehistoria el hombre utilizó conscientemente la energía, capturaba el fuego producido por rayos que caían en árboles y los transportaba a sus refugios donde los preservaba poniéndole materia orgánica seca, el fuego les servía para nivelar su temperatura corporal en tiempo de frío, cocinar animales para su consumo y endurecer las puntas de sus lanzas.

En la época preindustrial la leña era la segunda fuente de energía, la tracción animal, la energía del viento en la navegación y la del agua en los molinos hidráulicos hasta ese entonces todas las fuentes de energía que utilizaba el hombre eran renovables pero aun así causaba algunos daños sociales y ambientales como la esclavitud, la deforestación de bosques y contaminación del aire (FQUIMUNAM, 2009).

La revolución industrial detonó el uso del carbón mineral, la máquina de vapor que impulsó el desarrollo en el transporte y en otras industrias como la siderurgia, minería y textil, con la llegada de la segunda guerra mundial se intensificó el uso del petróleo, la industria armamentista y todos los insumos que esta conlleva hacen que se desarrolle la explotación petrolera en varios países, termina la guerra pero la industria del llamado oro negro persiste trayendo prosperidad para algunos pero a la vez mayor emisión de gases efecto invernadero (FQUIMUNAM, 2009).

El petróleo tiene mayor densidad energética que el carbón, es más fácil de transportar. Es también más fácil de extraer. Por eso, su consumo se impuso a partir de la Segunda Guerra Mundial, dando origen a la llamada *era del petróleo*. Al paso del tiempo el creciente consumo y las necesidades de la humanidad fueron requiriendo de la energía eléctrica, nuclear, hidráulica, solar y de la biomasa (Colmenar y Castro, 1997).

Los países industrializados no han reducido su demanda energética a pesar de las mejoras en eficiencia energética, debido a que los mejores estándares de vida resultan en mayores expectativas de los consumidores. Así, por ejemplo, aunque se mejoró la eficiencia de los vehículos, los consumidores eligieron comprar vehículos más grandes y viajar mayores

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

distancias. En los países en desarrollo, tanto los programas de electrificación rural y urbana, como el desarrollo de sistemas de transporte y la industrialización, han derivado en un fuerte incremento en la demanda energética, muchas veces mayor al crecimiento poblacional (IEA, 2005).

El sector energético tiene un papel decisivo en México, ya que en él se sustenta en gran medida su desarrollo económico y social, y abarca desde la generación de electricidad e hidrocarburos como insumos para la economía y la prestación de servicios públicos, dando empleo a más de 300,000 trabajadores. En México la energía proviene mayormente del

Grafica 1. Reservas probadas por región



Nota. Las reservas incluyen aceite, condensados y líquidos del gas natural.
Fuente: BP Statistical Review of World Energy, June 2012.

Fuente: British Petroleum, 2007

reservas probadas por país, Venezuela se ubicó en el primer lugar, con 17.9% del total. Arabia Saudita concentró 16.1% de las reservas mundiales en 2011. México se ubicó en el décimo octavo lugar, con 0.8% del total mundial. (British Petroleum, 2007)

petróleo más del 80% de la energía proviene de los combustibles fósiles y tan solo un 11% en México proviene de otras fuentes como la biomasa y la hidráulica como los principales fuentes (SENER, 2006).

La comercialización de hidrocarburos en el plano internacional es un factor determinante para la generación de divisas y de importantes contribuciones fiscales para el gobierno federal. En suma, el sector energético representa un espacio económico clave. Respecto a las

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

1.2 Energías renovables

Una fuente renovable de energía se renueva constantemente, y por lo tanto nunca se va a agotar, el Sol es la fuente primaria que da origen a todas las demás fuentes renovables.

La energía de la biomasa, es decir, proveniente de las plantas y animales (leña, residuos agroindustriales, alcohol, aceites y grasas, etc.) también proviene primitivamente del sol (mediante el proceso de *fotosíntesis*) y es considerada renovable si su cosecha es sostenible y se permite que vuelvan a crecer.

Las principales ventajas de las energías renovables son, entonces:(PNUD, UNDESA y WEC, 2004).

Permiten diversificar las fuentes, tecnologías e infraestructura para la producción de calor, combustibles y electricidad.

Mejoran el acceso a fuentes limpias de energía.

Reemplazan el consumo de combustibles fósiles, permitiendo su ahorro para otras aplicaciones o para su uso futuro.

Mejoran la flexibilidad de los sistemas eléctricos ante cambios en la demanda.

Suelen ser más eficientes que los sistemas convencionales.

Reducen la contaminación y las emisiones de los sistemas energéticos convencionales.

A pesar de estas buenas noticias, la generación de electricidad renovable en todo el mundo desde el año 1990 creció un promedio de 2,8% por año, que es menor que el 3% de crecimiento visto en la generación total de electricidad. Mientras que el 19,5% de la electricidad mundial en 1990 fue producida a partir de fuentes renovables, este porcentaje se redujo al 19,3% en 2009(Global Energy Markets ,2007).

La bioenergía es la energía derivada de la conversión de la biomasa, donde la biomasa puede ser utilizada directamente como combustible, o transformada en líquidos y gases. La energía basada en biomasa represento aproximadamente el 10% del suministro de energía primaria total mundial en 2009. La mayor parte de esta se consume en los países en desarrollo para cocinar y calentar mediante chimeneas o estufas ineficientes muy simples con un considerable impacto en la salud (contaminación del humo) y medio ambiente (Global Energy Markets ,2007)

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

1.3 Biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles derivados de la biomasa o los residuos de materias primas en este caso el biodiesel proveniente de aceites vegetales de las semillas de ciertas plantas; dentro de los biocombustibles están el etanol y el biodiesel en el cual nos vamos a enfocar.

Uno de los mayores desafíos para la sociedad en el siglo XXI es satisfacer la creciente demanda de energía para el transporte, la calefacción, los procesos industriales y proporcionar la materia prima para la industria de una manera sostenible. Debido a la perspectiva de agotamiento de los combustibles fósiles, las crecientes preocupaciones ambientales en particular lo que tiene que ver con el calentamiento global, el aumento de la producción y utilización de los biocombustibles puede empezar a frenar el proceso de dicho cambio en la temperatura del planeta y lo que todo esto conlleva (FQUIMUNAM, 2009).

La producción mundial de biocombustibles combustibles líquidos y gaseosos derivados de la biomasa ha ido creciendo de forma constante durante la última década a partir de 16 mil millones de litros en el 2000 a más de 100 mil millones de litros en 2011, en la actualidad, los biocombustibles constituyen alrededor del 3% del total de combustible del transporte por carretera a nivel mundial y este porcentaje es considerablemente más alto en ciertos países. En 2008 Brasil, por ejemplo, reunió alrededor del 23% de su demanda de combustible para el transporte por carretera en con biocombustibles.(SEMARNAT,2009)

En cifras totales se cuantifica en 30,85 millones de toneladas el consumo de aceites vegetales y grasas, de los que 17,8 millones se destinaron a usos alimentarios y 9 millones a producir biodiésel. Como ejemplo del consumo mundial, del aceite de palma se destinan 3,25 millones de toneladas para alimentos y productos químicos, 2,5 millones a biodiésel y 1,14 millones para generar electricidad y calor (Oil Word, 2008)

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

1.4 Biodiesel

El prefijo *bio* hace referencia a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible diésel tradicional derivado del petróleo; mientras que *diésel* se refiere a su uso en motores de este tipo. Como combustible, el biodiesel puede ser usado en forma pura o mezclado con diésel de petróleo. (Biodiesel, 2014).

El biodiésel es un combustible renovable que se puede obtener principalmente a partir de aceites vegetales, animales, así como de aceites reciclados. (Dirección de Ahorro de Energía en el Transporte, 2009)

Físicamente es un líquido que puede tener un color que puede ir desde un tono amarillo claro hasta uno oscuro, y que es prácticamente inmisible con el agua; además de tener una viscosidad similar a la del diésel que se obtiene del petróleo, se puede mezclar con éste con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos automotores con motores Diésel (CONAE, 2007)

Químicamente hablando se trata de estructuras esteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales y que se emplea en los motores de ignición (American Standards for Testing and Materials, 2009).

Las mezclas más comunes son las B20 (20% de biodiésel y 80% de diésel de origen fósil), las B5 (5% de biodiésel y 95% de diésel de origen fósil), y que pueden usarse generalmente sin modificar el motor, pero también se puede emplear un 100% de biodiésel aunque son necesarias ciertas modificaciones del motor que le permitan evitar problemas de mantenimiento y de desempeño (CONAE, 2007).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

1.5 Propiedades del biodiesel

Las características del biodiesel son las siguientes:

- Combustible limpio.
- Es biodegradable.
- No tóxico.
- Alto índice de lubricidad.
- Libre de azufre y aromáticos.

El biodiesel es un combustible oxigenado, por eso tiene una combustión completa en comparación al diésel derivado del petróleo y produce menos gases contaminantes. Tiene un punto de inflamación relativamente alto (150 °C) que le hace menos volátil que el diésel del petróleo y es más seguro de transportar. (SENER, 2007).

Las propiedades del biodiesel varían según la materia prima a partir de la cual se le obtuvo (aceites vegetales nuevos o usados de distinto origen o grasas animales). Es por ello, que las normas indican un rango admisible en el valor de las propiedades. El costo del biodiesel varía dependiendo de la reserva, el área geográfica, la variabilidad en la producción de cosecha de estación a estación, el precio del petróleo crudo y otros factores. El alto precio del biodiesel es en gran parte debido al alto precio de la materia prima y también de la calidad que se requiera de éste.

Tabla 1. Propiedades del biodiesel

Propiedades	Biodiesel	Diesel
Metil ester	95.5->	-
Carbono(% peso)	77	86.5
Azufre(% peso)	0.0024	0.05 max
Agua(ppm)	0.05 % ma:	161
Oxígeno(% peso)	11	0
Hidrogeno(% peso)	12	13
Numero de cetano	48-55	48-55
PCI(kj/kg)	37700	41860
Viscosidad cinematica(40°C)	1.9-6.0	1.3-4.1
Punto de inflamacion(°C)	100-170	60-80
Punto de ebullicion(°C)	182-338	188-343
Gravedad especifica(Kg/l)(60°C)	0.88	0.85
Relacion aire/combustible	13.8	15

Fuente. www.bioenergeticos.com

El biodiesel tiene un peso específico de 0.88 comparado con 0.85 del combustible diésel. Por esta razón es ligeramente más pesado que el combustible diésel, por ello rociar la mezcla de biodiesel en la parte de arriba del combustible diésel es la forma ordinaria en que se realiza el procedimiento de mezclado. El biodiesel no contiene nitrógeno o aromáticos y normalmente posee menos de 15 ppm de azufre. Contiene 11% en peso de oxígeno, que justifica por qué es ligeramente menor su calor de combustión en comparación con el diésel petróleo y es característicamente bajo en monóxido de carbono, partículas, hollín y emisiones de hidrocarburos (SENER, 2007).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

1.6 Antecedentes

La idea de usar aceites vegetales como combustibles no es nueva, de hecho el primer motor diésel de la historia funcionaba con aceite de maní (cacahuete), su creador el alemán Rudolf Diésel lo presentó en la exposición universal de París de 1900 como un motor de aceite y con el pretendía potenciar la agricultura como fuente de energía. Posteriormente se hicieron ensayos con diferentes aceites vegetales crudos pero el tema perdió interés con el fuerte desarrollo de la petroquímica (FQUIMUNAM, 2009).

Sin embargo cuando se presentaron problemas de abastecimiento de petróleo especialmente durante las dos guerras mundiales se ha recurrido a los aceites vegetales para sustituir al diésel. Después de la Segunda Guerra mundial el desarrollo tecnológico en el campo de los motores diésel se intensifica y se basa en diésel derivado del petróleo, barato y con características muy precisas, necesarias para los nuevos sistemas de inyección y como consecuencia se abandona el empleo de los aceites vegetales como combustible para los motores diésel que resultaban más costosos y con características físicoquímicas menos favorables (FQUIMUNAM, 2009).

En 1973 cuando se presenta la primera crisis del petróleo se plantea el ahorro de la energía y la utilización de recursos energéticos renovables, reiniciando se la investigación en el campo de los biocombustibles líquidos de origen vegetal. Sin embargo el uso de aceites vegetales brutos como combustibles en motores diésel originaba diversos problemas con taponamiento de filtros, líneas e inyectores, etc. Como solución estos problemas se han planteado diferentes alternativas (FQUIMUNAM, 2009).

- Crear motores completamente nuevos para los combustibles alternativos como es el caso del motor Albert diseñado por la empresa ElsbettKonstruktion.
- Modificar los motores actuales para que se adapten a los combustibles alternativos.
- Utilizar los motores actuales, modificando los combustibles alternativos.

La tercera opción es la que más goza de mayor difusión actualmente y se logra mediante varios procesos cuyo objetivo es rebajar la viscosidad de los aceites vegetales hasta valores cercanos a lo del diésel de origen fósil y para conseguirlo se han planteado cuatro técnicas de producción:

- Mezclas de aceite-diésel
- Microemulsión
- Pirolisis
- Transesterificación

La transesterificación parece ser la alternativa más viable la más estudiada y la más estudiada hasta ahora y la que mejores resultados ha ofrecido hasta la fecha.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Capítulo 2

Normatividad, desarrollo y oportunidades para la producción.

2.1 El biodiesel a nivel mundial

Los principales productores mundiales son en su orden: Alemania, Francia, Estados Unidos, Italia, Malasia y Austria, sobresalen los crecimientos de Colombia, Brasil e Indonesia

México

Biocombustibles Internacionales S.A DE C.V en Nuevo León tuvo durante varios años una planta de 50,000 l/d a partir de sebo de res y aceites vegetales usados .El biodiesel era utilizado por Pemex refinación como aditivo para lubricidad del diésel de ultra bajo azufre. Desafortunadamente la planta fue cerrada en meses recientes debido a que Pemex refinación decidió dejar de comprar biodiesel como lubricante, esto habla de la dificultad de armar proyectos a largo plazo en el país cuando no se tiene un marco institucional solido o coherente entre las distintas instancias gubernamentales (CONAE,2007).

Chiapas Bioenergetico tiene dos plantas de biodiesel a partir de aceite de palma africana y de aceites vegetales usados con una producción de 2000 l/d propone establecer 20,000 ha de jatropha, ese biodiesel se utiliza en mezclas B5 y B20 en 40 vehículos de transporte en Tuxtla Gutiérrez (SEMARNAT,2007).

Estados Unidos de América

En enero de 1999 sólo algunas flotas utilizaban biodiesel, para septiembre de 2001, el número se incrementó en más de un 100%.La principal aplicación vehicular que se tiene del biodiésel en este país está en las flotas vehiculares del ejército así como de agencias gubernamentales. La producción anual de biodiesel en este país fue de aproximadamente 570 millones de litros en 2004, (80% a partir de la soya, 19% de grasa amarilla y un 1% de otros cultivos). En 2007, Estados Unidos produjo 1 855 ML y exportó 498 ML, y en 2008, produjo 2 585 ML y exportó 1 371 ML, con lo cual se consolida como el segundo mayor productor y exportador de biodiesel. En cuanto a sus mezclas B20 (mezcla de 20% biodiesel y 80% diesel fósil), B2 – B5 (mezcla de diésel fósil con 2 ó 5% de biodiesel) y B99 – B100 (biodiesel puro), además de otros a nivel local (FQUIMUNAM, 2009).

Entre los gobiernos estatales más activos en promover el uso del biodiésel se encuentra el de Minnesota; que a partir del año 2005 promovió un mandato para que el diésel destinado al autotransporte contenga un 2% de biodiésel. Entre los años 1995 y 2003, los subsidios a la soya aumentaron a 12 billones de dólares. La cantidad de tierra en donde se cultivaba la soya se incrementó en un millón de acres anualmente entre el año 1997 y el 2001. Uno de los aspectos que ha permitido el crecimiento del mercado del biodiésel es establecimiento de normas de calidad; en diciembre de 2001 la Asociación Americana para la Evaluación y Materiales (ASTM) publicó una especificación para el biodiésel (D6751). Por su parte la Barra Nacional del Biodiésel estableció la Comisión Nacional para la Acreditación del

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Biodiésel para desarrollar e implementar un programa voluntario para la acreditación de productores y comercializadores de biodiesel (CONAE, 2007).

Unión Europea

La Unión Europea es líder mundial en la producción y consumo de biodiésel, tan sólo en el año 2004 produjo alrededor de 2.2 billones de litros de biodiésel y donde los tres principales países productoras de este bioenergético son: Alemania (con 1.4 millones de toneladas), Francia (0.35 millones de toneladas) e Italia (0.32 millones de toneladas).

Alemania y Austria han concentrado sus esfuerzos a la promoción del B100, en contraste con el uso exclusivo de B5 en Francia. En Italia, la mitad de la producción de biodiésel es utilizada para emplearlo como aceite de calefacción y el resto para utilizarlo como mezcla B5. Han sido dos factores que han permitido a la Unión Europea convertirse en los líderes en la producción de biodiésel. La primera tiene que ver con una Política Agrícola en Común (CAP) que está orientada a una política de cultivos de los miembros de la Unión Europea en donde se promovió el subsidio a los productores de granos, oleaginosas y cultivos proteínicos que dedicaran un 10% de sus tierras para la producción de insumos para obtener el biodiésel. El segundo factor son los altos impuestos en los combustibles, que han permitido establecer subsidios directos a los biocombustibles a partir de una parcial o total exención de impuestos, tan sólo en el año de 1994 el Parlamento Europeo exento en un 90% los impuestos al biodiésel, en Alemania el biodiésel está exento al 100% de impuestos (CONAE, 2007).

Con la finalidad de promover la aceptación tanto de consumidores como de fabricantes de automóviles, en 1993 las autoridades de Alemania presentaron la norma de aseguramiento de calidad del biodiésel DIN 51606 que remplazó a la EN 14214 publicada por el Comité Europeo de Normalización. Es preciso mencionar que desde el origen de la industria del biodiésel ha trabajado conjuntamente con la industria automotriz (CONAE, 2007).

En cuanto al rendimiento de combustible de los vehículos que utilizan biodiésel y según el estudio "*Análisis del Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte*" que realizó el Ministerio de Medio Ambiente del Gobierno de España se puede concluir que el rendimiento de combustible cuando se utilizan mezclas B5 y B10 varía muy poco en comparación con el empleo de diésel de origen fósil (CONAE, 2007).

Asia

Los principales países productores de biodiesel son Indonesia (760 ML en 2007), China (338 ML) y Malasia (150 ML). Otros países productores de biodiesel son Filipinas, Japón, Tailandia e India.

China es el segundo mayor productor de biodiesel en Asia. 80% del etanol producido en China proviene del maíz, el restante es obtenido de trigo, sorgo y patata dulce (camote). Por su parte, el biodiesel es producido a partir de aceites de cocina usados y grasas animales,

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

pues debido a los hábitos de cocina chinos se producen anualmente cerca de 3 millones de toneladas de estos aceites y grasas(FQUIMUNAM, 2009).

Otros

Colombia figura en el décimo lugar de países productores, con 0,4%.Argentina, en tanto, es el segundo productor mundial de biodiesel, con 13,1%; Brasil se ubica en quinto lugar, con 9,7% de participación. (CEPAL, 2009)

El biodiesel no es producido actualmente en África, sin embargo existen planes y programas para poderlo fabricar en un futuro no lejano (FQUIMUNAM, 2009).

Tabla 2.Estándares de calidad del biodiesel según normas técnicas internacionales y nacionales

Propiedades	Principales normas			Unidades
	PNTP 321.125:20	ASTM D 6751-7	EN 14214:2002	
Contenido de calcio y magnesio combinado	5 max	5 max		ppm (ug/g)
Punto de inflamacion	93 min	130.0 min	120.0 min	° C
Control de alcohol				
Agua y sedimento	0.050 max	0.050 max		% volumen
Viscosidad cinematica a 40 ° C	1.9 - 6.0	1.9 - 6.0	5.0 max	mm2/s
Ceniza Sulfatada	0.020 max	0.020 max	0.020 max	% masa
Azufre	0.0015 max		0.05 0.001 max	% masa
Corrosion a la lamina de cobre	No.1	No.3 max	No.1	
Numero de cetano	47 min	47 min	51 min	
Punto de nube	Reportar	Reportar		°C
Residuo de carbon	0.050 max	0.050 max	0.30 max	% masa
Numero de acidez	0.50 max	0.50 max	0.50 max	Mg KOH
Glicerina libre	0.020 max	0.020 max	0.020 max	% masa
Glicerina total	0.240 max	0.240 max	0.250 max	% masa
Contenido de fosforo	0.001 max	0.001 max	0.0001 max	% masa
Temperatura de destilacion, 90 % recuperado	360 max	360 max		°C
Contenido de sodio y potasio combinado	5 max	5 max	6 max	ppm (ug/g)
Estabilidad de oxidacion	3 min	3 min		horas

Fuente: Morayma Uribe Gómez ,2010.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

2.2 Ventajas y desventajas del empleo del biodiesel.

El biodiesel tiene las mismas características que el combustible fósil, por ello se aplica en la sustitución total o parcial de este. Puede mezclarse con gasóleo procedente del refinado de petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.

Este recurso tiene la ventaja que es menos inflamable y tóxico en comparación con el diésel. Además, es biodegradable en su totalidad y no es peligroso para el medio ambiente, por lo que es seguro y fácil de transportar.

Tabla 3. Comparación Biodiesel-Petro Diésel en Motor Diésel

Parámetro	Unidades	Diésel	Biodiesel
Poder Calórico	Kcal/L	8.74	7.795
Densidad(15°C)	g/cc	0.820-0.845	0.860-0.900
Punto de inflamación	°C	55(Mínimo)	101(Mínimo)
Azufre	ppm	350(máximo)	10(máximo)
Contaminación total	ppm	24(máximo)	24(máximo)
Agua	ppm	200(máximo)	500(máximo)
Viscosidad cinemática	cSt(centistokes)	2.0-4.5	3.5-5.0

Fuente: www.biodiesel.org

De acuerdo con la tabla anterior se puede decir que:

- El poder calórico del biodiesel es menor que el combustible fósil.
- La densidad y la viscosidad aumentan con respecto al diésel, por lo tanto influyen en el transporte y almacenamiento del combustible. En el caso de la densidad, mientras mayor es la densidad aumenta la energía térmica. Mientras que la viscosidad tiene que ser menor para evitar fugas en el motor.
- El punto de inflamación en el biodiesel es mucho mayor que el gasoil, por ello es menos explosivo y más seguro de transportar.
- La cantidad de Azufre es mucho mayor en el diésel, esto contribuye al desgaste del motor, a la aparición de depósitos que afectan el funcionamiento del motor y el control de emisiones perjudiciales para el medio ambiente.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Ventajas

Es el único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, 2011), bajo la sección 211(b) del “Clean Air Act”

La combustión de biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono. Proporciona un leve incremento en óxidos de nitrógeno 12 *Ibíd.* 17 dependiendo del tipo motor. Distintos estudios en EE.UU. han demostrado que el biodiesel reduce en 90% los riesgos de contraer cáncer (INDUPALMA, 2013).

El biodiesel contiene 11% de oxígeno en peso. Prácticamente no contiene azufre por lo que no genera dióxido de azufre (SO₂) un gas que contribuye a la contaminación ambiental. El uso del biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diésel fósil, mientras el consumo, encendido, rendimiento y torque del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales (INDUPALMA, 2013).

Mayor poder disolvente, que hace que no se produzcan depósitos de carbón en los conductos internos del motor y por tanto permite mantener limpio el interior de este. Asimismo mantiene limpios los inyectores (CONAE.2007)

Desventajas

Las emisiones de óxidos de nitrógeno generalmente se incrementan debido al incremento de presión y temperatura en la cámara de combustión. La potencia del motor disminuye y el consumo de combustible se incrementa debido a que el poder calorífico de este bioenergético es menor que el del diésel de origen fósil. Sin embargo se considera que esto depende en mucho de la calidad del biodiesel que se emplea (Según un estudio realizado en Australia, se encontró que el consumo de combustible en un vehículo automotor que empleaba biodiésel era similar al de uno que empleaba diésel de origen fósil) (“Biofuels for Transport”, IEA, 2004).

El empleo de mezclas con más de 30% de biodiésel puede presentar problemas de solidificación (dependiendo de la temperatura ambiente), lo que obstruiría el sistema de alimentación de combustible del motor. (“Biofuels for Transport”, IEA, 2004)

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

2.3 Marco legal y normativo en México

El aprovechamiento de las energías renovables se sustenta en varios artículos constitucionales que tienen por objeto la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y al desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano.

Ley para el Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1° de febrero de 2008

Según sus desarrolladores, permitirá impulsar la agroindustria para la producción de etanol y otros biocombustibles como alternativa para contar con la autosuficiencia energética a través de fuentes renovables. Sin embargo, en ésta no se especifican claramente los mecanismos financieros y fiscales que se utilizarán para detonar esta industria. Se contempla la obtención de biodiésel a partir de grasas animales y desechos de aceites vegetales, entre otros puntos como los siguientes:

- La creación de una Comisión Intersecretarial de Bioenergéticos, integrada por representantes de SENER, SAGARPA, SEMARNAT, SE y SHCP.
- La ejecución por parte de la SAGARPA de un Programa de producción sustentable de Insumos para Bioenergéticos y de Desarrollo Científico y Tecnológico, con el fin de crear condiciones propicias para la producción de bioenergéticos en México (principalmente bioetanol y biodiesel).
- La ejecución por parte de la SENER de un Programa de Introducción de Bioenergéticos, para implementar en el sector energía los cambios necesarios para la mezcla de biocombustibles con combustibles de origen fósil.

Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía

En la cual se pretende cubrir un amplio abanico de diversas fuentes de energía renovables y su posible aplicación (electricidad, térmico, mecánicas, biocombustibles, etc.), de forma compatible con atribuciones de planeación energética del sector. Dentro de esta ley se propone un programa con metas de penetración de las energías renovables (incluyendo el etanol y el biodiésel para su uso en el transporte), compatible con un crecimiento de la oferta energética nacional.

Ley de los Bioenergéticos, el legislador, para no crear confusiones innecesarias y para distinguir a los bioenergéticos de los combustibles fósiles, los define en la fracción II del artículo 2 como:

“II. Combustibles obtenidos de la biomasa provenientes de materia orgánica de las actividades, agrícola, pecuaria, silvícola, acuacultura, algacultura, residuos de la pesca, domésticas, comerciales, industriales, de microorganismos, y de enzimas, así como sus derivados, producidos, por procesos tecnológicos sustentables que cumplan con las especificaciones y normas de calidad establecidas por la autoridad competente en los términos de esta Ley; atendiendo a lo dispuesto en el artículo 1 fracción I de este ordenamiento.”

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Las autoridades competentes para la aplicación e interpretación de la Ley de los Bioenergéticos son:

- La Secretaría de Energía (SENER)
- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)
- La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

El artículo 8 de dicha ley crea la Comisión de Bioenergéticos, la cual estará integrada por los titulares de la SAGARPA, SENER, SEMARNAT, la Secretaría de Economía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la cual tendrá entre otras funciones, la de:

“III. Establecer las bases para la concurrencia de los sectores social y privado, a fin de dar cumplimiento a esta Ley, así como a los programas y disposiciones que deriven de la misma, en lo relativo a las cadenas de producción y comercialización de insumos, y a la producción, el almacenamiento, el transporte, la distribución, la comercialización y el uso eficiente de bioenergéticos;”

Al referirse al sector social y privado, la Ley de los Bioenergéticos está dirigida a los comuneros, ejidatarios, y en general toda persona física o moral, que de manera individual o colectiva, realicen cualquier actividad relacionada con la producción, comercialización y/o distribución, transporte y almacenamiento de bioenergéticos.

Iniciativa de ley para el fomento y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables en el estado de Quintana Roo.

Fomentar el uso de las fuentes renovables de energía la eficiencia y la suficiencia energética en el Estado y los Municipios como instrumento de promoción del desarrollo sustentable, la innovación el desarrollo tecnológico la competitividad económica, la mejora de la calidad de vida y la protección y preservación del medio ambiente.

II. Realizar la planeación estatal y municipal en materia de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, alineados al plan estatal en los ejes de un Quintana Roo verde y competitivo y solidario como instrumento a las políticas públicas del fondo de transición energética del gobierno federal.

III. Establecer el marco legal de actuación de las autoridades estatales y municipales relacionadas con el fomento y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía.

IV. Impulsar y fomentar, de manera efectiva, la aplicación de la energía solar, eólica mareomotriz, mini hidráulica térmica y la proveniente de la biomasa como herramienta para lograr el desarrollo social del Estado y los Municipios, en armonía con el medio ambiente.

Certificación de la sustentabilidad que podría presentar la producción de biocombustibles si no se hace de manera correcta, se han desarrollado diversas iniciativas para certificar los

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

biocombustibles líquidos producidos de manera sustentable, en México la SEMARNAT está desarrollando la norma voluntaria NMX para la certificación de la producción de biocombustibles líquidos.

Fomento a la producción y uso eficiente de bioenergéticos a través de:

- Impulsar la producción de insumos para bioenergéticos a través de programas de apoyo a los productores agrícolas;
- Capitalizar el sector agrícola, mediante obras de infraestructura básica, productiva y de servicios para la producción; productiva y de servicios para la producción;
- Concertar programas y acciones con los sectores social y privado para el desarrollo de los bioenergéticos; establecimiento de criterios de sustentabilidad sujetos a certificación.
- Fomentar la producción de insumos para bioenergéticos, siempre que no compitan con la producción de alimentos, se cumpla con la normatividad y no se afecten áreas de conservación o se genere contaminación al aire, agua y suelo.
- Integración de instrumentos financieros, tales como arancel cero y depreciación acelerada en equipos no contaminantes o destinados a la producción de bioenergéticos; como el FOMECAR a través de BANCOMET, para proyectos de producción de bioenergéticos.
- Fomento al uso de tierras o en zonas semidesérticas para sembradíos tipo jatropha o higuerilla que requieren poca agua.

2.4 Seguridad alimentaria

“Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.” (Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 1996)

Esta definición, comúnmente aceptada, señala las siguientes dimensiones de la seguridad alimentaria:

Disponibilidad de alimentos: La existencia de cantidades suficientes de alimentos de calidad adecuada, suministrados a través de la producción del país o de importaciones (comprendida la ayuda alimentaria) (FAO, 2006).

Acceso a los alimentos: Acceso de las personas a los recursos adecuados (recursos a los que se tiene derecho) para adquirir alimentos apropiados y una alimentación nutritiva. Estos derechos se definen como el conjunto de todos los grupos de productos sobre los cuales una persona puede tener dominio en virtud de acuerdos jurídicos, políticos, económicos y sociales de la comunidad en que vive (comprendidos los derechos tradicionales, como el acceso a los recursos colectivos) (FAO, 2006).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Utilización: Utilización biológica de los alimentos a través de una alimentación adecuada, agua potable, sanidad y atención médica, para lograr un estado de bienestar nutricional en el que se satisfagan todas las necesidades fisiológicas. Este concepto pone de relieve la importancia de los insumos no alimentarios en la seguridad alimentaria. (FAO, 2006).

Estabilidad: Para tener seguridad alimentaria, una población, un hogar o una persona deben tener acceso a alimentos adecuados en todo momento. No deben correr el riesgo de quedarse sin acceso a los alimentos a consecuencia de crisis repentinas (por ej., una crisis económica o climática) ni de acontecimientos cíclicos (como la inseguridad alimentaria estacional). De esta manera, el concepto de estabilidad se refiere tanto a la dimensión de la disponibilidad como a la del acceso de la seguridad alimentaria. (FAO, 2006)

Los países que temen invertir en bioenergía pensando en que esto provoque inseguridad alimentaria sólo tienen en cuenta la dimensión de “producción” de la seguridad alimentaria. La evaluación ayuda a incluir la dimensión “capacidad de compra” o “acceso”. Por ejemplo, si el sector de la bioenergía crea oportunidades de cultivar o transformar la producción de biocombustibles para los pequeños productores o genera empleos en el transporte o la comercialización del biocombustible, se convierte en una propuesta favorable para la población pobre. Puede que las personas que acepten estos empleos se encuentren en una mejor situación que como productores de subsistencia. (FAO,2006)

Pensando en la seguridad alimentaria existen otro tipo de fuentes alternas que son los biocombustibles de segunda generación, son combustibles producidos a partir de materias primas que no son fuentes alimenticias, para lo cual se utilizan tecnologías que todavía están en etapas de investigación y desarrollo y con costos de producción aún muy elevados.

El aceite extraído de las algas se puede transformar en biodiésel, mediante el proceso de transesterificación antes mencionado. Se estima que con las tecnologías actuales de una hectárea de algas anualmente se pueden obtener más de 20.000 litros de biocombustible, rendimiento que seguirá mejorando conforme se perfeccionen las tecnologías. Las algas requieren agua, luz y CO₂, que puede ser obtenido de las chimeneas utilizadas en procesos industriales, lo que reduciría en forma significativa uno de los principales gases causantes del efecto invernadero. De las algas también se pueden obtener almidones, los cuales pueden convertirse en etanol. Algunas algas poseen un gran valor nutricional como fertilizante para cultivos y cumplen con las normas de agricultura orgánica que se han establecido. Actualmente los científicos definen a las algas como un “petróleo” biológico, al ser un recurso biológico renovable y que absorbe CO₂ en un ciclo sin fin(FAO,2006).

2.5 Oportunidades para la producción y uso del biodiesel en Q Roo

México cuenta con un incipiente mercado de automóviles con motores diésel por lo que se considera que el mayor uso de este bioenergético está en los camiones dedicados al transporte de pasajeros, así como el de mercancías que generalmente emplean motores diésel. Sin embargo, cabe mencionar que Europa, principal mercado del biodiesel cuenta con un mercado muy amplio de automóviles diésel y actualmente algunos fabricantes como Volkswagen han anunciado que sus motores diésel pueden operar con un B100, aunque

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

otros más conservadores como Citroën y Peugeot indican que sus actuales motores pueden emplear hasta una mezcla B30. En el Reino Unido, los fabricantes de automóviles mantienen su garantía si no se excede en un 5% de biodiesel. Por su parte, Scania una de los fabricantes más importantes de Europa de vehículos para transporte de carga y pasajeros, indica a sus clientes que sus motores pueden emplear biodiesel hasta mezclas B50 sin problema alguno, por lo que se considera que este fabricante puede convertirse en un actor importante en el mercado mexicano de los biocombustible (CONAE, 2007).

En México se pueden emplear varios tipos de cultivos oleaginosos para su obtención, la palma africana es la opción más rentable debido a que se cuenta con alrededor de 2.5 millones de hectáreas con buen potencial para su cultivo, localizadas en los estados de Chiapas, Campeche, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz. (SEMARNAT, 2007)

En Quintana Roo existe un interesante mercado de materia prima debido a la actividad turística y restaurantera, se producen miles de litros de aceite vegetal residual, apto para la producción de biodiesel; como ejemplo tenemos a estas dos empresas en Quintana Roo que recolectan el aceite vegetal usado, registradas por la SEMARNAT.

Biofuels México (998) 577 0522 www.recoleccionaceite.com Material: Aceite vegetal usado. Recolección a domicilio

CANIRAC Cancún Calle Mojarra 1, Playa del Carmen. (998) 271-0318 Material: Aceite Vegetal Usado

Además al producir biodiesel obtenemos como subproducto la glicerina utilizada en diversos productos como jabones, cosméticos, etc y esto a la vez trae beneficios ambientales y económicos.

Los cultivos que según sus características tienen afinidad con el clima tropical predominante en la región serían la jatropha y la palma de aceite.

Los precios de los cultivos energéticos no se rigen por la oferta y la demanda esto podría ser una base para incentivar los apoyos a agricultores interesados en producir cultivos energéticos para producción de biodiesel. México cuenta con hasta 18 mil hectáreas con condiciones para cultivos agrícolas que, en su caso, podrían aprovecharse para convertirse en biocombustibles, según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP, 2011).

Capítulo 3

Clasificación y materias primas factibles para la producción de biodiesel

3.1 Clasificación de biocombustibles según la materia prima

A continuación se da la clasificación de los biocombustibles y de la materia prima que se utiliza para fabricarlos.

- **Biocombustibles de Primera Generación:** utilizan materias primas de uso alimentario (como el maíz, la caña de azúcar o la soja) y tecnologías de proceso como la fermentación (para el etanol) y la transesterificación (para el biodiésel).
- **Biocombustibles de Segunda Generación:** se obtienen a partir de materias primas que no tienen usos alimentarios (el *Panicum virgatum* o el álamo) y semillas oleaginosas no comestibles (la *jatropha*) por las vías convencionales antes mencionadas y por medio de procesos termoquímicos (para la producción de biocombustibles sintéticos líquidos).
- **Biocombustibles de Tercera Generación:** utilizan métodos de producción similares en cultivos bioenergéticos específicamente diseñados o adaptados (a menudo por medio de técnicas de biología molecular) para mejorar la conversión de biomasa a biocombustible. (FQUIMUNAM, 2009).

3.2 Factibilidad de materias primas

Tener un balance energético positivo, es decir, que la energía neta contenida en la biomasa producida sea superior a la gastada en el cultivo, en la obtención de los productos y en la generación y distribución de energía utilizable va a hacer que nuestra materia prima sea factible económicamente y ambientalmente hablando.

La relación entre los cultivos y la industria energética debe abarcar temas que van desde cuestiones técnicas, económicas y geográficas, hasta los aspectos que aseguren el suministro de la materia prima necesaria para que la industria funcione, sin pasar por alto aspectos culturales y sociales del ámbito humano donde se vayan a realizar. Los centros de transformación deben estar próximos a los lugares de producción, ya que sería inconcebible gastar en el transporte de la biomasa más energía de la que luego se podría obtener de ella (SENER.BID.GTZ 2006).

El biodiesel puede producirse a partir de una gran variedad de cultivos oleaginosos, de grasas animales y de aceites y grasas recicladas. En este documento se estudiaron como insumos para este combustible a la *jatropha* y la palma africana, así como el uso de aceite vegetal usado. El biodiesel producido a partir de *jatropha* es técnicamente viable aunque no se tiene tanta experiencia a nivel internacional; finalmente el biodiesel de palma tiene el inconveniente de no permitir que los ésteres satisfagan los requerimientos de flujo en frío

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

en las regiones templadas. Los cultivos que analizamos no son necesariamente los únicos que se pueden producir en el estado pero si los más factibles en cuanto a sus necesidades de suelos y en cuestiones agrónomas, que con el empeño necesario se le pueden sacar mucho provecho ya que los aceites derivados de estos cultivos presentan buena calidad para producir biodiesel (SENER.BID.GTZ 2006).

3.3 Cultivos energéticos

Los cultivos energéticos son cultivos agrícolas o forestales producidos específicamente con fines energéticos en lugar de alimenticios, como ha sido la actividad tradicional en la agricultura. La biomasa obtenida puede transformarse tanto en biocombustibles líquidos para utilizarse en motores de combustión interna o también en biocombustibles sólidos para su aprovechamiento en aplicaciones térmicas para la generación de calor y electricidad. La ventaja principal de los cultivos energéticos es la predictibilidad de su disposición (SENER, 2004).

Los sistemas agroenergéticos están constituidas por agroindustrias en las que la producción y la transformación deben estar muy relacionadas. El desarrollo de los cultivos energéticos solamente se justifica si paralelamente se instala la correspondiente industria energética que utilice como materia prima la biomasa producida (SENER, 2004).

Entre las características ideales que deben cumplir los cultivos dedicados a fines energéticos cabe citar:

- Altos niveles de productividad en biomasa con bajos costos de producción para que la producción de biocombustibles sea económicamente viable en relación con los combustibles de origen fósil.
- No contribuir a la degradación del medio ambiente, de tal forma que el balance ambiental producido por el cultivo sea mejor al que se produciría si la tierra no estuviese cultivada o fuera ocupada por un cultivo tradicional.
- Posibilidad de desarrollarse en tierras marginales.
- Posibilidad de recuperar fácilmente las tierras después de finalizado el cultivo energético para realizar otros cultivos si las condiciones socioeconómicas así lo aconsejaren.

Asimismo, los cultivos energéticos comparten con la producción agrícola tradicional una serie de problemas, como la dependencia a las condiciones climatológicas y sus fluctuaciones, el uso de fertilizantes y pesticidas, la erosión del suelo (si el manejo no es adecuado), la pérdida de ecosistemas y biodiversidad (si se sustituye vegetación natural por monocultivos) y el deterioro del paisaje.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

3.4 Cultivos factibles en Q Roo para producción de biodiesel (*Jatropha* y palma africana)

Estos cultivos fueron seleccionados de acuerdo a sus características agrícolas y su comportamiento que presentan al suelo y clima locales, haciéndolos factibles para producción de biodiesel, obviamente siguiendo un método establecido de cultivo y producción agrícola.

Jatropha

Imagen 2. Frutos de la *Jatropha*.



Fuente: www.bioenergeticos.gob.mx

Nativa de América Central, fue difundida por Asia y África por comerciantes portugueses, como planta para cercar y hoy en día se ha expandido por el mundo entero debido a su gran facilidad para adaptarse a situaciones adversas, tierras degradadas, clima seco, tierras marginales, etc. Resiste en un alto grado la sequía y prospera con apenas 250 a 600 mm de lluvia al año. El uso de pesticidas no es importante, gracias a las características pesticidas y fungicidas de la misma planta. La planta puede vivir hasta 40 años (SEMARNAT.2007).

La *Jatropha Curcas* crece en casi cualquier tipo de terreno incluso terrenos arenosos o pedregosos; las hojas que caen de la *jatropha* enriquecen el suelo haciéndolo todavía más fértil. Climáticamente hablando, la *jatropha* se encuentra mayormente en los trópicos y subtropicos aunque también puede resistir a las bajas temperaturas. Requiere muy poca agua y resiste periodos largos de sequía deshojándose para reducir la transpiración (SEMARNAT.2007).

Tabla 4. Composición de la semilla de *jatropha*.

Componentes	% en peso
Agua	6.6
Grasa	38
Carbohidratos totales	32.5
Proteínas	18.2
Cenizas	4

Fuente: www.bioenergeticos.gob.mx

La floración en *Jatropha curcas* puede presentarse entre el 1º y 2º año en condiciones muy favorables, pero normalmente toma más tiempo (comúnmente hasta los 3 años). La

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

producción de semilla se estabiliza a partir del 4° o 5° año. Al parecer la formación de flores está relacionada con el periodo de lluvias(SEMARNAT.2007).

Puede florecer nuevamente después de producir frutos cuando las condiciones permanecen favorables por otros 90 días, pero después de la segunda floración, la planta no florece nuevamente, sino que se desarrolla vegetativamente. El desarrollo del fruto toma entre 60 y 120 días desde la floración hasta la madurez de la semilla. Los suelos ideales para cultivo de *J. curcas* deben ser arenosos, ventilados, bien drenados, pH entre 5 y 7, fertilidad media a escasa y con profundidad mínima de 40 centímetros. La propagación se realiza mediante semillas y/o esquejes (estacas) en invernadero. Las semillas para siembra deben ser obtenidas de plantas que hayan mostrado altas producciones (De la Vega, 2007).

Tabla 5.Requerimientos agroclimáticos de la jatropha.

Variable	Alto	Medio	Bajo
Altitud	0-100m	1000-1500m	>1500m
Precipitacion	600-1200mm	1200-1800mm	>1800 y >300mm
Temperatura	18°-28°C	28°-34°C	<18 C°
Pendiente	0	-	-
Uso del Suelo	Produccion agricola	-	-

Fuente: www.bioenergeticos.gob.mx

Las semillas contienen un aceite no comestible, que se puede utilizar directamente para aprovisionar de combustible a lámparas y motores de combustión o se puede transformar en biodiésel, mediante un proceso de transesterificación.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Palma africana

Imagen 3. Sembradio de palma de aceite.



Fuente. www.bioenergeticos.gob.mx

El aceite de palma o palma africana se viene consumiendo desde hace más de 5000 años y se obtiene de la fruta del árbol *Elaeis guineensis*. Este árbol es originario de Guinea Occidental. A partir del siglo XV se introdujo en otras partes de África, Sudeste Asiático y Latinoamérica a lo largo de la zona ecuatorial. La palma aceitera fue introducida en Malasia en 1870 como planta ornamental y fue cultivada a nivel industrial después de la Primera Guerra Mundial, aprovechando las experiencias obtenidas en las plantaciones de Sumatra. El cultivo fue extendiéndose rápidamente, creciendo de 5000 hectáreas sembradas en 1918 hasta 2.5 millones de hectáreas en 1996. La palma es originaria de África occidental, de ella ya se obtenía aceite hace 5.000 años, especialmente en la Guinea Occidental, de donde pasó a América, introducida después de los viajes de Colón, y en épocas más recientes fue introducida a Asia desde América. El cultivo en Malasia es de gran importancia económica, provee la mayor cantidad de aceite de palma y sus derivados a nivel mundial. En América, los mayores productores son Colombia y Ecuador (INIFAP, 2011).

La morfología de la palma de aceite es la característica de las monocotiledóneas; sus raíces se originan del bulbo radical de la base del tronco. En su mayor parte son horizontales. Se concentran en los primeros 50 centímetros del suelo. Sólo las de anclaje se profundizan. El tronco tiene un solo punto terminal de crecimiento con hojas jóvenes, denominado palmito. Puede alcanzar hasta 30 m de longitud. La proporción anual de elongación del tronco está entre 35-75 cm (en Malasia hay un promedio de elongación de 45 cm anuales). Con este crecimiento en altura de las palmas la cosecha de la fruta llega a ser muy difícil después de 15 años de edad de las plantas (INIFAP, 2011).

Óptimamente requiere mínimo 1600 a 2000 mm de lluvia anual y también necesita abundante luz solar, requiriendo aproximadamente 5 horas diarias en promedio todos los días del año. La humedad relativa debe ser superior al 75%. La evapotranspiración o pérdida de agua del suelo por evaporación directa y por la transpiración a través de las hojas, afecta el desarrollo de la palma de aceite (INIFAP, 2011).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Tabla 6 .Requerimientos agroclimáticos.

Variable	Alto	Medio	Bajo
Altitud	0-300m	300-400 m	400-800 m
Precipitacion	>1800mm	1500-1800 mm	<1500 mm
Pendiente	0-12 %	12-23 %	23-40 %
Latitud	Hasta los 22° de latitud norte	-	-
Suelos	Libre de arena y rccas	-	-
Uso de Suelo	Produccion Agricola	-	-
Clima	Calido y subcalidos humedos	-	-

Fuente: www.bioenergeticos.gob.mx

La humedad relativa está influida por la insolación, la presión del vapor de la atmósfera, la temperatura, el viento y la reserva de humedad del suelo. Necesita una temperatura media máxima del orden de 29 a 33°C y una temperatura media mínima de alrededor de 22 a 24°C, ya que las temperaturas menores detienen el crecimiento de las plántulas de vivero y disminuyen el rendimiento de las palmas adultas. Tarda aproximadamente 3-5 años en empezar a dar fruto, y alcanza su mayor productividad poco antes de los 20 años. Sin embargo es un cultivo que puede resistir períodos de sequía e inundaciones, condiciones climáticas extremas frecuentes en los países donde se cultiva (INIFAP, 2011).

El aceite de palma es un alimento natural que se extrae de las semillas sin necesidad de disolventes químicos, por lo que se reduce el riesgo de contaminación por residuos. Contiene iguales proporciones de ácidos grasos no saturados, el aceite de palma se extrae del mesocarpio del fruto de la semilla de la palma africana (*elais guinensis*) a través de procedimientos mecánicos. Está constituido por una mezcla de esteres de glicerol (triglicéridos) y es fuente natural de carotenos y vitamina E. Gracias a su versatilidad dada por su composición de ácidos grasos saturados e insaturados y su aporte nutricional el aceite de palma y las fracciones líquidas (oleína) y sólida (estearina son molidas en la elaboración de mezclas de aceites y margarina para mesa y cocina grasas de repostería y confitería, etc. Con base en el aumento significativo de su producción a nivel mundial se ha diversificado sus usos en otros campos como el de los combustibles detergentes, cosméticos, etc. (INIFAP, 2011)

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

3.5 Aceite vegetal usado

Un litro de aceite vegetal usado puede contaminar hasta 1,000 litros de agua, o lo que es lo mismo, la cantidad de agua que toma una persona promedio durante 1.15 años – según el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de la Argentina, aunque otras estimaciones indican que el potencial es de 1 a 10,000 litros, es decir, un litro de aceite podría contaminar 10,000 litros de agua, la ingesta de una persona promedio por 11.5 años (no hay que confundir con el potencial contaminante de 1 litro de aceite usado de coche, que sí puede contaminar un millón de litros de agua).(REOIL MEXICO, 2010).

Imagen 4. Aceite vegetal usado



Fuente: www.reoil.net/rauc.html

En México el sub-sector de restaurantes reportó para el año 2009 que 1 de cada 10 establecimientos comerciales (frituras, restaurantes y bares) es de elaboración de comidas contando con cerca de 353,210 establecimientos de preparación de alimentos de este modo el potencial de generación de aceites vegetales usados se estima en un rango de La inadecuada disposición del aceite usado supone serios problemas ambientales como:

- Disminución del paso de la luz impidiendo el intercambio de oxígeno entre el agua y aire en los ecosistemas acuáticos.
- Mayores costos e inconvenientes de operación en las plantas de tratamiento de aguas residuales y de mantenimiento de los sistemas de drenaje (bombas y válvulas).
- Riesgos de salud pública al reusar los aceites expuestos a altas temperaturas generando dioxinas cancerígenas, problemas cardiovasculares, además de problemas de obesidad.

Por otro lado el alto costo de los combustibles convencionales, junto con el aumento de emisiones de los contaminantes producidos por la combustión hacen que las fuentes renovables sean cada vez más atractivas y la demanda de energía se puede contrarrestar con el uso de biodiesel a partir de aceites usados (Demirbas, 2008).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Capítulo 4

Costos de la producción industrial y agrícola.

4.1 Costos de producción.

La inversión inicial está dada por el costo de capital que se obtiene del valor de adquisición e instalación de la planta en general nueva. El costo de manufactura anual, incluye los costos directos, los costos fijos, de materias primas y los generales. Dentro de los costos directos se tienen en cuenta, los costos de materias primas, tratamiento de residuos, servicios y mano de obra de operación entre otros. En los costos fijos se tienen en cuenta la depreciación, impuestos, locales, costos de manufactura y seguros. Los costos generales incluyen costos de administración, distribución, ventas, investigación y desarrollo (SENER, 2004).

La tasa de crecimiento anual de manufactura se estima del 5.31% anual, acorde al sistema inflacionario del país. El costo de salvamento para la planta se estima para los diez años de operación como el 10% del valor inicial en el año cero en que se inicia el proyecto (SENER, 2004).

Del valor de ventas anuales de biodiesel y subproductos, se obtiene el valor que tiene el diésel en el mercado. La tasa anual de crecimiento para el valor de ventas se estima para el biodiesel y los subproductos del 10 % anual (SENER, 2004).

Tabla 7. Conceptos referentes para la inversión total.

Concepto	Materia prima	Capacidad toneladas al año	Inversión de capital en la planta (miles de pesos)	Costo de la tierra (miles de pesos)	Inversión de capital total (miles de pesos por mega watt de biocombustible)
Planta agrícola de biodiesel con prensa (pequeña escala)	Semillas oleaginosas	3 600	11 800 000	1 040 000	2 100 000
Planta industrial de biodiesel con prensa (gran escala)	Semillas oleaginosas	93 750	310 900 000	23 553 000	2 590 000
Planta industrial de biodiesel (gran escala)	Aceite vegetal	93 750	184 800 000	6 540 000	1 490 000
Planta industrial de biodiesel multi-materias primas (gran escala)	Aceite usado Aceite vegetal Grasa animal	46 900	268 600 000	3 706 000	4 170 000

Fuente .www.bioenergeticos.gob.mx

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Presupuesto general

A partir de la idea de calcular los costos para plantas de producción nuevas, es decir, desde la planeación del negocio en adelante.

La vida económica de la planta se consideró a 10 años, que es un periodo de referencia para los inversionistas, con una tasa anualizada de 5.5% y una tasa de interés sobre créditos del 7%(SENER, 2004).

Costos relacionados al capital

Se consideraron tres rubros:

- La planta de biodiesel como tal.
- Los costos del terreno periférico a la planta.
- Los costos de desarrollo e ingeniería.

La cantidad de terreno se calculó a razón de 0.33 metros² por cada tonelada de combustible a procesar para plantas pequeñas; y de .075 y .085 metros² por tonelada de producción para plantas grandes. En el caso del precio del terreno dependerá de la plusvalía del lugar donde se desee establecer la planta de producción ya que los costos varían de la zona urbana a la rural. (SENER, 2004)

Precios de Sustancias Auxiliares y Energía

Son aquellas que se requieren para procesar el aceite y convertirlo en biodiesel. Incluye el proceso de esterificación.

- Metanol (CH₃OH): 3,630 pesos.
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄): 1,330 pesos.
- Hidróxido de potasio (KOH): 9,970 pesos.
- Metilato de sodio (NaOCH₃ en H₃OH): 8,310 pesos.
- Electricidad: aproximadamente: 0.75 pesos por kWhel.
- Gas natural (producción en gran escala): 75 pesos por MJ.
- Diésel (producción en pequeña escala): 5.50 pesos por litro
- Plantas agrícolas: 81.000 pesos al año.
- Plantas industriales: 121,500 pesos al año.

Seguros y servicios

Cada uno corresponde a un 1% de la inversión de capital, ingresos por venta de subproductos se emplearon para el cálculo los siguientes precios de venta:

- Torta de jatropha: 780 pesos la tonelada.
- Glicerina cruda: 1,635 pesos la tonelada.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Promedio del transporte del producto final

- Se calculó en 0.34 pesos por litro.

4.2 Costos agrícolas de la palma de aceite

El costo de producción de aceite primario de palma (es decir, el que se usa al inicio del proceso de producción de biodiesel) se integra por los costos de producción de los racimos de fruta fresca más el costo de su molienda (SENER, 2004).

Tabla 8. Costos agrícolas de la palma de aceite del primer año.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1.- Preparación del terreno				2,621.00
Chapeo	Ha	1	500.00	500.00
Barbecho	Ha	1	1,200.00	1,200.00
Rastreo	Ha	2	460.50	921.00
2. Siembra				9,686.00
Estacas	Pieza	143	2.00	286.00
Trazo y balizado	Ha	1	500.00	500.00
Ahoyado	Jn	3	100.00	300.00
Adquisición planta y flete	Pieza	150	56.00	8,400.00
Acarreo y trasplante	Jn	2	100.00	200.00
3.- Fertilización				1,800.00
Formula 17-17-17	Kg	150	10.00	1,500.00
Aplicación	Jn	3	100.00	300.00
4.- Saneamiento				200.00
Corona de riego	Jn	1	100.00	100.00
Enderezado de plantas	Jn	1	100.00	100.00
5.- Control de malezas				3,600.00
Rastreo	Ha	2	700.00	1,400.00
Cajeteo	Jn	12	100.00	1,200.00
Chapeo mecánico (Calles)	Jn	2	500.00	1,000.00
6.- Control de plagas y enfermedades				1,400.00
Control de roedores	Jn	3	100.00	300.00
Rodenticida	Lt	2	150.00	300.00
Aplicación de rodenticida	Jn	3	100.00	300.00
Insecticida (Parathion M)	Kg	2	100.00	200.00
Aplicación de insecticida	Jn	3	100.00	300.00
7.- Riego				51,200.00
Equipo (Bomba, accesorios de riego, tubería y aspersores)	Ha	1	32,000.00	32,000.00
Instalación (Cavado e instalación de tubería)	Ha	1	18,000.00	18,000.00
Mantenimiento	Ha	1	1,200.00	1,200.00
Total costos directos (Sin riego)				19,307.00

Fuente: www.inifap.gob.mx

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Tabla 9. Costos agrícolas de la palma de aceite del primer al segundo año.

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1. Fertilización				2,000.00
Formula 17-17-17	Kg	150	10.00	1,500.00
Aplicación	Jn	5	100.00	500.00
2.- Saneamiento				200.00
Corona de riego	Jn	2	100.00	200.00
3.- Control de malezas				3,000.00
Rastreo	Ha	1	700.00	700.00
Cajeteo	Jn	18	100.00	1,800.00
Chapeo mecánico (Calles)	Jn	1	500.00	500.00
4.- Control de plagas y enfermedades				342.00
Insecticida (Parathion M)	Kg	2	71.00	142.00
Aplicación de insecticida	Jn	2	100.00	200.00
5.- Riego				3,500.00
Mantenimiento (4.4% depreciación del sistema de riego)	Ha	1	3,500.00	3,500.00
Total costos directos (sin riego)				5,542.00

Fuente: www.inifap.gob.mx

Los costos de producción de los racimos de fruta fresca incluyen la preparación de la tierra, la plantación, los caminos, fertilizantes, los agroquímicos, etc. Como ejemplo En Malasia el costo para establecer una hectárea de palma de aceite es de 1,860 dólares durante los primeros tres años. Para nuevas plantaciones el costo se puede elevar entre 20% y 30% debido a la preparación del terreno (SENER, 2004).

Tabla 10. Costos agrícolas del segundo al tercer año

Concepto	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
1. Fertilización				2,400.00
Formula 17-17-17	Kg	180	10.00	1,800.00
Aplicación	Jn	6	100.00	600.00
2.- Saneamiento				200.00
Corona de riego	Jn	2	100.00	200.00
3.- Control de malezas				3,200.00
Rastreo	Ha	1	700.00	700.00
Cajeteo	Jn	20	100.00	2,000.00
Chapeo mecánico (Calles)	Jn	1	500.00	500.00
4.- Control de plagas y enfermedades				786.00
Insecticida (Parathion M)	Kg	4	96.50	386.00
Aplicación de insecticida	Jn	4	100.00	400.00
5.- Riego				3,500.00
Mantenimiento (4.4% depreciación del sistema de riego)	Ha	1	3,500.00	3,500.00
Total costos directos (sin riego)				6,586.00

Fuente: www.inifap.gob.mx

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Tabla 11. Total de costos agrícolas de la palma de aceite

CONCEPTO	ESTABLECIMIENTO	MANTENIMIENTO		TOTAL CULTIVO
		1er. Año	2do. Año	
Preparación del terreno	2,621.00			2,621.00
Siembra	9,686.00			9,686.00
Adquisición de planta y flete	8,400.00			8,400.00
Plantado	1,286.00			1,286.00
Fertilización	1,800.00	2,000.00	2,400.00	6,200.00
Saneamiento	200.00	200.00	200.00	600.00
Control de malezas	3,600.00	3,000.00	3,200.00	9,800.00
Control de plagas y enfermedades	1,400.00	342.00	786.00	2,528.00
TOTAL	19,307.00	5,542.00	6,586.00	31,435.00

Fuente: www.inifap.gob.mx

Después de tres a cinco años la palma está madura y los racimos de fruta fresca pueden cosecharse mensualmente durante 25 años o más. Los costos directos de producción de los racimos de fruta fresca varían de 3650 a 7900 pesos por hectárea por año y de 230 a 680 pesos por tonelada.

Los costos indirectos anuales por hectárea de palma madura están entre 3590 y 3890 pesos. El costo indirecto promedio de los racimos de fruta fresca es de 128 pesos por tonelada. Después de que los racimos de fruta fresca son cosechados, se envían a los molinos donde el aceite es extraído y las semillas son separadas. La cantidad de aceite de palma crudo obtenido de cada racimo es alrededor del 18% al 24% dependiendo del cultivo. El costo promedio por moler una tonelada de racimos de fruta fresca es de 170 pesos. (SENER, 2004).

4.3 Costos agrícolas de la *jatropha*

Según el estudio de SENER/ BID/ GTZ en un proyecto de 24 años de duración este sería el análisis económico arrojado, se cosecharán 102.34 toneladas de semilla seca por hectárea, con una población de 1,111 plantas por hectárea (3m x 3m), obtenida a través de semilla o de esqueje.

Costo de la plantación y mantenimiento del cultivo por hectárea, en la vida útil del proyecto:

- Semilla \$ 992
- Planta vivero \$ 992
- Preparación del terreno definitivo (m.obra) \$2,060
- Siembra 257 Subtotal 4,201
- Chapeos (1 al año) 21 años \$21,000
- Cultivos y podas 21 años \$13,650
- Combate de plagas 23 años \$ 6,900 Subtotal 43,550
- Cosecha de fruta fresca (\$150/ton)

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Corte y acarreo (21 años) 101,316
 Flete a la Agroindustria (\$30/ton) 20,263
 Costo total por hectárea (23 años) 169,430
 Costo total por kilo de nuez seca \$ 1.66

Participación de la materia prima (Costo Primo) en la fabricación por litro de Biodiesel En la práctica, una tonelada de nuez seca, produce 349 kilos de aceite más 651 kilos de torta.

Los 349 kilos de aceite producirán 436 litros de Biodiesel:

Costo de la semilla 1,660
 Valor de la torta a la ganadería (508)
 Costo de la materia prima a Biodiesel 1,152
 Costo Primo por litro de Biodiesel \$ 2.64

Tabla 12. Resumen por año, por hectárea de la producción en 24 años.

Año	Semilla kg/ha	Torta Kg/ha	Aceite kg/ha	Biodiesel Lts/Ha
3	3,340	2,174	1,166	1,449
4	4,000	2,064	1,396	1,735
5	5,000	3,255	1,745	2,168
6-24	90,000	58,590	31,410	39,030
Totales	102,340	66,623	35,717	44,382

Fuente: SENER/BID/GTZ

El rendimiento por hectárea, después de los 5 años es de puede alcanzar hasta 5 toneladas de semilla seca por hectárea con semillas que contienen entre 35 y 40% de aceite. De estas 5 toneladas 1.8 a 2 toneladas son de aceite y 3.25 toneladas de un subproducto que puede ser vendido como alimento para ganado: una torta que contiene 57% de proteínas, el valor de la tonelada de torta es de \$508 pesos (SENER, 2004).

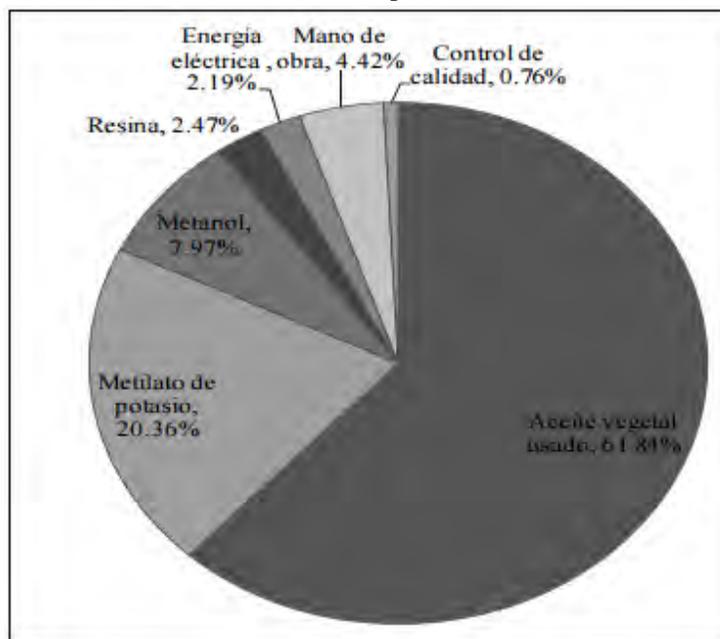
- Las cáscaras de la semilla tienen un alto contenido calórico (16 MJ por kilogramo), por lo que se pueden usar o vender como combustibles en las comunidades rurales del.
- La semilla es rica en nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que puede emplearse como fertilizante natural de los propios campos de jatropha o venderse para fertilizar otros cultivos.
- La pasta de las semillas (torta residual) tiene entre 58% y 60% de proteína cruda y aminoácidos esenciales que puede ser vendida como alimento para ganado a un 80% del precio de la pasta de soya.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

4.4 Costos de producción de biodiesel a partir de aceite vegetal usado

En el caso del aceite vegetal usado los costos de producción son generados principalmente por el precio de compra de la materia prima cerca del 77% del costo total, de esta manera el costo final de producción en este caso es de \$18.24 por litro de biodiesel, lo cual supone que una reducción del costo de la materia prima es el primer paso para reducir el precio del producto final. Con el proyecto de recolección y aprovechamiento de aceite usado fue posible reducir el costo en más de 54% permitiendo disminuir el costo de producción a \$10.05 por litro de biodiesel. El mayor

Grafica 1. Estructura de costos de producción con AVU



Fuente: www.concyteg.gob.mx

costo en la recolección del aceite usado es el pago de salario, aproximadamente 67% seguido de 20% de consumo de combustible y fletes. (CONCYTEG, 2012).

En resumen desde el punto de vista ambiental y económico es factible aprovechar el aceite usado como materia prima para la producción de biodiesel ya que genera una reducción de más del 45 % del costo total de la producción ,obviamente su utilización está limitada por los niveles de recolección . El biodiesel producido con el aceite vegetal usado se utilizó en una mezcla B25 en algunas unidades y en 6 camiones se consumió una mezcla de B20 logrando reducir en 14% las emisiones de CO₂ ,9% humos negros y 43% de hidrocarburos no quemados (CONCYTEG, 2012).

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Conclusiones

El análisis económico muestra que en casi todos los casos los precios de producción del biodiesel son mayores que el costo del diésel comercializado por PEMEX. En este sentido, la situación en México no es muy diferente de la de otros países, cabe mencionar que si hubiera un programa de cultivos energéticos y subsidios como incentivos se podrían reducir costos.

Los costos de producción del biodiesel tienen un rango de entre \$5.3 a \$12.4 pesos por litro equivalente siendo los cultivos más competitivos la palma, el girasol y soya. Los costos de los insumos agrícolas representan entre el 59% y 91% de los costos de producción del biodiesel (SENER.BID.GTZ 2006).

Derivado de este análisis mi sugerencia es que de manera inmediata en el estado de Q Roo la introducción del biodiesel podría basarse sobre todo en el uso de materias primas de bajo costo como aceites y grasas recicladas (SENER, 2006)

En el mediano plazo de que se quiera implementar esta tecnología se requerirán esquemas de incentivos para la introducción del biodiesel de manera masiva a fin de permitir la sustitución de entre el 2% y 5% del diésel de petróleo (CONAE, 2007).

Para lograr estas metas se necesita un plan de desarrollo del mercado de este combustible que contemple aspectos como: establecer de manera inmediata el marco legal –por ejemplo, una directiva de biodiesel con objetivos claros, estándares nacionales para este combustible e incentivos a la producción agrícola y comenzar a desarrollar una industria nacional de producción de biodiesel, incluyendo actividades de capacitación y de investigación y desarrollo (SENER, 2006).

Asimismo, se necesita aumentar de manera muy significativa el área de cultivos oleaginosos, puesto que nuestro país no cubre actualmente ni siquiera la demanda de aceites comestibles (CONAE, 2007).

La producción de biodiesel a escala comercial puede ser factible en Q Roo en el mediano plazo de realizar acciones integrales que deben incluir aspectos técnicos, económicos y medioambientales, de concertación con el sector agrario y agroindustrial así como un esfuerzo importante en investigación y desarrollo tecnológico.

La viabilidad económica de un programa de biodiesel implica la optimización de eficiencia de los proceso de toda la cadena productiva, además de la valoración de la glicerina y demás subproductos del proceso. Las ventajas de un programa nacional de biodiesel serían muy importantes. Desde el punto de vista ambiental, la sustitución de diesel de petróleo por biodiesel permitiría ahorrar alrededor de 1.7 millones de toneladas de CO₂/año hacia el año 2010 y 7.5 millones de toneladas de CO₂/año hacia el 2014(CONAE, 2007).

El uso del biodiesel en los vehículos automotores se debe apreciar como una alternativa para preservar los recursos petrolíferos del país y mitigar los gases de efecto invernadero,

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

sin embargo desde el punto de vista de ahorro de energía se requieren hacer pruebas para evaluar el impacto que tendría en el rendimiento de combustible (CONAE,2007).

Se considera que México cuenta con áreas de oportunidad para emprender proyectos que permitan la introducción del uso de biodiésel en vehículos automotores, principalmente en el ramo de vehículos automotores destinados al transporte de carga y pasajeros, sin embargo para que estos sean viables se requiere contar con algunos elementos indispensables como concertar las estrategias necesarias entre el gobierno federal, gobiernos estatales, instituciones de investigación, fabricantes de vehículos automotores, agricultores, empresarios, así como las cámaras del autotransporte de carga y pasaje que permitan impulsar el uso masivo del biodiésel en nuestro país(CONAE,2007).

Por ultimo como una medida indispensable para asentar las bases del desarrollo de una posible industria del biodiésel en México es necesario contar con mayores recursos aplicados a instituciones de investigación dedicadas a los biocombustibles.

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

Referencias

- 1.- “CINÉTICA DE LA REACCIÓN DE TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE DE HIGUERILLA EN LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL” FRANCIA ELENA LOAIZA ROMERO 2003 <http://www.bdigital.unal.edu.co/987/1/francialoaiza.2003.pdf>
- 2.-M. en Ing . Israel Laguna (2009) “Consideraciones ambientales para la producción y uso sustentable de biocombustibles en México” Instituto Nacional de Ecología México. Consultado el 20 de agosto de 2014 en http://www.inecc.gob.mx/descargas/con_eco/2009_sem_biocombustibles_pres_02_ilaguna.pdf
- 3.-Lic. Jordy Herrera Flores Subsecretario de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico México, D.F. Junio 2008.Consultado el 21 de agosto de 2014 en <http://www.icq.uia.mx/webicq/pdf/jordi.pdf>
- 4.-Paula Castro, Javier Coello, Liliana Castillo-Lima “Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú”. Consultado 18 de abril de 2014.
- 5.-Director: Mgter. Guillermo G. Mana Alumno: Martín Manchado. (2009). “Estudio de Factibilidad Económica-Financiera para la instalación de una Planta de Producción de Biodiesel” Consultado 20 de abril de 2014 en <http://www.eco.unrc.edu.ar/wp-content/uploads/2010/04/Trabajo-Final-biodiesel.pdf>
- 6.-Profesor.Dr. Sebastián Castillo Valero Alumna: Yolanda Lozano Cano.(2009).Estudio de mercado “Viabilidad de los Biocombustibles: biodiesel y bioetanol” Departamento de Ciencia y Tecnología Agroforestal y Genética . Consultado el 20 de abril de 2014 en <https://www.uclm.es/profesorado/scastillo/NUEVA%20WEPAC/Cap%EDtulo%202.%20Estudio%20viabilidad%20biocombustibles.pdf>
7. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) BESEL.(2007) . “Biomasa: Cultivos energéticos” Consultado el 21 de abril de 2014 en http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_cultivos_energeticos_07_4bd9c8e7.pdf
- 8.-Michael Weber, Franziska Müller-Langer.(2006) “Potenciales y Viabilidad del Uso de Bioetanol y Biodiesel para el Transporte en México”, Sener/ BID/ GTZ Oliver Probst Consultado el 21 de abril de 2014 en <http://www.bioenergeticos.gob.mx/descargas/SENER-BID-GTZ-Biocombustibles-en-Mexico-Estudio-completo.pdf>
- 9.-“Transferencia Tecnológica sobre ventajas y desventajas de la utilización del biodiesel” Iván Retana Jiménez. 2008. Universidad de San José .Costa Rica. PDF 48 pág. Consultado 06/05/2015
10. FAO, “Informe de políticas de seguridad alimentarias de la FAO (2006)”. Consultado el 22 de marzo de 2014 en ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

- 11.-FAO,“Sopesar los pros y los contras de los biocombustibles en materia de seguridad alimentaria”. Consultado el 22 de abril de 2014 en <http://www.fao.org/docrep/015/i2763s/i2763s09.pdf>
- 12.-Red Mexicana de Bioenergía(REMBIO).”Bioenergía en México. Situación actual y perspectivas”.(2011).Red Mexicana de Bioenergía(REMBIO). Consultado el 22 de abril de 2014 en <http://www.rembio.org.mx/2011/Documentos/Cuadernos/CT4.pdf>
- 13.-SAGARPA "Desarrollo de Tecnologías Sustentables de Producción de Insumos Competitivos para la obtención de Biocombustibles en México” Consultado el 23 de abril de 2014 <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/>
- 14.-Sandra. Milena Rincon M.2009."Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria”. Consultado el 23 de abril de 2014 en <http://temporal-fedepalma-ojs.biteca.com/index.php/palmas/article/viewFile/1432/1432>
- 15.-Biodiésel: Producción, calidad y caracterización. Autores: Pedro Nel Benjumea Hernández, John Ramiro Agudelo Santamaría, Luis Alberto Ríos. Universidad de Antioquia, 2009 - 152 páginas
- 16.-Jordy Hernán Herrera Flores “Prospectiva del petróleo crudo” Consultado el 12/02/15 http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PPCI_2012_2026.pdf
- 17.-Miguel Vargas Gonzales .CONAE,2007 “Biodiesel”. Dirección de Ahorro de energía en el transporte. www.conae.gob.mx
- 18.-“Revolución Industrial” Luis Portillo. Consultado 12/05/2014 <http://www.historialuniversal.com/>
- 19.-Paquete Tecnológico **Palma de Aceite** (*Alaëis guinnensis* Jacq.) Alfredo Sandoval Esquivés.Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. www.inifap.gob.mx
- 20.- “Costos del proceso de producción”Sagarpa <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/biodiesel/costos-del-proceso-de-produccion.html>
- 21.-“Aceites reciclados como materia prima de próxima generación para la obtención de biodiesel en Chiapas” Eder Armando Caballero Moreno http://concyteg.gob.mx/ideasConcyteg/Archivos/85_2_CABALLERO_MORENO_ET_AL.pdf
- 22.-Recolección de RAUC y producción de biodiesel. <http://www.reoil.net/rauc.html>
- 23.-Comisión Económica para América Latina y el Caribe <http://www.cepal.org/mexico/>
- 24.-International Energy Agency (Agencia Internacional de Energía) <http://www.iea.org/>

Análisis de factibilidad de producción de biodiesel en Quintana Roo

- 24.- “Producción mundial de biodiesel” Consultado el 13/ 04 /15/
<http://www.worldethanolandbiofuel.com/>
- 25.-“Biodiesel. Consultado 06/05/2015 <http://www.biodiesel.org/>
- 26.-“Manual de Biocombustibles” (ARPEL ICA)2009
http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/IICA/Manual_Biocombustibles_ARPEL_IICA.pdf
- 27.-“Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional”.CarlosÁlvarezMaciel.2009.http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQ_biocombustibles_4a_generacion_25608.pdf
- 28.-“Estudio comparador entre el combustible Diésel y Biodiesel ”T.Q. Gabriel Rodríguez y T.Q. Matías Ribeiro .INTI <http://savoiaenergy.com/Biodiesel%20vs%20Diesel.pdf> consultado 06/05/2015
- 29.-American Standards for Testing and Materials <http://www.astm.org/> consultado 06/05/2015