



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECÁNICA
AUTOMOTRIZ**

**FORMULACION DE LA PRODUCCION DE BIODIESEL
OBTENIDO A PARTIR DE LOS DESECHOS ORGANICOS, DEL
RELLENO SANITARIO “PICHACAY”.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Mecánico Automotriz**

Autor:

Santiago Merchán Martínez

Director:

Dr. Juan Calderón

Cuenca, Ecuador

2010

DEDICATORIA

A mi padre el Eco. Mario Merchán, a mi madre la Sra. Sonia Martínez, a mi hermano el Sr. Francisco Merchán, a mis tías Berta y Emma Martínez por el apoyo incondicional por su paciencia y comprensión que siempre me brindaron, para poder culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad del Azuay; a los profesores de la Escuela de Ingeniero Automotriz que nos compartieron sus conocimientos, a mi director de tesis el Dr. Juan Calderón y de igual manera al Ing. Cesar Arévalo por el apoyo y colaboración durante toda la realización de este trabajo de graduación.

RESUMEN

Este trabajo esta basado en la formulación de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de desechos orgánicos, siendo este un método todavía en estudio que prácticamente es desconocido.

La búsqueda de una nueva materia prima para extraer biodiesel, debido a la deforestación de bosque tropical para sembrar plantas de las cuales se obtiene biocombustible, crea la necesidad de buscar nuevos procesos de obtención.

En este texto se analizará al biodiesel que se conoce actualmente, compararlo con el diesel fósil y a su vez compararlo con el biodiesel obtenido de desechos orgánicos.

Son estas y algunas razones adicionales por las cuales en este texto se da una opción a ser tomada en cuenta para la producción de biodiesel.

ABSTRACT

This work is based on the formulation of a process for the production of biodiesel from organic waste, this being a method still under study is practically unknown.

The search for a new raw material to extract biodiesel, due to deforestation of tropical forest to grow plants from which the biofuel is obtained, creates a need to seek for new processes of production.

In this text we analyze the biodiesel is currently known, compared with fossil diesel and in turn compared with biodiesel derived from organic waste.

It is these and some additional reasons why this text gives an option to be considered for biodiesel production.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Índice de contenidos	vi
Índice de Ilustraciones, Tablas y Cuadros	xii
INTRODUCCIÓN	1
 CAPITULO I: BODIESEL	
 1.1 Generalidades	3
1.1.1 Definición general	3
1.1.2 Definición técnica	3
1.1.3 Antecedentes	4
1.1.4 Características del biodiesel	5
1.1.5 Reacciones de síntesis	6
1.1.6 Materias Primas	7
1.1.7 Procesos industriales	7
1.1.8 Estándares y regulación	8
1.2 Ventajas del Biodiesel frente al diesel fósil	9
1.2.1 Características del diesel fósil	9
1.2.1.1 Obtención	9
1.2.1.2 Propiedades del diesel fósil	11
1.2.2 Comparación entre el Diesel y el Biodiesel	13
1.2.3 Ventajas del biodiesel en un automotor	15
1.2.4 Limitaciones del biodiesel con respecto al diesel	15
1.2.5 Otras ventajas del biodiesel a ser consideradas	16
1.2.6 Ventajas medioambientales al utilizar biodiesel	17
1.2.7 Conclusiones al comparar biodiesel con diesel	18
1.3 Análisis del biodiesel obtenido de basura orgánica	18
1.3.1 Antecedentes	18
1.3.2 Proceso de obtención	19

1.3.3 Materia prima	20
1.3.4 Reactivos	22
1.3.4.1 Levaduras	22
1.3.4.2 Bacterias	22
1.4 Comparación con otros combustibles similares	23
1.4.1 Biodiesel de palma aceitera	24
1.4.2 Biodiesel de piñón	26
1.4.3 Biodiesel de soya	27
1.4.4 Biodiesel de colza canola	28
1.4.5 Biodiesel de algas	29
1.4.6 Biodiesel de aceites domésticos quemados	30
1.4.7 Ventajas del biodiesel obtenido de basura orgánica en comparación con los otros tipos de biodiesel	31
1.5 Conclusiones	32

CAPITULO II: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN

2.1 Procesos de separación de la materia prima	33
2.1.1 Concepto de residuos	33
2.1.2 Tratamiento de residuos	34
2.1.3 Clasificación de los residuos	36
2.1.3.1 Clasificación según su composición	36
2.1.3.2 Clasificación según su origen	37
2.1.4 Separación de residuos orgánicos	38
2.1.4.1 Método de separación de residuos orgánicos	38
2.1.4.2 Procesos a implementarse	39
2.1.4.3 Proceso Discontinuo	40
2.1.5 Almacenamiento del biocombustible	42
2.2 Calculo de la cantidad de materia útil	43
2.2.1 Recolección de basura en la ciudad de Cuenca	43
2.2.2 Calculo del porcentaje de basura orgánica	44
2.2.3 Composición de los desechos sólidos en Cuenca	45
2.3 Calculo del volumen de combustible estimado a obtenerse	46
2.3.1 Cálculo de la cantidad de desechos orgánicos para utilizarse	46

2.3.2 Cálculo de la cantidad de elementos a mezclarse	47
2.3.3 Cálculo del combustible estimado a obtenerse	48
2.4 Características del combustible obtenido	49
2.4.1 Propiedades del biodiesel obtenido de desechos orgánicos	49
2.4.2 Modelado y correlación de las propiedades del biodiesel	50
2.4.3 Cálculo de las propiedades críticas	52
2.4.4 Cálculo de las propiedades derivadas	54
2.4.4.1 Resultados	57
2.4.4.2 Conclusiones del modelado	60
2.4.5 Propiedades físicas	61
2.4.6 Características generales del Biodiesel B100 (Obtenido de desechos orgánicos).	61
2.5 Conclusiones	63

CAPITULO III: CONSECUENCIAS DE LA UTILIZACIÓN DE BIODIESEL

3.1 Análisis de impacto ambiental	64
3.1.1 Desarrollo sostenible	64
3.1.2 Aspecto económico	65
3.1.3 Aspecto social	68
3.1.4 Aspecto ambiental	69
3.1.5 Desarrollo verde	71
3.2 Beneficios para los habitantes de la ciudad de Cuenca	72
3.2.1 Beneficios sociales	72
3.2.2 Beneficios ambientales	73
3.2.3 Beneficios económicos	75
3.3 Cuadros comparativos	76
3.4 Viabilidad del proyecto	84
3.4.1 Análisis de costos	84
3.4.1.1 Costos de las materias primas	84
3.4.1.2 Costos de infraestructura	84
3.4.1.3 Costos de operación	84
3.4.1.4 Costos de capacitación y remuneración	85
3.4.2 Análisis del mercado	86

3.4.2.1 Comparación del mercado a nivel nacional	86
3.4.2.2 Análisis de precios de los demás combustibles	86
CONCLUSIONES FINALES Y RECOMENDACIONES	87
GLOSARIO DE SIGLAS	88
BIBLIOGRAFÍA	89
ANEXOS	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

Figura 1-1 Muestra de Biodiesel	5
Figura 1-2 Proceso químico de la transesterificación	6
Figura 1-3 Proceso de transesterificación	7
Figura 1-4 Refinería de Petróleo	10
Figura 1-5 Derivados de petróleo	10
Figura 1-6 Planta de palma	24
Figura 1-7 Planta de Jatropha	27
Figura 1-8 Planta de soya	28
Figura 1-9 Planta de Colza	28
Figura 1-10 Invernadero de algas marinas	29
Figura 2-1 Desechos	33
Figura 2-2 Relleno sanitario	35
Figura 2-3 Lixiviados	35
Figura 2-4 Basura Clasificada	37
Figura 2-5 Clasificación de desechos	38
Figura 2-6 Calcificación desechos orgánicos	39
Figura 2-7 Proceso Discontinuo	41
Figura 2-8 Tanque de almacenamiento para biodiesel	42
Figura 2-9 Recolección de basura	43
Figura 2-10 Desechos orgánicos para abono	44
Figura 2-11 Basura orgánica	45
Figura 2-12 Muestras de biodiesel	46
Figura 2-13 Bacterias y levaduras	48
Figura 2-14 Obtención de biodiesel	48
Figura 2-15 Muestras de biodiesel	49
Figura 2-16 Densidad de BD en función de temperatura	54
Figura 2-17 Presión de vapor de BD en función de temperatura	56
Figura 2-18 Tensión sup. de BD en función de la temperatura	56
Figura 2-19 Comparación de resultados de densidad obtenidos a partir del modelo y experimentalmente.	57
Figura 2-20 Comparación de resultados de densidad obtenidos a partir del modelo y experimentalmente detalle	57

Figura 2-21 Comparación de resultados de tensión superficial obtenidos a partir del modelo y experimentalmente	58
Figura 2-22 Comparación de resultados de tensión superficial obtenidos a partir del modelo y experimentalmente-detalle	59
Figura 3-1 Desarrollo sostenible	64
Figura 3-2 Planta pequeña para producción de biodiesel	66
Figura 3-3 Decantación de biodiesel	67
Figura 3-4 Emisiones debido al transporte público	68
Figura 3-5 Cuenca colonial	69
Figura 3-6 Tratamiento desechos	73
Figura 3-7 Medio ambiente de Cuenca	74
Figura 3-8 Surtidor de Biodiesel	75
Figura 3-9 Análisis de Ciclo de Vida	76
Figura 3-10 Resultados. Ahorro de energía fósil	77
Figura 3-11 Ahorro de energía fósil	77
Figura 3-12 Resultados. Emisiones de gases de efecto invernadero	78
Figura 3-13 Resultados. Emisiones evitadas I	78
Figura 3-14 Emisiones Evitadas	79
Figura 3-15 Resultados. Emisiones evitadas II	79
Figura 3-16 Rendimiento del biodiesel en comparación con el diesel	80
Figura 3-17 Aceleración del vehículo	81
Figura 3-18 Porcentaje de opacidad I	81
Figura 3-19 Porcentaje de opacidad II	82
Figura 3-20 Consolidado de opacidad	82
Figura 3-21 Comparación de potencia según porcentaje de mezcla de biodiesel	83
Figura 3-22 Comparación biodiesel B20 con diesel	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Porcentaje del contenido de basura orgánica	45
Tabla 2-2 Temperatura y densidad	59
Tabla 2-3 Temperatura y tensión	59
Tabla 2-4 Propiedades del biodiesel	62
Tabla 3-1 Costos del proyecto	86

Merchán Martínez Carlos Santiago

Trabajo de graduación

Dr. Juan Calderón

Junio del 2010

FORMULACION DE LA PRODUCCION DE BIODIESEL OBTENIDO A PARTIR DE LOS DESECHOS ORGANICOS, DEL RELLENO SANITARIO “PICHACAY”.

INTRODUCCIÓN

La escasez de petróleo que según estimaciones y previsiones de los investigadores en quince años más escaseará, por otra parte la inestable dependencia de los combustibles fósiles y la contaminación ambiental, provocada en parte por los gases que emiten los autos con motores de combustión interna, han hecho reaccionar a los líderes mundiales hacia la búsqueda de alternativas menos contaminantes. Las grandes potencias y las firmas automotrices han creado programas que buscan desarrollar tecnologías automotrices con combustibles alternativos.

Una solución muy viable que se vislumbra para disminuir las emisiones que causan los automotores es el uso de biodiesel, éste es un biocombustible generado a partir de aceites vegetales obtenidos a partir del cultivo de plantaciones vegetales, que contaminan un 70% menos que el diesel normal extraído de residuos fósiles y además es biodegradable, pero para su producción se necesitan grandes extensiones de terrenos destinados al cultivo de la materia prima para su obtención. Las consecuencias sociales hasta el momento son imprevisibles debido a su producción y comercialización masivas, especialmente en los países en vías de desarrollo generan aumento descontrolado de la deforestación de bosques nativos, reducción indiscriminada de la frontera agrícola para los productos de consumo humano, desplazamiento de cultivos alimentarios y ganadería, destrucción del ecosistema y de la biodiversidad.

Por lo tanto la investigación sobre producción de biodiesel a partir de desechos orgánicos sería una alternativa para la prevención contra la alta emisión de gases, que en el caso de la ciudad de Cuenca por ser una ciudad con el más alto índice de

dotación de vehículos en relación con la población en el país, el adoptar esta práctica de consumo para la combustión vehicular se constituiría en una alternativa beneficiosa ambientalmente sustentable que a pesar de su costo inicial en la instalación de la planta de procesamiento sus beneficios a largo plazo se verían reflejados.

CAPÍTULO I

BIODIESEL

1.1 Generalidades

1.1.1 Definición general

“Biodiesel es un combustible doméstico renovable derivado de aceites naturales que cumple con las especificaciones de la sociedad americana para pruebas y materiales conocida por sus siglas en inglés como ASTM D 6751 para motores diesel.

El biodiesel no es simplemente aceite vegetal crudo para obtenerlo debe someterse el aceite un proceso por el cual se extrae la glicerina del aceite, este proceso se conoce como transesterificación.

1.1.2 Definición técnica

Biodiesel:

Combustible compuesto por esteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivado de aceites vegetales o grasas animales, designado como B100 y que cumple con los estándares ASTM D 6751.

Biodiesel mezclado:

Una mezcla de biodiesel con diesel mineral (derivado del petróleo) designado como Bxx donde xx representa el porcentaje del volumen de biodiesel en la mezcla, así por ejemplo B100 es 100% biodiesel mientras que B50 es 50% biodiesel y 50% diesel mineral.”¹

¹ RAMOS M; Fernández C, , Laboratorio de Química Orgánica, Madrid, España. Editorial Universitaria Ramón Areces. 2006

1.1.3 Antecedentes

“El biodiesel es un biocombustible sintético líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, nuevos o usados, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo.

El biodiesel puede mezclarse con gasóleo procedente del refinamiento del 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.

El aceite vegetal, cuyas propiedades para la impulsión de motores se conocen desde la invención del motor diésel gracias a los trabajos de Rudolf Diesel, ya se destinaba a la combustión en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. A principios del siglo XXI, en el contexto de búsqueda de nuevas fuentes de energía y la creciente preocupación por el calentamiento global del planeta, se impulsó su desarrollo para su utilización en automóviles como combustible alternativo a los derivados del petróleo.

El impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva, especialmente en los países en vías de desarrollo o del Tercer Mundo generan aumento de la deforestación de bosques nativos, expansión indiscriminada de la frontera agrícola, desplazamiento de cultivos alimentarios y ganadería, destrucción del ecosistema y la biodiversidad, desplazamiento de trabajadores rurales.

De utilizar el biodiesel como única alternativa a los combustibles fósiles, produciendo en consecuencia, anualmente mediante biodiesel una cantidad de energía equivalente a la obtenida de los combustibles fósiles se generaría una crisis alimentaria global (por sustitución de tierras de cultivo y para la generación de energía) y efectos ambientales

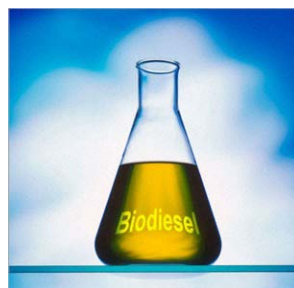
derivados de la destrucción de ecosistemas y del uso de recursos hídricos, fertilizantes y abonos.

1.1.4 Características del Biodiesel

El Biodiesel es un combustible líquido que no contiene azufre, aromatizantes ni benceno, no es tóxico y es biodegradable. Se puede obtener a partir de las grasas vegetales o animales, es un producto alternativo que se puede utilizar en cualquier motor diesel como en camiones, ómnibus, automóvil ya que aumenta la eficiencia y duplicidad del motor y sin requerir a ninguna modificación, se puede almacenar en donde el diesel del petróleo se guardaba. Se utiliza puro o mezclar en cualquier proporción con el diesel del petróleo.

Es un combustible que tiene un punto de inflamación relativamente alto (150°C) que le hace menos volátil y es más seguro de transportar. No es tóxico para la salud humana, los seres vivos, ni para la contaminación ambiental.

Fig.1-1 Muestra de Biodiesel



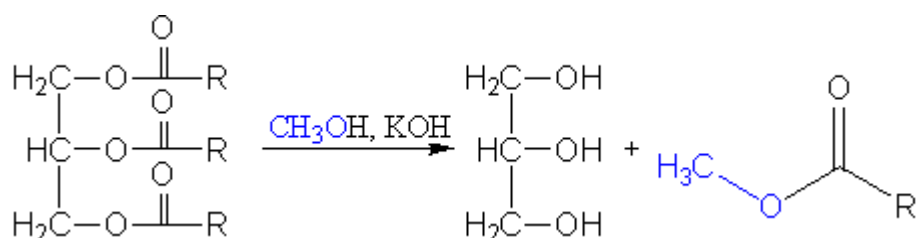
Fuente: www.a1taxiacademy.co.uk/biodiesel-and-wvo.jpg Consultado 18/mayo/09

El biodiesel es biodegradable en el agua tan rápido como el azúcar, que se convierte un combustible tan efectivo para las embarcaciones acuáticas; no es tóxico si se produce una ingesta del producto en los peces o mamíferos. Un ejemplo común la sal es diez veces más tóxico que el biodiesel, no es peligroso para el medio ambiente, reduce el calentamiento global ya que emite menos cantidad de CO₂ propicia la calidad de aire en zonas urbanas. Es un combustible oxigenado por eso tiene una combustión completa que el diesel, produce menos olores nocivos y humo visible.

El uso del biodiesel reduce aproximadamente en un 80% las emisiones del anhídrido carbónico y un 100% las de dióxido de azufre. También la combustión del biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados y entre el 75%-90% en los hidrocarburos aromáticos. Contiene 11% de oxígeno en peso.”²

1.1.5 Reacciones de síntesis

Fig. 1-2 Proceso químico de la transesterificación



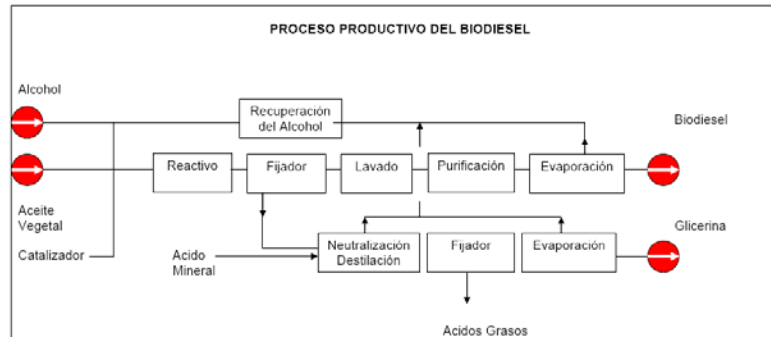
Fuente:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/07/S%C3%ADntesis_biodi%C3%A9sel.png. Consultado 18/mayo/09

“El proceso de transesterificación consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo de valor añadido propanotriol (glicerina) que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras.”³

² BARRIL, A. El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Asunción, Paraguay. Grafir S.A. 2007.

³ BERZOSA, I; Llores J., Prácticas de Química Orgánica. Valencia. Editorial de la UPV 2002.

Fig.1-3 Proceso de transesterificación

Fuente: James C. Frisby and Leon G. Schumacher "Biodiesel Fuel" Department of Agricultural

Engineering, University of Missouri-Columbia. Consultado: 18/mayo/09

1.1.6 Materias primas

Una de las fuentes es el aceite vegetal que suele ser aceite de colza, ya que es una especie con alto contenido de aceite, que se adapta bien a los climas fríos. Sin embargo existen otras variedades con mayor rendimiento por hectárea, tales como la palma, la *jatropha curcas* etc. También se pueden utilizar aceites usados (por ejemplo, aceites de fritura), en cuyo caso la materia prima es muy barata y, además, se reciclan lo que en otro caso serían residuos.

Además, existen otras materias primas en las cuales se pueden extraer aceite para utilizarlas en el proceso de producción de biodiesel. Una de estas materias primas son los desechos orgánicos, siendo este el método analizado a continuación.

1.1.7 Procesos industriales

"En la actualidad existen diversos procesos industriales mediante los cuales se pueden obtener biodiesel. Los más importantes son los siguientes:

1. Proceso base-base, mediante el cual se utiliza como catalizador un hidróxido. Este hidróxido puede ser hidróxido de sodio (sosa cáustica) o hidróxido de potasio (potasa cáustica).
2. Proceso ácido-base. Este proceso consiste en hacer primero una esterificación ácida y luego seguir el proceso normal (base-base), se usa generalmente para aceites con alto índice de acidez.
3. Procesos supercríticos. En este proceso ya no es necesario la presencia de catalizador, simplemente se hacen a presiones elevadas en las que el aceite y el alcohol reaccionan sin necesidad de que un agente externo como el hidróxido actúe en la reacción.
4. Procesos enzimáticos. En la actualidad se están investigando algunas enzimas que puedan servir como aceleradores de la reacción aceite-alcohol. Este proceso no se usa en la actualidad debido a su alto coste, el cual impide que se produzca biodiesel en grandes cantidades.
5. Método de reacción Ultrasónica. En el método reacción ultrasónica, las ondas ultrasónicas causan que la mezcla produzca y colapse burbujas constantemente. Esta cavitación proporciona simultáneamente la mezcla y el calor necesarios para llevar a cabo el proceso de transesterificación. Así, utilizando un reactor ultrasónico para la producción del biodiesel, se reduce drásticamente el tiempo, temperatura y energía necesaria para la reacción. De ahí que el proceso de transesterificación puede correr en línea en lugar de utilizar el lento método de procesamiento por lotes. Los dispositivos ultrasónicos de escala industrial permiten el procesamiento de varios miles de barriles por día.”⁴

1.1.8 Estándares y regulación

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAME), denominados biodiesel, son productos de origen vegetal o animal, cuya composición y propiedades están definidas en la Unión Europea en la norma EN 14214, con una excepción del índice de yodo para España, cuyo valor máximo queda establecido en 140 en vez de 120 como propone la norma EN 14214.

⁴ CASCO, J.; Herrero, R., Compostaje, México. Ediciones Mundi-Prensa. 2007.

En España el biodiesel aparece regulado en el Real Decreto 61/2006, de 31 de enero, por el que se determinan las especificaciones de gasolinas, gasóleos, fuelóleos y gases licuados del petróleo y se regula el uso de determinados biocarburantes.

1.2 Ventajas del Biodiesel frente al diesel fósil

1.2.1 Características del diesel fósil

A continuación vamos a conocer un poco más del diesel fósil para poderlo comparar con las características y propiedades del biodiesel anteriormente ya nombradas.

1.2.1.1 Obtención

En una refinería, el petróleo es convertido a una variedad de productos mediante procesos físicos y químicos.

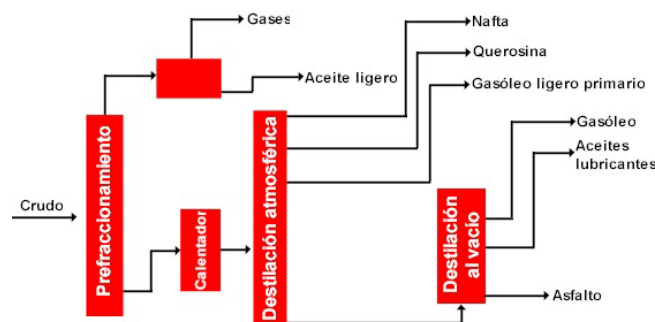
El primer proceso al que se somete el petróleo en la refinería, es la destilación para separarlo en diferentes fracciones. La sección de destilación es la unidad más flexible en la refinería, ya que las condiciones de operación pueden ajustarse para poder procesar un amplio intervalo de alimentaciones, desde crudos ligeros hasta pesados. Dentro de las torres de destilación, los líquidos y los vapores se separan en fracciones de acuerdo a su peso molecular y temperatura de ebullición. Las fracciones más ligeras, incluyendo gasolinas y gas licuado de petróleo, vaporizan y suben hasta la parte superior de la torre donde se condensan. Los líquidos medianamente pesados, como la querosina y la fracción diesel, se quedan en la parte media. Los líquidos más pesados y los gasóleos ligeros primarios, se separan más abajo, mientras que los más pesados en el fondo. Las gasolinas contienen fracciones que ebulen por debajo de los 200°C mientras que en el caso del diesel sus fracciones tienen un límite de 350°C. Esta última contiene moléculas de entre 10 y 20 carbonos, mientras que los componentes de la gasolina se ubican en el orden de 12 carbonos o menos.

Fig. 1-4 Refinería de Petróleo

Fuente: www.kalipedia.com/kalipediamedia/geografia/me. Consultado: 18/May/09

El combustible diesel, también se manufactura, en muchos casos a partir de mezclas de gasóleos con querosinas, y aceite cíclico ligero, el cual es producto del proceso de desintegración catalítica fluida.

En un tiempo, la manufactura de diesel involucró utilizar lo que quedaba después de remover productos valiosos del petróleo. Hoy en día el proceso de fabricación del diesel es muy complejo ya que comprende escoger y mezclar diferentes fracciones de petróleo para cumplir con especificaciones precisas. La producción de diesel estable y homogéneo requiere de experiencia, respaldada por un estricto control de laboratorio.

Fig. 1-5 Derivados de petróleo

Fuente: www.monografias.com/.../origen-petroleo/ori6.jpg Consultado: 18/May/09

1.2.1.2 Propiedades del diesel fósil

Índice de cetano

“Así como el octano mide la calidad de ignición de la gasolina, el índice de cetano mide la calidad de ignición de un diesel. Es una medida de la tendencia del diesel a cascabelear en el motor.

La escala se basa en las características de ignición de dos hidrocarburos, el n-hexadecano tiene un periodo corto de retardo durante la ignición y se le asigna un cetano de 100; el heptametilnonano tiene un periodo largo de retardo y se le ha asignado un cetano de 15. El índice de cetano es un medio para determinar la calidad de la ignición del diesel y es equivalente al porcentaje por volumen del cetano en la mezcla con heptametilnonano, la cual se compara con la calidad de ignición del combustible prueba (ASTM D-613). La propiedad deseable de la gasolina para prevenir el cascabeleo es la habilidad para resistir la autoignición, pero para el diesel la propiedad deseable es la autoignición.

Típicamente los motores se diseñan para utilizar índices de cetano de entre 40 y 55, debajo de 38 se incrementa rápidamente el retardo de la ignición.

En las gasolinas, el número de octano de las parafinas disminuye a medida que se incrementa la longitud de la cadena, mientras que en el diesel, el índice de cetano se incrementa a medida que aumenta la longitud de la cadena. En general, los aromáticos y los alcoholes tienen un índice de cetano bajo. Por ello el porcentaje de gasóleos desintegrados, en el diesel, se ve limitado por su contenido de aromáticos.

Muchos otros factores también afectan el índice de cetano, así por ejemplo la adición de alrededor de un 0.5 por ciento de aditivos mejoradores de cetano incrementan el cetano en 10 unidades. Estos aditivos pueden estar formulados con base a alquilnitratos, aminonitratos primarios, nitritos o peróxidos. La mayoría de ellos contienen nitrógeno y tienden, por lo tanto, a aumentar las emisiones de NOx.

El índice de cetano es una propiedad muy importante, sin embargo existen otras relevantes que caracterizan la calidad del combustible.

Azufre

El azufre ocurre naturalmente en el petróleo. Si éste no es eliminado durante los procesos de refinación, contaminará al combustible.

El azufre del diesel contribuye significativamente a las emisiones de partículas (PM₁₀s). La reducción del límite de azufre en el diesel a 0.05 por ciento es una tendencia mundial. La correlación del contenido de azufre en el diesel con las emisiones de partículas y el SO₂ está claramente establecida.

Para poder cumplir con los requerimientos de niveles bajos de azufre, es necesario construir capacidades adicionales de desulfuración. Así como las unidades de desintegración catalítica (FCC), son primordiales para la producción de gasolina, la hidrodesintegración es fundamental para la producción de diesel. En ambos procesos la cuestión se enfoca en la selección de la materia prima alimentada.

Mejorar la calidad del combustible no resolverá el problema de la contaminación a menos que se imponga un riguroso programa de inspección y mantenimiento para los vehículos viejos con motores a diesel. Los súper emisores del mundo del diesel son los motores viejos que han recibido un mantenimiento pobre.

Densidad y Viscosidad

La inyección de diesel en el motor, está controlada por volumen o por tiempo de la válvula de solenoide. Las variaciones en la densidad y viscosidad del combustible resultan en variaciones en la potencia del motor y, consecuentemente, en las emisiones y el consumo. Se ha encontrado, además, que la densidad influye en el tiempo de inyección de los equipos de inyección controlados mecánicamente.

Aromáticos

Los aromáticos son moléculas del combustible que contienen al menos un anillo de benceno. El contenido de aromáticos afecta la combustión y la formación de PM₁₀ y de las emisiones de hidrocarburos poliaromáticos.

El contenido de aromáticos influye en la temperatura de la flama y, por lo tanto, en las emisiones de NO_x durante la combustión. La influencia del contenido de poliaromáticos en el combustible afecta la formación de PM₁₀ y las emisiones de este tipo de hidrocarburos en el tubo de escape.

Lubricidad

Las bombas de diesel, a falta de un sistema de lubricación externa, dependen de las propiedades lubricantes del diesel para asegurar una operación apropiada. Se piensa que los componentes lubricantes del diesel son los hidrocarburos más pesados y las sustancias polares.

Los procesos de refinación para remover el azufre del diesel tienden a reducir los componentes del combustible que proveen de lubricidad natural. A medida que se reducen los niveles de azufre, el riesgo de una lubricidad inadecuada aumenta.”⁵

1.2.2 Comparación entre el Diesel y el Biodiesel

Después de haber estudiado algunos antecedentes del biodiesel y del diesel vamos a compararlos para analizar las ventajas y desventajas de cada combustible.

Constantemente se vienen buscando nuevas fuentes de energía para lograr sustituir al petróleo, el cual es un energético de carácter no renovable. Esta búsqueda viene direccionada por dos aspectos fundamentales los cuales son:

- La disminución de recursos energéticos no renovables y el incremento continuo en el costo de los mismos.

⁵ KATES, E.; Luck, W., Motores Diesel y de Gas de alta compresión. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A. 2003.

- El daño que ocasiona a la capa de ozono y al medio ambiente el creciente incremento de los distintos gases contaminantes emitidos por los motores de combustión interna los cuales utilizan combustibles convencionales.
- El uso del biodiesel es una alternativa real que reemplaza al combustible diesel con las ventajas siguientes:
- Es un combustible alternativo elaborado con materia prima renovable.
- Tiene propiedades similares al diesel, se pueden mezclar ambos en diferentes proporciones para su utilización.
- Se tiene menores emisiones de gases contaminantes hacia el medio ambiente.

Un atributo del biodiesel es que se pueden realizar mezclas en distintos porcentajes, siendo los más usuales el b-20 y b-50.

En cuanto a emisiones la utilización del b-20 reduce la cantidad de partículas en el escape del humo visible, a continuación una comparación con el diesel fósil, los hidrocarburos no quemados y el monóxido de carbono diesel b-20 número de cetano 40/48 - 48/52; azufre (% en peso) 0,3/0,05 - 0,02/0,03; oxígeno (% en peso) 0 - 2/2,5; poder calorífico 10000 - 11000 (kcal/kg); densidad (g/ml) 0,84/0,865 - 0,85/0,86; viscosidad 2/3,2 - 3/3,5.

Características del biodiesel (b-50) en comparación con el diesel, biodiesel diesel b-50 punto de ignición 65 - 52; azufre % máximo 0,02 - 0,05; número de cetano 50 - 42; aromáticos mucho menor; oxígeno mucho mayor punto nube (°C) - 13.33 - 14.44 punto de - 17.77 - 20.55 fluidificación (°C); biodegradabilidad (%) 38 - 26; lubricidad (bocle, 5.000 - 4.000 gramos).

El biodiesel es competitivo frente a otras tecnologías que reducen la contaminación, complementa todas las nuevas tecnologías del diesel para reducción de gases contaminantes, su rendimiento es similar al del combustible diesel, no requiere nueva infraestructura ni adiestramiento entre otras ventajas como:

- No es necesario cambiar o convertir motores.
- No altera el equipo de mantenimiento.
- No altera el tiempo de recarga de combustibles.
- No altera el torque.
- No altera el consumo.

1.2.3 Ventajas del biodiesel en un automotor

Mejora notablemente la lubricación en el circuito y en la bomba de inyección

Mejora las condiciones de funcionamiento invernal

Mejora las condiciones anti-explosión e incendio

La mezcla se puede hacer en el momento de carga o previamente

La mezcla es estable y no se separa en fases

En la combustión se reduce: 80% de anhídrido carbónico. 100% de dióxido de azufre.

90% de hidrocarburos totales no quemados. 75 – 90% de hidrocarburos aromáticos.

1.2.4 Limitaciones del biodiesel con respecto al diesel

Su combustión puede acarrear un cierto incremento de óxidos de nitrógeno.

Presenta problemas en su almacenamiento en periodos superiores a los 6 meses.

Su poder solvente es muy superior a la del diesel.

A bajas temperaturas puede llegar a solidificarse y producir obstrucciones en los conductos.

Por sus propiedades solventes, puede ablandar y degradar ciertos materiales como el caucho natural y la espuma de poliuretano. Se tiene que cambiar algunas mangueras y retenes del motor antes de usar el biodiesel; esto se realiza especialmente en vehículos antiguos.

Produce un mayor consumo en los vehículos debido a que tiene menos poder calorífico y tarda más tiempo en combustionar.

Biodiesel es relativamente desconocido y enfrenta varias barreras a vencer para extender su uso comercial, debe superar varios obstáculos de regulación, y su precio

debe ser más competitivo, antes de que alcance una penetración significativa del mercado.

Según la Asociación Americana de Biofuels, con incentivos Gubernamentales, comparable a los dados al etanol, la producción de biodiesel proveniente de aceites de semillas, puede alcanzar aproximadamente 2 mil millones galones por año (130 mbd), o sobre 8 por ciento del diesel automotor esperado como consumo en la primera década del siglo XXI. A este nivel de penetración del mercado, probablemente se usaría principalmente biodiesel como combustible en flotas de autobús y camiones (principalmente en mezclas con diesel fósil de 20 por ciento).

1.2.5 Otras ventajas del biodiesel a ser consideradas

- Es renovable. Es decir su producción es potencialmente inagotable, al contrario que el petróleo.
- Mayor diversificación energética en cuanto a los orígenes productivos.
- Incremento de la seguridad en el abastecimiento energético, al estar las plantas de producción más diversificadas en cuanto a su localización, que los pozos petrolíferos.
- Ahorro energético importante en su logística y transporte por la autosuficiencia energética regional mencionada en el apartado anterior.
- Oportunidad para las zonas rurales, donde se estima que se concentra el 70% de la población más desfavorecida del planeta.
- Valor ecológico incalculable. Los biocombustibles son biodegradables. Por este motivo, y en su transporte en caso de accidente, no se producirán desastres por vertidos de crudo al ambiente.
- Menor riesgo ante manipulación inadecuada, accidentes o catástrofes naturales.
- Al contrario de otras energías renovables, como la eólica y solar, el biocombustible una vez producido, se almacena fácilmente.

1.2.6 Ventajas medioambientales al utilizar biodiesel

- Se reduce la emisión neta de (CO₂), de otros Gases de Efecto Invernadero, (GEI) y la formación de (CO) al tener una proporción más grande de oxígeno que mejora su combustión.
- Por este motivo, disminuyen los riesgos para salud de los ciudadanos.
- La polución también daña el patrimonio arquitectónico.
- Al tener mayor proporción de oxígeno, eleva el índice de octano, evitando el uso de compuestos, con análogas pretensiones, como el MTBE (éter metilterbutílico), aditivo promovido por las petroleras.
- Es un combustible que no daña el medio ambiente ya que no contiene azufre (el elemento más contaminante del resto de los combustibles).
- Disminuye en forma notable las principales emisiones de los vehículos como son el monóxido el carbono y los hidrocarburos volátiles.
- El biodiesel supone un ahorro de entre un 25% a un 80% de las emisiones de CO₂ producidas por los combustibles derivados del petróleo, convirtiéndose un elemento importante para disminuir los gases invernadero producidos por el transporte.
- El biodiesel no contiene ni benceno, ni otras sustancias aromáticas cancerígenas.
- El biodiesel funciona en cualquier motor diesel. Aumenta la duración en servicio de motores.
- Posee más oxígeno entonces la combustión de este combustible es mejor que el gasóleo.
- El biodiesel es seguro manejar y transportar porque es biodegradable como el azúcar y diez veces menos tóxico que la sal de mesa.
- Posee un punto de inflamación mayor que el diesel del petróleo si se da un caso de accidente su combustión es más tardía.

1.2.7 Conclusiones al comparar biodiesel con diesel

Si se realiza una comparación de los gases emitidos por el motor utilizando biodiesel, se puede observar la disminución de los mismos, basándose en color de los gases de combustión tipo de referencia utilizada en muchos ensayos realizados.

Otro aspecto positivo es el hecho de que no se requiere realizar ningún trabajo muy complejo de reingeniería, en los componentes del sistema de alimentación de combustible del motor, aspecto que es preponderante para la viabilidad del consumo de este tipo de combustible.

El costo de venta del biodiesel dependiendo de su método de obtención, será similar que el combustible diesel, pero en este caso con tendencia a disminuir, aspecto positivo para lograr su consumo con mayor facilidad.

Se tendría que hacer una comparación en cuanto a costo beneficio ya que al tener una planta de producción de este biodiesel se invertiría tiempo y dinero, el cual solo podría ser solventado con la venta rápida del combustible, por otro lado no se lo puede almacenar por mucho tiempo lo que impediría tener reservas en caso de un aumento en la demanda.

1.3 Análisis del Biodiesel obtenido de basura orgánica

1.3.1 Antecedentes

Se define como biocombustible del subgrupo de los biocarburantes obtenido de ácidos grasos biosintetizados por microbios para aplicación en los actuales motores de combustión interna diésel. Y se basa en el principio bionatural del metabolismo mediante el cual todos los seres vivos, incluidas las bacterias, producen ácidos grasos.

Se presentó en Sevilla el proyecto Ecofa, un biocombustible de segunda generación, que tiene su origen en las patentes de Francisco Angulo Lafuente, un madrileño de 31 años, que ha registrado internacionalmente el proceso biotecnológico para conseguir un combustible a partir de los restos y desechos orgánicos (basuras domésticas, aguas

fecales, despojos animales, etcétera), con unos rendimientos de laboratorio de un litro por cada 10 kilos de materia orgánica.

Según explicaron los responsables del proyecto, se ha conseguido constatar la base científica del Ecofa como biocombustible y un informe de viabilidad del uso de bacterias biogeneradoras.

1.3.2 Proceso de obtención

“El elemento más abundante en nuestro universo es el hidrógeno, los átomos se comportan de una forma peculiar les gusta compartir, es decir ceden sus átomos. Se unen formando moléculas intercambiando sus electrones.

La energía generada por los combustibles se da por la quema del carbón y el hidrógeno, que a su vez reaccionan con el oxígeno produciendo dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O). El carbono desempeña un papel importante ya que es el contenedor natural del hidrógeno y si añadimos más hidrógeno al carbono obtenemos un combustible.

Tomamos como ejemplo la madera, si añadimos más hidrógeno una parafina o aceite obtenemos biodiesel, si añadimos alcohol obtenemos gasolina, y si añadimos aun más metano obtenemos biogas.

Lo que necesitamos para obtener un combustible es hidrógeno y carbono. El hidrógeno se encuentra abundantemente en forma de agua pero se necesita mucha energía para separarlos pero otros pueden hacer ese trabajo por nosotros. Las bacterias habitualmente realizan este proceso, si nos fijamos en las charcas o en los remansos de los ríos podemos ver esa fina capa de aceite que es producida por las bacterias al extraer el hidrógeno.

Para nuestro producto necesitamos agua y carbono. Los residuos orgánicos se los obtienen completamente gratis, sólo tendría que incurrirse en gastos para su transporte almacenamiento y procesamiento, y contienen mucho carbono.

Trituramos la basura y agregamos agua, cuando conseguimos una masa homogénea le añadimos las bacterias para que extraigan el hidrógeno, este queda mezclado con su propio carbono.

Batimos de nuevo y dejamos trabajar unos días a las bacterias, tras ello obtenemos una capa de aceite que podemos extraer por decantación, en el proceso también obtenemos metano que podemos almacenar después de extraída la parafina que la podemos destilar su mezcla obteniendo metanol. Finalmente el resto de carbono se deberá dejarlo para que se seque pudiendo ser utilizado como carbón vegetal.

El CO₂ expulsado completa su ciclo en 72 horas, al provenir de material vegetal se considera neutro a efectos de contaminación.

La parafina es filtrada y mezclada con aceites más ligeros que disuelven las impurezas.

Para la combustión es necesario realizar pequeñas adecuaciones al vehículo, especialmente el cambio del tubo que suministra el combustible desde el depósito ya que este es más denso, también se cambian los inyectores por unos de mayor paso y con un ajuste de la carburación este está listo para utilizar el nuevo biodiesel.

1.3.3 Materia Prima

La utilización de los RSU (Residuos Sólidos Urbanos) para la producción de energía, presentará unas ventajas añadidas, en relación al medioambiente, a las ya propias de los biocombustibles. Principalmente en lo relativo a los olores, mejora del paisaje y reducción de la contaminación en el aire, agua y suelo. Esta técnica microbiana se puede extender a otros restos orgánicos, vegetales o animales, como los contenidos en las aguas fecales urbanas. Incluso se puede experimentar con otros materiales, y esto abre enormes posibilidades; solamente hay que dar con las bacterias adecuadas y ponerlas a trabajar como un gran ejército de obreras sin retribución, comiéndose incansablemente esos restos, al mismo tiempo que se reproducen por clonación y por lo tanto aportando más y más cantidad de ecocombustible.

En relación a esta enorme posibilidad que se abre, voy a hacer una exposición más detallada: Existen una serie de características que comparten todos los microorganismos, la más fundamental es su tamaño microscópico. Esto facilita el rápido transporte de nutrientes al interior de la célula y permite, por consiguiente, una elevada tasa metabólica. Así, la tasa de producción de proteína en las levaduras es muy alta. Esta rapidez de biosíntesis microbiana hace que algunos microorganismos se reproduzcan en tan solo 20 minutos, como es el caso de *Escherichia coli*, que es una de las bacterias más abundantes en el tubo digestivo de los mamíferos. Precisamente un investigador de la universidad A&M de Texas (EEUU), ha elegido esta bacteria y la ha modificado genéticamente para la producción de importantes cantidades de hidrógeno.

Los ambientes capaces de albergar vida microbiana son muy variados. Se han encontrado especies que viven a temperaturas comprendidas entre el punto de congelación del agua y el punto de ebullición, en agua salada y dulce, en presencia y en ausencia de aire. Algunos han desarrollado ciclos de vida que incluyen una fase de latencia en respuesta a la falta de nutrientes, en forma de esporas permanecen inactivos durante años hasta que el medio ambiente, más favorable, permita el desarrollo de las células.

Los microorganismos se hallan capacitados para acometer una extensa gama de reacciones metabólicas y adaptarse así a muchas fuentes de nutrición. Versatilidad que hace posible el que las fermentaciones industriales se basen en nutrientes baratos. Un microorganismo para uso industrial de ECOFA, debe estar disponible en cultivo puro, debe ser genéticamente estable, debe crecer en cultivos a gran escala y rápidamente, además de hacerlo en un medio barato. También, obviamente, un microorganismo industrial no debe ser patógeno para el hombre, para los animales o plantas. Los microorganismos que sintetizan productos útiles para el hombre representan, como máximo, unos pocos centenares de especies de entre las más de 100.000 descritas en la Naturaleza. Los pocos que se han encontrado con utilidad

industrial son apreciados por elaborar alguna sustancia que no se puede obtener de manera fácil o barata por otros métodos.”⁶

1.3.4 Reactivos

1.3.4.1 Levaduras

Las levaduras se vienen utilizando desde hace miles de años para la fabricación de pan y bebidas alcohólicas. La levadura que sin duda fue la primera y aún hoy en día sigue siendo la más utilizada por el hombre es *Saccharomyces cerevisiae* de la que se emplean diferentes cepas para la fabricación de cerveza, vino, sake, pan y alcoholes industriales. *Kluyveromyces fragilis* es una especie fermentadora de la lactosa que se explota en pequeña escala para la producción de alcohol a partir del suero de la leche. *Yarrowia lipolytica* es una fuente industrial de ácido cítrico. *Trichosporum cutaneum* desempeña un importante papel en los sistemas de digestión aeróbica de aguas residuales debido a su enorme capacidad de oxidación de compuestos orgánicos, incluidos algunos que son tóxicos para otras levaduras y hongos, como los derivados fenólicos.

1.3.4.2 Bacterias

Entre las especies bacterianas de interés industrial están las bacterias del ácido acético, *Gluconobacter* y *Acetobacter* que pueden convertir el etanol en ácido acético. El género *Bacillus* es productor de antibióticos, proteasas e insecticidas.

“Las bacterias del ácido acético (*Acetobacter* y *Gluconobacter*) presentan las características comunes del grupo de bacterias similares a *Pseudomonas* que se presentaron anteriormente. Viven en la superficie de las plantas donde constituyen una microflora secundaria que utiliza los productos de desecho de la microflora primaria (bacterias lácticas y levaduras). Esto es así porque presentan la capacidad de

⁶ LA FUENTE, F.; Nevado, A. Eco-combustible-FA (ECOFA): una solución viable (para el problema generado por los combustibles fósiles y la acumulación de basura orgánica). España. Editorial Mandalá y lápiz cero. 2008.

utilizar alcoholes como fuente de carbono y energía produciendo su oxidación a ácido (bacterias suboxidantes como *Gluconobacter*) o a CO_2 y H_2O .⁷

Primero vamos a revisar las diferentes fuentes de obtención de biodiesel, para posteriormente estudiar las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

1.4.1 Biodiesel de palma aceitera

“Nombre científico (*Elaeis guineensis*). Se produce principalmente en la región amazónica, y tiene un amplio potencial de crecimiento, la productividad de estas plantaciones tiene una gran variación según nivel de tecnología que se emplee.

Fig. 1-6 Planta de palma



Fuente: www.viarural.com.ar/.../palma-blanca-01.jpg Consultado 19/mayo/09

El proceso de obtención de Biodiesel a partir del Aceite de Palma presenta ciertos riesgos que se pueden minimizar o corregir desde el diseño, por lo cual se analizan las unidades y/o operaciones que presentan dicha característica.

En este proceso se utilizan materias primas bastante tóxicas como el metanol y NaOH que deben tener un tratamiento especial. El metanol es un compuesto volátil que puede entrar en combustión si se somete a una fuente de ignición, la inhalación de los vapores de metanol causan trastornos nerviosos, pérdida del conocimiento y la ingestión causa ceguera y alteraciones neurocerebrales; por tal razón este compuesto debe estar bien almacenado en envases de acero inoxidable. Se deben poseer sistemas de alarma y controladores de incendio a base de CO₂.

El Hidróxido de sodio es una sal que reacciona violentamente con el agua, desprendiendo gran cantidad de calor. Se deben controlar las reacciones del NaOH en tanques agitados. El recipiente de almacenamiento debe estar protegido de la humedad y ser de un material inoxidable.

El biodiesel es un componente que puede entrar en combustión fácilmente por lo que se recomienda no utilizar ninguna fuente de ignición cerca de su almacenamiento. Además de esto colocar sistemas de alarma contra incendios.

Se debe tener control de nivel en cada uno de los recipientes de mezclado, sedimentadores, reactores y evaporadores, así como controles de temperatura en los reactores con el fin de controlar la reacción.

El país pionero en el tema fue Malasia, que se disputa con Indonesia el título de primer productor mundial de aceite de palma africana. De las 91 licencias que el gobierno de Malasia otorgó para plantas de producción de biodiesel, la gran mayoría no están actualmente en operación. Por un lado, los bajos precios por el aceite de palma han afectado la oferta y por el otro, los bajos precios del petróleo han ocasionado una reducción en la demanda de biodiesel. De hecho, la única demanda de biodiesel en Malasia es la proveniente del mercado doméstico, y se origina en la obligación que ha establecido el gobierno de ese país de utilizarlo en los vehículos que usan motores diesel.

En el caso de Colombia, quinto productor mundial de aceite de palma, también se pusieron en marcha varios proyectos para producir biodiesel de palma. El gobierno colombiano concedió ventajas tributarias y estableció a partir de 2008 un 5% de incorporación obligatoria de biodiesel en el combustible de los motores diesel. Varias empresas construyeron plantas: Oleoflores, Biocastilla, Biocombustibles Sostenibles del Caribe, Bio D, Aceites Manuelita, Biodiesel de Colombia y Biocosta, entre otras. Se estima que actualmente la capacidad de producción supera las 700.000 toneladas año. El consumo anual total de diesel en Colombia es de 4.5 millones de toneladas.

Así las cosas, la capacidad de producción de biodiesel de palma excede la demanda local de 5% de biodiesel en la mezcla exigida por el gobierno. Y las posibilidades de exportación son nulas. Al igual que en Malasia el esfuerzo de inversión realizado en los últimos años es subsidiado por los consumidores con precios a los combustibles más altos que los precios internacionales.

El gobierno colombiano hasta ahora ha dicho que no reducirá el precio interno de la gasolina y del diesel después de haberlo aumentado hasta los altos niveles internacionales que se dieron a mediados de 2008. Una parte de la explicación para esta política oficial, que ha impedido que el consumidor colombiano se beneficie con la abrupta caída del precio internacional del petróleo en estos últimos meses, es precisamente la necesidad de subsidiar a los productores de biocombustibles, y específicamente a los de etanol y biodiesel de palma.”¹⁰

1.4.2 Biodiesel de Piñón

“Esta planta es una oleaginosa de porte arbustivo, perteneciente a la familia de las Euforbiáceas, que tiene más de 3500 especies agrupadas en 210 géneros. Sobrevive y crece en las tierras marginales, erosionadas y agotadas. Necesita poca agua para crecer, ya que con 300 mm de precipitación al año es suficiente, aunque tampoco le molestan las lluvias copiosas de hasta 1800 lts. por año.

Nombre científico (*Jatropha curcas*). Tiene un nivel de vida de 30 a 50 años, crece desde el nivel del mar hasta los mil metros sobre el nivel del mar, con el apoyo de Naciones Unidas y el Servicio Alemán de Cooperación Social Técnica (DED), se lanzó un proyecto para producir aceite con lo que se buscaba sustituir el uso del diesel en el transporte público urbano. Para su cultivo se utiliza poca agua y todas las otras plantas se aprovechan.

¹⁰ ROMANYA Valls S.A, Agrocombustibles, Barcelona. 2008.

Fig. 1-7 Planta de Jatropha



Fuente: www.biodiesel.com.ar/zenphoto/zp-core/i.php?a Consultado 19/mayo/09

Para el 2008 se estimará un área cultivada de 100 hectáreas de piñón que producirá 150 mil y 300 mil litros de aceite al año que después pasa a convertirse en biodiesel.

Uno de los problemas destacados para poder implantar el biodiesel como combustible a gran escala es la necesidad de disponer de una gran superficie de cultivos destinados a obtenerlo.

Eso podría resolverlo la jatropha, cuyo fruto sólo sirve con fines industriales, ya que no es apto para el consumo humano, a diferencia del aceite proveniente de la soja.”¹¹

1.4.3 Biodiesel de Soya

“Soya de metilo, actualmente presenta costos de más de \$2 por galón y busca competir con diesel que cuesta 65 a 84 centavos por el galón. Los insumos representan el 90 % del costo directo de producción, incluyendo el costo y retorno del capital. Se necesitan alrededor de 7.3 libras de aceite de soya, por ejemplo, costando

¹¹ ROSA, B., La agroenergía en la matriz energética, Argentina. Edición Liliana D’Attoma. 2006.

aproximadamente 20 centavos por la libra, para producir un galón. El insumo, está en el orden de \$1.50 por el galón de soya de metilo, no considerando la comercialización y la ganancia. Los esfuerzos continúan para reducir los costos del insumo. Híbridos de la soya se están desarrollando, de tal manera que contengan más porcentaje de aceite.

Fig. 1-8 Planta de soya



Fuente: www.revista.unam.mx/.../art88/imagenes/1.jpg Consultado 19/mayo/09

1.4.4 Biodiesel de colza canola

Nombre científico (Brassica napus). Es la tercera fuente de aceite vegetal más importante del mundo, ya viene siendo promovida por los programas Sierra Exportadora como uno de sus principales programas productivos cuyo cultivo sea de 20 mil y 200 mil hectáreas de colza canola en la sierra del Perú.

Fig. 1-9 Planta de Colza



Fuente:

<http://www.biodiesel.com.ar/zenphoto/index.php?album=biodiesel&image=colza-biodiesel.argentina.jpg> Consultado 19/mayo/09

Esta es una planta que rinde más aceite que la soja. Para determinar el momento de cosecha, especialistas nacionales y técnicos locales recorrieron experiencias en dos establecimientos de referencia realizados con cultivos de colza, una especie de la que se obtiene un rendimiento del 40% de aceite para fabricar biodiesel, contra el 10% que rinde la soja, principal grano utilizado actualmente en Argentina para elaboración de ese combustible que reemplaza al gasoil.”¹²

1.4.5 Biodiesel de algas

“La producción de biodiesel a partir del aceite de cultivos de algas va saliendo poco a poco de los laboratorios para llegar a ser una realidad en plantas industriales. Las ventajas de esta tecnología parecen contundentes: las algas tienen un alto rendimiento por superficie cultivada, bajos costos de producción y no compiten con productos alimentarios como otros cultivos energéticos. Además algunas experiencias aprovechan las emisiones de CO₂ de centrales térmicas o de otro tipo de industrias para el cultivo de las algas, convirtiendo un problema ambiental en materia prima para la producción de combustible.

Fig. 1-10 Invernadero de algas marinas

¹² ROMANYA Valls S.A, Agrocombustibles, Barcelona. 2008.

Fuente:

http://www.biodiesel.com.ar/zenphoto/index.php?album=biodiesel&image=aquasphere-algae-biodiesel.jpg&p=*full-image Consultado: 19/mayo/09

Las algas necesitan tres componentes esenciales para su desarrollo: luz, anhídrido carbónico y agua. Algunas especies contienen un alto contenido en grasas, que resultan esenciales para la producción de aceite o biodiesel. Se cultivan en balsas, tubos o canales de escasa profundidad, para permitir una mayor iluminación. En su interior se mantiene un flujo y temperaturas constantes, y se inyecta CO₂ y nutrientes. Una vez desarrolladas, se extraen de su medio de crecimiento mediante un adecuado proceso de separación y se extrae el aceite sin necesidad de secarlas de antemano. Los factores que controlan su crecimiento, como nutrientes o temperatura, deben estar monitoreados en todo momento y el enriquecimiento con CO₂ posibilita la producción de aceites y acelera el desarrollo. Se ha avanzado en la intensificación de estos cultivos mediante la producción en invernaderos, o en los llamados fotobiorreactores, sistemas cerrados que permiten el control y monitoreo de los distintos factores de crecimiento.

Por lo general este tipo de producción se reduce a algunas experiencias piloto, pero en algunos casos ya se está produciendo a gran escala. Es el caso de la empresa Oil Fox, con sede en Argentina, dónde están produciendo del orden de 100.000 litros de biodiesel por hectárea cultivada de algas cada mes, una cantidad sorprendente si se compara con los 400 litros de media que produce una hectárea de soja, al año.”¹³

1.4.6 Biodiesel de aceites domésticos quemados

El aceite de fritura usado es una de las alternativas con mejores perspectivas en la producción de biodiesel, ya que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los costos de tratamiento como residuo. España es un gran consumidor de aceites vegetales, centrándose el consumo en aceite de oliva y girasol. Por su parte, los aceites usados presentan un bajo nivel de reutilización, por lo que no sufren grandes alteraciones y muestran una buena aptitud para su aprovechamiento como biocombustible.

Además, como valor añadido, la utilización de aceites usados significa la buena gestión y uso del residuo, el informe sobre el marco regulatorio de los carburantes propone reciclar aceite de fritura en biodiesel, este aceite da problemas al depurar el agua; sin embargo, su recogida es problemática. La Comisión Europea propone que el Ministerio de Medio Ambiente y los Ayuntamientos creen un sistema de recogida de aceite frito, oleinas y grasas en tres etapas: industrial, hostelería y doméstica, con especial atención a su control y trazabilidad debido a su carácter de residuo. En el caso español, dicha recogida no está siendo promovida enérgicamente por la Administración pese a que la Ley 10/98 de Residuos establece la prohibición de verter aceites usados, lo cual es un incentivo más para su utilización en la fabricación de biodiesel.

1.4.7 Ventajas del biodiesel obtenido de basura orgánica en comparación con los otros tipos de biodiesel

- El costo de producción sería inferior, debido a que la materia prima utilizada prácticamente serían desechos orgánicos.
- Es prácticamente integral, al problema que hay en los municipios con el tratamiento y almacenamiento de las basuras domésticas. Además en el proceso se produce gas metano y también queda un resto orgánico que podría utilizarse como abono para el campo.
- No sería necesario destinar plantaciones específicas de soja, colza, piñón, etc. que seguirían manteniéndose para el consumo sin crear distorsiones, hambrunas destrucción del medio ambiente.
- Dado lo anterior, se posibilitaría que los agricultores utilizaran menos el arado para que el campo recupere de forma natural el carbono perdido (agricultura de conservación).
- Las producciones de monocultivos son siempre mucho más propicias a las plagas, al no extenderse (por no destinarse exclusivamente a biodiesel) se aminora ese riesgo.
- Al compararlo con el aceite quemado, podríamos decir que ambas materias primas son excelentes por sus costos pero todavía no se obtiene un método definitivo para la producción de biodiesel a partir de estos.
- La producción se haría prácticamente en las localidades de consumo, por lo que no

harían falta ni oleoductos ni barcos navegando con cargas susceptibles de ser derramadas al mar, ya que las plantas productoras no son técnicamente muy complejas ni demasiado costosas y cualquier pueblo en el último rincón del planeta, puede instalarla sin demasiadas complicaciones.

1.5 Conclusiones

Después de haber investigado sobre el biodiesel y sus características, podemos decir que este nuevo método de obtención sería un descubrimiento enorme puesto que sus costos de producción son notablemente inferiores gracias a una materia prima prácticamente con valor cero.

Un aspecto a ser tomado muy en cuenta también es la disminución en la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, que hoy en día se ha convertido en un problema de todos por los altos índices de contaminación.

En cuanto a la comparación con el diesel fósil, puedo decir que este recurso al no ser renovable sus costos se elevaran en un futuro dando una ventana para poder utilizar el biodiesel a gran escala.

Se debe tener muy en cuenta que al ser un proceso aun experimental los costos todavía no están bien definidos por lo que no nos podemos aventurar a decir que esta es una mina de oro, sino que sería una opción a ser muy tomada en cuenta.

Capítulo II

Procedimiento de elaboración

2.1 Procesos de separación de la materia prima

2.1.1 Concepto de desechos

“La basura es todo material considerado como desecho y que se necesita eliminar. La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera de valor igual a cero por el desechado. No necesariamente debe ser odorífica, repugnante e indeseable; eso depende del origen y composición de ésta.

Fig. 2-1 Desechos



Fuente: <http://www.ecoclimatico.com/wp-content/uploads/2008/12/basura.jpg>

Consultado: 21/mayo/09

Normalmente se la coloca en lugares previstos para la recolección para ser canalizada a tiraderos o vertederos, rellenos sanitarios u otro lugar. Actualmente, se usa ese término para denominar aquella fracción de residuos que no son aprovechables y que por lo tanto debería ser tratada y dispuesta para evitar problemas sanitarios o ambientales.”¹³

¹³ VELA, R.,. Their construction, operation and potential application. Paris: European Space Agency SP-1137. Manned space stations. 1990

Las moléculas orgánicas, de los compuestos orgánicos, son sustancias químicas basadas en cadenas de carbono e hidrógeno. En muchos casos contienen oxígeno, y también nitrógeno, azufre, fósforo, boro y halógenos. No son moléculas orgánicas los carburos, los carbonatos y los óxidos de carbono.

Se denomina compuesto inorgánico a todos aquellos compuestos que están formados por distintos elementos, pero en los que su componente principal no es el carbono siempre.

Mas sencillo todo lo de origen natural es orgánico por naturaleza y lo inorgánico es lo artificial, sobre todo los derivados de plásticos, y sustancias químicas.

2.1.2 Tratamiento de residuos

“Un relleno sanitario es un lugar destinado a la disposición final de desechos o basura, en el cual se toman múltiples medidas para reducir los problemas generados por otro método de tratamiento de la basura como son los tiraderos; Dichas medidas son por ejemplo: el estudio meticoloso de impacto ambiental, económico y social desde la planeación y elección del lugar hasta la vigilancia y estudio del lugar en toda la vida del vertedero.

En un relleno sanitario, a medida que se va colocando la basura, ésta es compactada con maquinaria y cubierta con una capa de tierra y otros materiales para posteriormente cubrirla con una capa de tierra que ronda los 40cm de grosor y sobre esta depositar otra capa de basura y así sucesivamente hasta que el relleno sanitario se da por saturado.

Fig. 2-2 Relleno sanitario



Fuente: <http://www.solucionesambientalesintegrales.com/docs/Instalaci%F3n%20en%20relleno%20sanitario.jpg>

Es un método de ingeniería para la disposición de residuos sólidos en el suelo de manera que se le dé protección al ambiente, mediante el esparcido de los residuos en pequeñas capas, compactándolos al menor volumen práctico y cubriéndolos con suelo al fin de día de trabajo, previniendo los efectos adversos en el medio ambiente.

Además, como forma de minimizar el impacto ambiental y como implementación del Protocolo de Kioto los rellenos sanitarios incluyen tratamiento de lixiviados, que son los líquidos producidos por la basura, quema de gases de descomposición, principalmente el metano, planes de reforestación en el área del relleno sanitario y control de olores.”¹⁴

Fig. 2-3 Lixiviados



Fuente: http://splz.files.wordpress.com/2007/06/natra_lixiviados_20-5-04_x19.jpg

Consultado: 21/mayo/09

¹⁴ NEBEL, B., Prentice Hall. Ciencias Ambientales: ecología y desarrollo sostenible, México. 1999.

Porque los residuos confinados sin tratamiento contienen un alto potencial peligro para el medio ambiente (daños en la impermeabilización en el transcurso de tiempo), en Europa ya tienen normas que exigen un tratamiento de los residuos antes de confinar para eliminar su potencial peligro tanto para el ambiente como la salud humana.

De igual manera funciona el relleno sanitario Pichacay, que separa los residuos según su tipo por lo que no sería un gran problema el separar los desechos en orgánicos, inorgánicos y reciclables.

Es por ello que la separación de residuos en la ciudad de Cuenca, comienza desde los hogares, mercados, hospitales e industrias estos son clasificados por el color de la funda en la cual se depositan los desechos, las que nos interesan a nosotros son todas las fundas negras de domicilios y también lo que se recoge de los mercados. En el caso de Cuenca los desechos orgánicos están siendo tratados para obtener un abono de alta calidad.

2.1.3 Clasificación de los residuos

2.1.3.1 Clasificación según su composición

- Residuo orgánico: todo desecho de origen biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc. Los desechos biodegradables se descomponen en forma natural en un tiempo relativamente corto. Por ejemplo: los desechos orgánicos como los alimentos, tardan poco tiempo en descomponerse.
- Residuo inorgánico: todo desecho de origen no biológico, de origen industrial o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, etc. Los desechos no biodegradables no se descomponen fácilmente sino que tardan mucho tiempo en hacerlo. Por ejemplo: el vidrio tarda unos 4.000 años, el plástico tarda de 100 a 1.000 años, una lata de refresco tarda unos 10 años y un chicle unos cinco años.
- Residuos peligrosos: todo desecho, ya sea de origen biológico o no, que constituye un peligro potencial y por lo cual debe ser tratado de forma especial,

por ejemplo: material médico infeccioso, residuo radiactivo, ácidos y sustancias químicas corrosivas, etc.

Fig. 2-4 Basura Clasificada



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Residuo> Consultado: 21/mayo/09

2.1.3.2 Clasificación según su origen

- Residuo domiciliario: basura proveniente de los hogares y/o comunidades.
- Residuo industrial: su origen es producto de la manufactura o proceso de transformación de la materia prima.
- Residuo hospitalario: desechos que son catalogados por lo general como residuos peligrosos y pueden ser orgánicos e inorgánicos.
- Residuo comercial: provenientes de ferias, oficinas, tiendas, etc., y cuya composición es orgánica, tales como restos de frutas, verduras, cartones, papeles, etc.
- Residuo urbano: correspondiente a las poblaciones, como desechos de parques y jardines, mobiliario urbano inservible, etc.

Fig. 2-5 Clasificación de desechos

Fuente: http://www.elcomercio.com/nv_images/fotos/2007/04/ec17_p_quito.jpg

Consultado: 23/mayo/09

2.1.4 Separación de residuos orgánicos

2.1.4.1 Método de separación de residuos orgánicos

El papel y el cartón son de origen orgánico, sin embargo, para propósitos de reciclaje deben ser tratados como inorgánicos por el proceso particular que se les da. La excepción son los papeles y servilletas con residuos de comida que se consideran como material orgánico.

Otros tipos de residuos, como los propios del metabolismo humano, también son orgánicos, sin embargo son manejados a través de las redes de saneamiento, como las lagunas de oxidación ubicadas en el sector del Descanso, y no a través de esquemas de recolección y disposición final.

Para emprender con este proyecto es necesario en primer lugar crear la conciencia entre las autoridades de la ciudad y de la empresa encargada del tratamiento y disposición de los desechos en la ciudad de Cuenca, y en segundo término profundizar con campañas publicitarias en la necesidad de seleccionar la basura en los domicilios haciéndoles conocer de los beneficios que este proyecto implicaría para la ciudad, el país y el mundo en general.

Fig. 2-6 Clasificación desechos orgánicos

Fuente: <http://www.eltiempo.com/vidadehoy/IMAGEN/IMAGEN-4792723-1.gif>

Consultado: 23/mayo/09

En este mismo contexto se optaría por campañas para involucrar a la ciudadanía en la selección de los desechos sólidos mediante sistemas de recompensa y de bajo costo a quienes opten por el uso del combustible extraído de la basura orgánica, además de que se generaría una considerable cantidad de fuentes de trabajo que redundaría en beneficio de la sociedad cuencana.

En cuanto a los procesos de transformación en sí creemos necesario anotar que se llevaría a cabo en ambientes completamente seguros para los operadores del sistema de la planta de procesamiento con las debidas seguridades que presta la técnica moderna.

2.1.4.2 Procesos a implementarse

Los procesos a implementarse serian:

1. Recibir la basura orgánica en la planta directamente de los camiones de la EMAC
2. Verter toda la basura en bandas transportadoras que pasaran por debajo de un electro imán el cual retendrá todos los metales pesados, en esta misma banda se separa toda la basura orgánica de la demás basuras en caso de que llegare sin clasificar.
3. Una vez seleccionada la basura orgánica pasa a un molino en donde se tritura hasta convertirse en una masa homogénea la cual se hidrata con agua, esta masa se la coloca en los pozos y posteriormente se agregan las bacterias y levaduras.

4. Esta etapa es la más importante aquí se vierte una mezcla de bacterias y levaduras batimos de nuevo y dejamos que las bacterias actúen por unos días de esta manera descomponen aceleradamente la basura extrayendo el hidrogeno que queda mezclado con su propio carbono.
5. Tras ello obtenemos una capa aceite que podemos extraer por decantación, en el proceso también obtenemos metano que podemos almacenar, después de extraída la parafina, y que podemos destilar para obtener metanol.
6. Filtramos la parafina y la mezclamos con aceites más ligeros para eliminar todas las impurezas.
7. Una vez purificada la parafina esta se puede comercializar y el producto restante seria aceite listo para ser procesado en un catalizador y obtener biodiesel en su totalidad para después ser depositado en tanques de almacenamiento.
8. Para lograr la separación de la molécula, se necesita un catalizador, que puede ser hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. Con la ruptura de la molécula, la glicerina se une a la sosa cáustica (hidróxido de sodio) y se decanta por ser más pesada que el biodiesel. Los ésteres se unen el alcohol, y forman el biodiesel.
9. Finalmente el residuo resultante de todo el proceso se deja secar para luego poder utilizarlo como abono natural o como biomasa que es carbón natural.

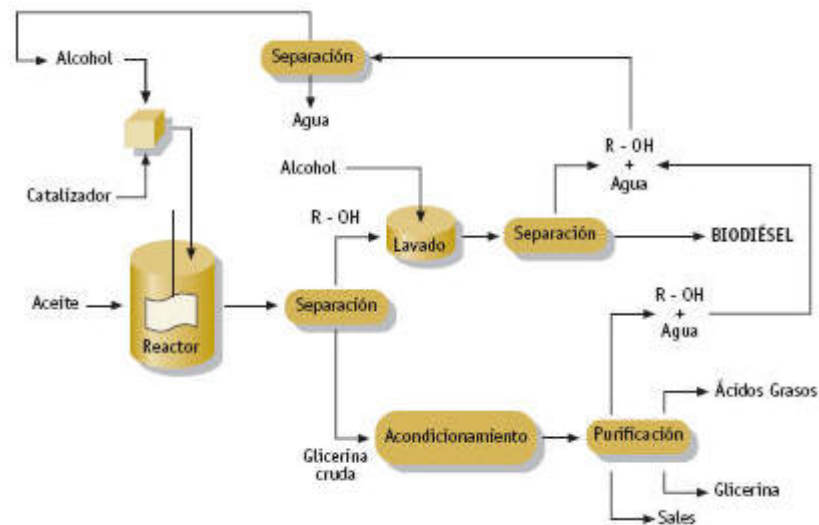
2.1.4.3 Proceso Discontinuo

“Es el método más simple para la producción de biodiesel donde se han reportado ratios 4:1 (alcohol: triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25°C a 85°C también han sido publicadas. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del 0,3% al 1,5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol

separarse de la fase éster. Se han publicado en la bibliografía resultados entre el 85% y el 94%.

En la transesterificación, cuando se utilizan catalizadores ácidos se requiere temperaturas elevadas y tiempos largos de reacción. Algunas plantas en operación utilizan reacciones en dos etapas, con la eliminación del glicerol entre ellas, para aumentar el rendimiento final hasta porcentajes superiores al 95%. Temperaturas mayores y ratios superiores de alcohol: aceite pueden asimismo aumentar el rendimiento de la reacción. El tiempo de reacción suele ser entre 20 minutos y una hora. En el gráfico 1 se reproduce un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación en discontinuo.”¹⁵

Fig. 2-7 Proceso Discontinuo



Fuente: <http://www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

Consultado: 23/mayo/09

¹⁵ Milenarium Aureum S.L. Biocombustibles. 2004.

<http://www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

2.1.5 Almacenamiento del biocombustible

Después de realizar todos los procesos anteriores para la obtención del biodiesel, este se debería almacenar en tanques totalmente herméticos y limpios, en un ambiente que tenga una temperatura entre los 15° a 22°C para que no pierda sus propiedades como carburante.

Su almacenamiento no sería nada complicado puesto que no es un combustible muy volátil y por lo tanto disminuye el riesgo de accidentes en su manipulación. Los productores de biodiesel aconsejan almacenarlo por no más de 3 a 6 meses a menos que se utilicen aditivos para estabilizarlo. Esto es válido también para las mezclas. Una vida más prolongada puede lograrse con la adición de estabilizantes. Las mezclas de biodiesel no se separan en presencia de agua, no obstante es conveniente controlar durante el almacenamiento con adecuados sistemas separando y alejando el agua que pudiese haber.

Fig. 2-8 Tanque de almacenamiento para biodiesel



Fuente: <http://mktPCA.com/images/17.jpg> Consultado: 23/mayo/09

2.2 Calculo de la cantidad de materia útil

2.2.1 Recolección de basura en la ciudad de Cuenca

La empresa encargada de la recolección de desechos en la ciudad de Cuenca y sus alrededores es la EMAC, dicha empresa ha venido realizando esta labor desde hace algún tiempo, el trabajo de recolección que se realiza es zonificado, y para contabilizar de mejor manera se dividen los desechos de la siguiente manera:

- Total de desechos recibidos en el Relleno Sanitario de Pichacay, considerando cantones y particulares. Excepto material reciclado ese valor ya incluye en domicilios.
- Particulares, se consideran industrias, domicilios y convenios como (Sigsig Chordeg, Cañar, Cartopel, Impregilo, Santos CMI, Zhidmad
- Mercados, es estimado por la mezcla de desechos de mercados e industrias e incluso en ciertas ocasiones hasta domiciliarios que llegan en los Vehículos de carga frontal.
- Industrias, este valor es estimado por la mezcla de desechos de mercados e industrias e incluso en ciertas ocasiones hasta domiciliarios que llegan en los Vehículos de carga frontal.
- Domiciliarios este valor contabiliza los desechos recogidos por la EMAC en los recolectores y vehículos contratados.
- Orgánicos este valor contiene todos los desechos de los mercados previamente seleccionados para procesos de compostaje o lombricultura.

Fig. 2-9 Recolección de basura



Fuente: <http://www.sanluis.gob.mx/images/upload/RecolecciondeBasura1.jpg>

Consultado: 23/mayo/09

Para nuestro proyecto solo nos interesan los desechos orgánicos, que según datos proporcionados por la EMAC es el mayor tipo de residuo del que están compuestos los desperdicios de la ciudad y sus alrededores.

2.2.2 Calculo del porcentaje de basura orgánica

Al hablar de materia útil, tenemos que tomar en cuenta todos los desechos orgánicos que llegan o que se podrían utilizar del relleno sanitario Pichacay es por esto que al obtener la información proporcionada por la EMAC tomaremos como referencia las 385 Ton promedio de basura que llega diariamente al relleno de la cual el 66% son desechos orgánicos, de los cuales se podría utilizar un 98% solamente, por lo que no siempre estos desechos se los puede clasificar totalmente en orgánicos puros.

Esta cantidad de desechos orgánicos es la suma de lo que llega de los domicilios, mercados, e industrias que separan sus desechos en inorgánicos y orgánicos, ya que lamentablemente todavía hay empresas o fabricas que no lo hacen enviando gran cantidad de basura sin clasificar al relleno sanitario.

Actualmente todos los desechos orgánicos que llegan al relleno sanitario son utilizados como abono de gran calidad que ayuda bastante en los sembríos de los habitantes del sector, y también se hacen pruebas de su calidad en sembríos aledaños al relleno. Con el método de obtención de este biodiesel los residuos al separar el combustible se utilizarían como abono con altísima calidad gracias a las bacterias y levaduras.

Fig. 2-10 Desechos orgánicos para abono



Fuente: <http://www.ecolosfera.com/wp-content/uploads/2009/04/lombricultura.jpg>

Consultado: 23/mayo/09

2.2.3 Composición de los desechos sólidos en Cuenca

La siguiente tabla nos muestra la composición de desechos en la ciudad de Cuenca, para nuestro proyecto en particular se utilizará solo los desechos orgánicos, tomando como referencia un 66,34% que se refiere a los desechos orgánicos.

Fig. 2-11 Basura orgánica



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/_lcp0-](http://2.bp.blogspot.com/_lcp0-Ilvik/RsCGHbnqesI/AAAAAAAAAD8/ORa0zZvGkqs/s320/problema02.jpg)

[Ilvik/RsCGHbnqesI/AAAAAAAAAD8/ORa0zZvGkqs/s320/problema02.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_lcp0-Ilvik/RsCGHbnqesI/AAAAAAAAAD8/ORa0zZvGkqs/s320/problema02.jpg). Consultado: 23/mayo/09

El resto de desechos estarían compuestos por elementos que no necesitaríamos y se seguirían los mismos procesos de tratamiento que actualmente maneja la EMAC, ser reciclados, o sepultados en el relleno sanitario.

Tabla 2-1 Porcentaje del contenido de basura orgánica

Composición	Cantidad (%)
Materia orgánica	66,34
Papel y cartón	8,83
Metales	1,22
Plásticos	3,99
Materia inerte	10,73
Papel higiénico	4,74
Otros	7,55
T o t a l	100,00

Fuente: Información proporcionada por la EMAC

2.3 Calculo del volumen de combustible estimado a obtenerse

2.3.1 Cálculo de la cantidad de desechos orgánicos para utilizarse

Es por esto que estaríamos hablando de unas 252 Ton de desechos orgánicos listos para ser mezclados con nuestras bacterias, levaduras y agua. Al tener como dato que en tres semanas se puede obtener el aceite y que por cada diez kilogramos de basura previamente mezclada se obtendría un litro de este aceite se obtendría unos 25.200 litros diarios o 6.657 gl. Pero para empezar con la producción de biodiesel, se instalaría una planta pequeña con una capacidad para procesar de 20 a 30 Ton diarias de basura orgánica, de la cual se obtendrían unos 2500 litros de aceite o 650 gl.

Fig. 2-12 Muestras de biodiesel



Fuente: http://www.jornada.unam.mx/2007/05/29/fotos/020n2eiu-1_mini.jpg

Consultado: 23/mayo/09

Con el producto resultante no sería problema satisfacer la necesidad de combustible de los camiones de la EMAC los cuales son 25 y utilizan cada uno 7.3 galones de diesel al día. Para nosotros poder satisfacer esta necesidad tendríamos que procesar 7 toneladas de basura orgánica al día lo cual no sería problema debido a que al relleno llegan diariamente 385 toneladas de basura de las cuales el 66% es basura orgánica, que en cantidades significan 252 toneladas de desechos biodegradables todos los días.

La meta a largo plazo sería conseguir la capacidad de procesar tanta basura para abastecer la necesidad de combustible de todos los automotores que funcionan con diesel en la ciudad de Cuenca, o por lo menos al principio todos los camiones recolectores que trabajan para la EMAC.

Empresa	Galones de combustible usados por día (gl/día)	Cantidad de basura orgánica necesaria (tn)
EMAC (Camiones)	181,82	6,88
Termoeléctrica El Descanso	500	18,93

Datos tomados de la investigación de campo en Cuenca.

El cuadro anterior nos da la pauta para emprender en un proyecto de esta naturaleza por cuanto disponemos de cantidad suficiente de materia prima para utilizarlo directamente en el procesamiento que inicialmente se espera, y también conociendo las ventajas de este proceso y emprendimiento estimo que las autoridades de la ciudad de Cuenca y en particular de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca tomarán muy en cuenta el proyecto para beneficio de su población, la ciudad, el país y en general para el ambiente.

Después de calcular dicha cantidad de combustible estaríamos hablando de un buen porcentaje de combustible a ser tomado en cuenta como para utilizarlo en los automotores a diesel de la ciudad de Cuenca, aunque al principio recomiendo hacer un estudio químico de este biocombustible previa su utilización, y tal vez probarlo en motores didácticos como los que posee la Universidad del Azuay.

2.3.2 Cálculo de la cantidad de elementos a mezclarse

Tomando como referencia que al comenzar con la producción estaríamos hablando de 25 a 30 Ton de basura orgánica, tendríamos que añadir a esta aproximadamente unos 65 gl de agua, y 10 a 12 kg de levaduras, es un tanto complejo la cantidad de bacterias que se necesitaría por lo que todavía esta en estudio este proceso pero por lo menos seria necesario de 3 a 5 kg.

Fig. 2-13 Bacterias y levaduras

Fuente: <http://img98.imageshack.us/img98/1462/0402it9.jpg> Consultado: 23/mayo/09

Al añadir las cantidades ideales, se obtendría un biocombustible de gran calidad por lo cual este procedimiento debe ser perfeccionado para optimizar los recursos al máximo y no desperdiciar ningún elemento. Del porcentaje añadido de bacterias y levaduras también dependerá el tiempo para la obtención de biodiesel.

2.3.3 Cálculo del combustible estimado a obtenerse

Con los antecedentes anteriores podemos decir que se obtendría unos 500 a 600 gl de aceite por decantación, para luego ser purificado y podría ser mezclado con diesel fósil en el caso que fuera necesario. Los residuos no utilizables estarían alrededor de 20 a 22 Ton.

Fig. 2-14 Obtención de biodiesel

Fuente: <http://www.ecologicosi.com/wp-content/uploads/2007/10/obtencion-biodiesel.jpg> Consultado: 23/mayo/09

2.4 Características del combustible obtenido

2.4.1 Propiedades del biodiesel obtenido de desechos orgánicos

“Elimina los compuestos de azufre al no contener este dentro de su composición química. Este biodiesel trabaja bien con nuevas tecnologías como catalizadores (qué reducen las fracciones solubles del diesel pero no las partículas sólidas de carbón), trampas y equipos para recirculación de gases de escapes (potencialmente alargaría la vida de estos por menos cantidad de carbón).

Las propiedades de fluidez del combustible a bajas temperaturas, este problema esta determinado porque a temperaturas inferiores a los 5°F se forman pequeños y sólidos cristales cerosos que tapan los conductos y filtros. Es decir que este combustible se congela antes que los derivados del petróleo (2 ó 3°C de diferencia).

La estabilidad del producto durante su almacenamiento, está afectada por su escasa estabilidad hidrolítica y oxidativa, comprometiéndose así sus cualidades técnicas durante los almacenamientos prolongados. Este fenómeno está relacionado con la presencia de componentes insaturados (carbonos unidos por doble ligaduras) que se caracterizan por el índice de yodo, es decir la cantidad de yodo necesario para abrir esas ligaduras dobles, cuanto más alto es el índice, mayor es la inestabilidad del combustible.

Fig. 2-15 Muestras de biodiesel



Fuente: <http://i.treehugger.com/files/soybean-biodiesel.jpg> Consultado: 23/mayo/09

La determinación rápida de la calidad del combustible y sus estándares resulta en un impedimento no técnico que incrementa sus costos de obtención, debiéndose desarrollar nuevos métodos analíticos, actualmente este tema se resuelve mediante un complejo método analítico basado en la cromatografía gaseosa, y se esta experimentando el empleo de espectroscopia infrarroja (NIR- Near-infrared spectroscopy), técnica que en menos de un minuto permite determinar las cualidades del combustible.

El desarrollo de mejores condiciones anticongelantes y por ende retardadoras de la fluidez del combustible puede ser parcialmente removida mediante el empleo de nuevos surfactantes, y el desarrollo de nuevos aditivos sintéticos. Hoy en día y en laboratorio este problema se soluciona mediante el enfriado y filtrado del producto, logrando así perfomances similares a los derivados de combustibles fósiles.”¹⁶

2.4.2 Modelado y correlación de las propiedades del biodiesel

A continuación pongo un ejemplo de un modelado en el cual se comparan las propiedades físicas y químicas del diesel con el biodiesel, en este modelado se calcula mediante fórmulas y gráficas las similitudes de las propiedades del biodiesel y del diesel, para luego llegar a una sola conclusión.

“El modelado matemático de propiedades físico-químicas se basa en la formulación de relaciones funcionales entre variables, que se pueden medir directa o indirectamente. Estas relaciones suelen incluir parámetros que son ajustados para permitir la adecuación de la expresión a situaciones más generales. Algunas de las hipótesis simplificativas de las versiones iniciales se pueden modificar a partir del contraste con resultados experimentales, siendo este proceso característico de la construcción incremental de los modelos. Si las estimaciones son lo suficientemente precisas, su uso en aplicaciones de ingeniería es tan confiable como lo es el uso de datos experimentales, con la ventaja de que permiten interpolar, extrapolar y correlacionar

¹⁶ CIRIA Ignacio. Propiedades y Características del Diesel y Biodiesel. 2003

<http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/combustibles.pdf>

dichos datos, disponiéndose de valores para las propiedades cuando no se tienen datos experimentales.

En el caso particular de los combustibles, algunas propiedades físico-químicas tienen gran influencia en el encendido, combustión y formación de contaminantes cuando se utiliza el combustible en un motor Diesel. En consecuencia, la predicción de este tipo de propiedades para un combustible adquiere una importancia indiscutible al utilizarse en el modelado de los procesos de atomización y combustión. Estos procesos no se dan a presión y temperatura cercanas a la ambiente, que es donde se pueden realizar las medidas en el Laboratorio, por lo tanto, las tendencias de variación de estas con la temperatura son de gran utilidad. Los aceites vegetales y las grasas de origen animal son recursos renovables que en nuestra sociedad juegan un papel importante en la producción de combustibles alternativos, como por ejemplo biodiesel.

Debido a que la alta viscosidad de estos aceites tiende a causar problemas si se los usa directamente en motores diesel, se los hace reaccionar químicamente con alcoholes de cadena corta (metanol o etanol) mediante una reacción de transesterificación.

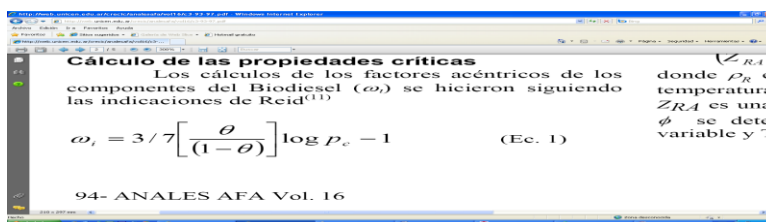
Los monoésteres resultantes tienen viscosidades próximas al del diesel derivado del petróleo; esta mezcla de monoésteres es conocida como biodiesel. En la literatura es posible encontrar para determinadas muestras de biodiesel, tanto resultados experimentales como valores obtenidos a partir de predicciones teóricas. Usualmente, las mediciones corresponden a mezclas específicas y son válidas para una temperatura o un rango reducido de temperaturas en general se conoce el valor de las propiedades del biodiesel a 40°C ya que a esa temperatura todos sus componentes son líquidos y se sabe que en un motor en operación, los inyectores están refrigerados por el combustible que pasa a través de ellos, por lo que no trabajan a excesiva temperatura. Cuando se abordó la tarea de diseñar modelos matemáticos de las propiedades del biocombustible, fue necesario adaptar (para la mezcla que se está produciendo en dicho laboratorio) relaciones que permitieran el cálculo de las propiedades para temperaturas desde la ambiente hasta la crítica, ajustándolas de acuerdo con los resultados de estudios cromatográficos y validándolas con mediciones experimentales a temperaturas prefijadas.

El Grupo de Energías Renovables comenzó a encarar el modelado de las propiedades físico-químicas de biodiesel, con el objeto de relacionar los resultados obtenidos por medio de estos modelos con los resultados experimentales en el BD obtenido en distintas producciones de laboratorio. A partir de análisis cromatográficos se determinó (utilizando el paquete de Estadística de MapleV-Release 4) que las tres producciones no diferían significativamente ($p = 0.05$) del producido por metilación total del aceite base.

Con los valores experimentales de las fracciones en masa de los cinco metilésteres que componen usualmente el BD (metil - palmitato, metil - oleato, metil - estearato, metil - linoleato y metil - linoleniato) se construyeron curvas de densidad, tensión superficial y presión de vapor, para temperaturas entre 280K y 780K. Los datos de temperaturas de ebullición normales y las propiedades críticas de los metilésteres se tomaron del artículo de Yuan, excepto cuando se dispuso de datos confirmados por más de una fuente. Los valores de densidad utilizados fueron los consignadas en Clements y Prakash.

2.4.3 Cálculo de las propiedades críticas

Los cálculos de los factores acéntricos de los componentes del Biodiesel (ω_i) se hicieron siguiendo las indicaciones de Reid.



donde $\theta = T_b / T_c$ (T_b : temperatura de ebullición, T_c : temperatura crítica; ambas en K) y p_c es la presión crítica (en atmósferas), para cada uno de los componentes del Biodiesel. Para el cálculo de las propiedades críticas de la mezcla se calibraron los modelos sugeridos por Yuan de acuerdo con los propuestos por Reid utilizando las fracciones en masa del metilado total del aceite base:

- Volumen crítico de la mezcla, V_{cm} regla de mezclado de Lydersen.

$$V_{cm} = \sum_i \sum_j y_i y_j V_{cij} \quad (\text{Ec. 2})$$

donde y_k es la fracción molar del componente k y V_{cij} se calcula a partir de la Ecuación 3, siendo V_{ck} el volumen crítico del componente k .

$$V_{cij} = \frac{1}{8} \left(V_{ci}^{1/3} + V_{cj}^{1/3} \right)^3 \quad (\text{Ec. 3})$$

- Temperatura crítica de la mezcla, T_{cm} (regla de mezclado de Ambrose)

$$T_{cm} = \frac{1}{V_{cm}^{1/4}} \sum_i \sum_j y_i y_j V_{cij}^{1/4} T_{cij} \quad (\text{Ec. 4})$$

donde T_{cij} se calcula a partir de la Ecuación 5, siendo T_{ck} la temperatura crítica del componente k .

$$T_{cij} = \left(T_{ci} T_{cj} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec. 5})$$

- Presión crítica de la mezcla, p_{cm} (regla de mezclado de Ambrose)

$$p_{cm} = \frac{(0.2905 - 0.085\omega_m) R T_{cm}}{V_{cm}} \quad (\text{Ec. 6})$$

siendo R la constante universal de los gases ideales y calculando el factor acéntrico de la mezcla, ω_m , a partir de la Ecuación 7.

$$\omega_m = \sum_i y_i \omega_i \quad (\text{Ec. 7})$$

2.4.4 Cálculo de las propiedades derivadas

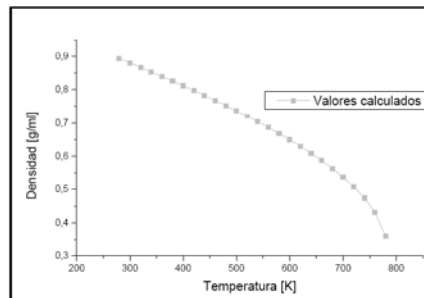
Para construir la curva de densidad (ρ) del Biodiesel sobre el rango completo de temperaturas, se trabajó con datos de literatura obteniéndose la curva de la Figura 2-16, según la siguiente expresión:

$$\rho = \frac{\rho_R}{(Z_{RA})^\phi} \quad (\text{Ec. 8})$$

donde ρ_R es la densidad experimental evaluada a una temperatura de referencia (T_R , en nuestro caso 273K), Z_{RA} es una constante única para cada compuesto y ϕ se determina con la Ecuación 9, donde T es la variable y T_c es la temperatura crítica.

$$\phi = \left(1 - \frac{T}{T_c}\right)^{\frac{2}{7}} - \left(1 - \frac{T_R}{T_c}\right)^{\frac{2}{7}} \quad (\text{Ec. 9})$$

Fig. 2-16 Densidad de BD en función de temperatura



Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

Se utilizaron datos de la literatura para obtener la curva de presión de vapor (Pv) sobre el rango completo de temperaturas, como se muestra en la Figura 2-16, de acuerdo a la expresión que se consigna a continuación:

$$P_v = \exp\{f^{(0)}(T_r) + \omega_m f^{(1)}(T_r)\} \quad (\text{Ec. 10})$$

donde: Tr es la temperatura reducida, ω_m es el factor acéntrico de la mezcla de ésteres y f (0) y f (1) surgen de las Ecuaciones 11 y 12.¹⁰

$$f^{(0)} = 5.92714 - \frac{6.09648}{T_r} - 1.28862 \ln T_r + 0.169347 T_r^6 \quad (\text{Ec. 11})$$

$$f^{(1)} = 15.2518 - \frac{15.6875}{T_r} - 13.4721 \ln T_r + 0.43577 T_r^6 \quad (\text{Ec. 12})$$

Para la tensión superficial (σ), cuyo cálculo requiere del valor de la densidad de la fracción líquida de los metilésteres en el punto normal de ebullición, no fue posible encontrar este dato. Por lo tanto, el valor se estimó construyendo curvas de densidad para cada uno de los metilésteres de acuerdo con la Ecuación 8 y determinando un parámetro (α) utilizado en la Ecuación 14, que refleja la relación entre la densidad requerida [8] y la densidad del metil-éster a 15.5°C y que puede ser ajustado de acuerdo con los valores experimentales de los que se dispone.

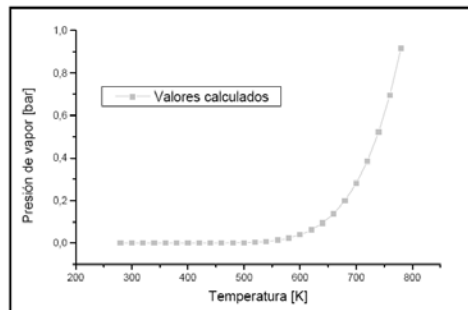
$$\sigma = \sum_{i=1}^n x_i \sigma_i \quad (\text{Ec. 13})$$

donde xi es la fracción másica de los ésteres de ácidos grasos que componen el Biodiesel y σ_i se calcula a partir de la Ecuación 1

$$\sigma_i = ([P] \alpha \rho_{bi})^4 \left(\frac{1 - T_{ir}}{1 - T_{ibr}} \right)^{4n} \quad (\text{Ec. 14})$$

donde $[P]$ es el paracoro, ρ_i es la densidad de cada componente (ésteres) a la temperatura de ebullición, α es el factor de ajuste, y $4n$: es una constante que vale 1.1. Los valores del paracoro que a bajas densidades puede visualizarse como un volumen comparativo entre dos líquidos de las mismas tensiones superficiales para los metilésteres lo han obtenido siguiendo las recomendaciones y utilizando las contribuciones estructurales correspondientes.¹⁷

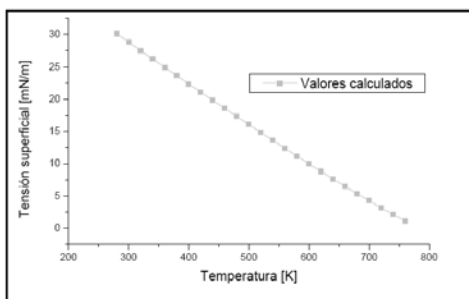
Fig. 2-17 Presión de vapor de BD en función de temperatura



Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

Los valores de tensión superficial obtenidos a partir de la Ecuación 13 se grafican en la Figura 2-18. Se determinó un factor de ajuste α de la curva, sobre todo el intervalo de temperatura considerado, para obtener los valores reportados.

Fig. 2-18 Tensión sup. de BD en función de la temperatura



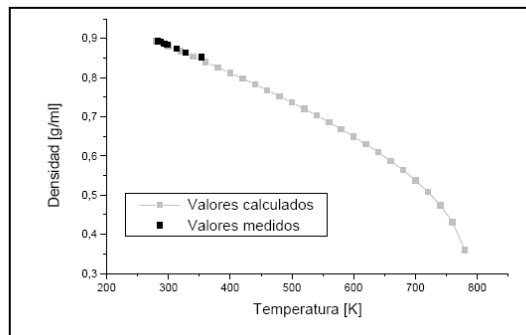
Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

¹⁷ YUAN, W.; Hansen A.C.; Zhang Q.,. Transactions of the ASAE, Cap 46: 6, (2003). pag. 1487 - 1493

2.4.4.1 Resultados

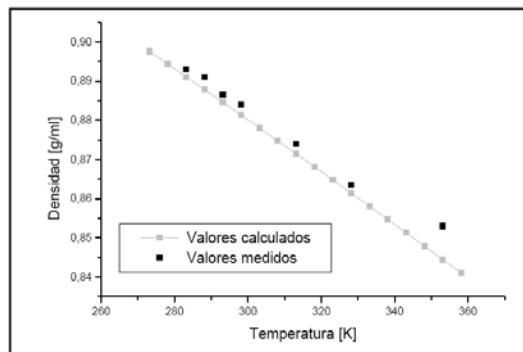
En la Figura 2-19 se grafican los valores de densidad predichos por el modelo y los medidos en laboratorio, con el fin de compararlos. En la Figura 2-19 se hace un zoom en el rango de Temperaturas en el que se dispone de valores experimentales. El error relativo fue menor o igual al 1% (Tabla 2-2), siendo aún mejor el ajuste en el rango de temperaturas más bajas.

Fig. 2-19 Comparación de resultados de densidad obtenidos a partir del modelo y experimentalmente



Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

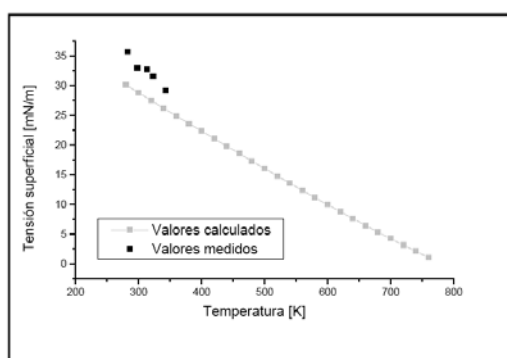
Fig. 2-20 Comparación de resultados de densidad obtenidos a partir del modelo y experimentalmente - detalle



Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

La curva de tensión superficial que se muestra en la Figura 2-18 predice en defecto respecto de nuestros valores de calibración, como se indica en la Figura 2-21. Estos valores diferían de los experimentales en más del 10%.

Fig. 2-21 Comparación de resultados de tensión superficial obtenidos a partir del modelo y experimentalmente

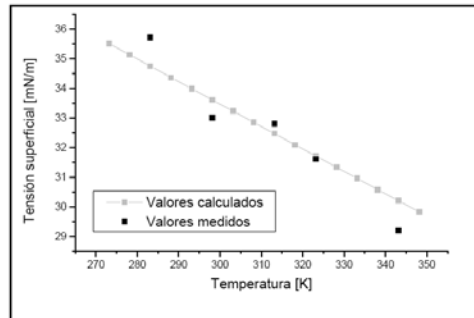


Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

“Dado que los valores experimentales de tensión superficial de Biodiesel obtenidos en nuestro grupo cubren un rango mayor de temperaturas que los reportados, fue posible ajustar el valor de α para obtener la curva representativa de nuestras producciones, como se indica en la Figura 2-22. Los valores medidos permitieron construir la curva teórica de modo que el error relativo fuese menor que 3.35% (Tabla 2-2). La diferencia entre los valores del parámetro utilizado para ajustar los datos de literatura ($\alpha = 0.7$) y los valores experimentales ($\alpha = 0.727$) fue de 3.81%.”¹⁸

¹⁸ TAT, M.E.; Van Gerpen, J.H., J. Am. Oil. Chem. Soc., 77 (2), (2000). pag. 115 – 119.

Fig. 2-22 Comparación de resultados de tensión superficial obtenidos a partir del modelo y experimentalmente-detalle



Fuente: Yuan, W., A. C. Hansen, Q. Zhang. Transactions of the ASAE, 46: 6, 1487 - 1493 (2003). Consultado: 26/mayo/09

Tabla 2-2 Temperatura y densidad

Temperatura	Densidad Medida (g/ml)	Densidad Calculada (g/ml)	Error Absoluto (g/ml)	Error Relativo(%)
283,15	0,890	0,891	0,001	0,21
288,15	0,890	0,888	0,002	0,35
293,15	0,890	0,885	0,005	0,21
298,15	0,880	0,881	0,001	0,30
313,15	0,870	0,871	0,001	0,29
328,15	0,860	0,861	0,001	0,24
353,15	0,850	0,844	0,006	1,00

Tabla 2-3 Temperatura y tensión

Temperatura [K]	Tensión superficial medida [mN/m]	Tensión superficial calculada [mN/m]	Error absoluto [mN/m]	Error relativo (%)
283,15	35,70	34,74	0,96	2,76
298,15	33,00	33,60	0,60	1,79
313,15	32,80	32,46	0,34	1,04
323,15	31,60	31,70	0,10	0,34
343,15	29,20	30,20	1,00	3,31

2.4.4.2 Conclusiones del modelado

“Se realizaron cálculos teóricos para estimar la densidad, la tensión superficial y la presión de vapor del Biodiesel en base a su composición química, para un amplio rango de temperatura, que varía desde la temperatura ambiente hasta la crítica. La comparación de las curvas obtenidas con los datos de literatura (tanto teóricos como experimentales) es altamente satisfactoria. Si bien se realizaron distintas producciones batch a escala de laboratorio, la composición del biocombustible se mantuvo prácticamente constante. Los valores de las propiedades medidas están dentro del rango exigido por las normas ASTM y, en consecuencia están de acuerdo con los valores publicados. Además, están próximos a los predichos por los modelos. Dado que nuestros datos experimentales fueron usados en la calibración de las ecuaciones, el modelo ya era representativo de las muestras. En el caso de la densidad no hizo falta efectuar ajuste alguno, mientras que para la tensión superficial, el ajuste realizado fue mínimo. Esto nos permite disponer de un modelo calibrado de acuerdo con las características de la materia prima disponible y el proceso de elaboración en curso. Con base en el modelo es posible analizar las producciones subsiguientes, no sólo en escala de laboratorio sino también en escala de planta piloto, controlando la calidad de las mismas a partir de las desviaciones respecto de los valores predichos. El trabajo teórico continuará con el modelado otras propiedades fisicoquímicas de Biodiesel con el objeto de lograr una caracterización más amplia del biocombustible y predecir el comportamiento de las mismas en distintas condiciones a las que se realizan usualmente las medidas. Dado que los cálculos se hacen de modo que las propiedades puedan ser estimadas en un amplio rango de temperaturas, se espera poder aproximar el comportamiento del combustible en la cámara de combustión.”¹⁹

¹⁹ REID, R.; Prausnitz, J.M.; Sherwood, T.K., “The properties of Gases and Liquids”, 4ta Edición, McGraw Hill. 2000.

2.4.5 Propiedades físicas

Este biodiesel tiene propiedades físicas muy similares al diesel convencional.

Gravedad específica 0.88

Viscosidad a 20°C de 7.5 (centistokes)

Índice de Cetano de 49

Filtro frío que Tapa Punto - 12(°C)

Valor Calorífico 33.300 (kilojoules por el litro)

2.4.6 Características generales del Biodiesel B100 (Obtenido de desechos orgánicos)

- 1) La calidad de ignición es buena. Índice de cetano: 45-49
- 2) No forma residuo carbonoso. Sin embargo, la combustión completa es difícil, pues requiere altas temperaturas para quemar los componentes más pesados.
- 3) El punto de escurrimiento es -9 °C. Lo hace apto para ser usado en invierno.
- 4) La viscosidad es algo elevada. Sin embargo, no provocará excesiva fricción interna ni atascamiento de las agujas de inyectores.
- 5) No se detecta contaminación con agua.
- 6) El combustible no forma lacas ni barnices.
- 7) No se observan sólidos anormales.
- 8) El contenido de azufre es bajo

Tabla 2-4 Propiedades del biodiesel

Propiedad	Unidad	Límites		Método de ensayo
		Mínimo	Máximo	
Contenido en éster ^a	% (m/m)	96,5 ^b		EN 14103
Densidad a 15 °C ^c	kg/m ³	860	900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viscosidad a 40 °C ^d	mm ² /g	3,50	5,00	EN ISO 3104
Punto de inflamación	°C	120	-	prEN ISO 3679 ^e
Contenido de azufre	mg/kg	-	10,0	prEN ISO 20846 prEN ISO 20884
Residuo de carbón (en 10% de residuo destilado) ^f	% (m/m)	-	0,30	EN ISO 10370
Índice de cetano ^g		51,0		EN ISO 5165
Contenido de cenizas sulfatadas	% (m/m)	-	0,02	ISO 3987
Contenido en agua	mg/kg	-	500	EN ISO 12937
Contaminación total ^h	mg/kg	-	24	EN 12662
Corrosión de la tira de cobre (3h a 50 °C)	Clasificación	Clase 1		EN ISO 2160
Estabilidad a la oxidación 110 °C	Horas	6,0	-	EN 14112
Índice de ácido	mg KOH/g		0,50	EN 14104
Índice de yodo	g de yodo/100g		120	EN 14111
Éster de metilo de ácido linoléico	% (m/m)		12,0	EN 14103
Ésteres de metilo poli-insaturados ⁱ (≥ 3 a 4 dobles enlaces)	% (m/m)		1	
Contenido de metanol	% (m/m)		0,20	EN 14110
Contenido en monoglicéidos	% (m/m)		0,80	EN 14105
Contenido en diglicéidos	% (m/m)		0,20	EN 14105
Contenido en triglicéidos ^j	% (m/m)		0,20	EN 14105
Glicerol libre ^j	% (m/m)		0,02	EN 14105 EN 14106
Glicerol total	% (m/m)		0,25	EN 14105
Metales del grupo I (Na+K) ^k	mg/kg		5,0	EN 14108 EN 14109
Metales del grupo II (Ca+Mg) ^l	mg/kg		5,0	prEN 14538
Contenido de fósforo	mg/kg		10,0	EN 14107

Fuente: <http://www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

Consultado: 2/junio/2009

2.5 Conclusiones

Actualmente los residuos orgánicos que llegan al relleno sanitario prácticamente solo se los utiliza como abono, lo cual es muy beneficioso para un proyecto así por lo que se podrían hacer pruebas y estudios sobre sus posibles ventajas en su utilización como combustible alternativo para los buses de transporte urbano y posteriormente para los automotores de la ciudad, con la ventaja de sus residuos después de obtener biodiesel se usarían de igual manera como un excelente abono.

En cuanto a la cantidad de producción no habría mucho inconveniente por el gran volumen de desechos orgánicos que diariamente llegan al relleno, siempre y cuando sean separados de manera adecuada.

Una ventaja enorme son las similitudes que presenta este biodiesel con el diesel fósil, por lo que no se deben hacer gastos excesivos en modificar los motores de los vehículos, pero se tendría que utilizar en automotores que transitan casi diariamente por lo que no aguanta mucho tiempo al ser almacenado.

Capítulo III

CONSECUENCIAS DE LA UTILIZACIÓN DE BIODIESEL

3.1 Análisis de impacto ambiental

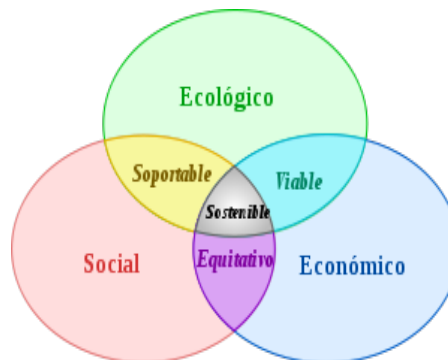
3.1.1 Desarrollo sostenible

“El ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica.

Deben satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estará encaminado a catástrofes de varios tipos, incluidas las ecológicas. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

Fig. 3-1 Desarrollo sostenible



Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Desarrollo_sostenible.svg

Consultado: 2/junio/09

El objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas; "tres pilares" que deben tenerse en cuenta por parte de las comunidades, tanto empresas como personas:

- Económico: funcionamiento financiero "clásico", pero también capacidad para contribuir al desarrollo económico en el ámbito de creación de empresas de todos los niveles.
- Social: consecuencias sociales de la actividad de la empresa en todos los niveles: los trabajadores (condiciones de trabajo, nivel salarial, etc), los proveedores, los clientes, las comunidades locales y la sociedad en general, necesidades humanas básicas.
- Ambiental: compatibilidad entre la actividad social de la empresa y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas. Incluye un análisis de los impactos del desarrollo social de las empresas y de sus productos en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones. Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables."²⁰

3.1.2 Aspecto económico

Si analizamos este proyecto en el aspecto económico estaríamos hablando de instalar primero una planta pequeña de tratamiento de los desechos orgánicos, la cual incluiría un molino para triturar la basura que previamente será clasificada en bandas transportadoras, el costo del motor para la trituradora y su estructura estarían alrededor de \$8.000.00, las bandas no podrían exceder de un precio de \$1.200.00, aparte de eso se tendría que contratar personal, al principio por el volumen de biodiesel que sería procesado no se necesitarían mas de unos 10 empleados con un salario promedio de \$350.00 y eventualmente se vería la demanda del combustible para el aumento de personal y de la infraestructura respectivamente.

²⁰ DREO Johann. Desarrollo Sostenible. 2007.

http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Desarrollo_sostenible.svg

Fig. 3-2 Planta pequeña para producción de biodiesel



http://www.biodisol.com/wp-content/uploads/2008/09/usina_de_biodiesel_gtek_rdc002.jpg Consultado: 2/junio/09

Esta planta también debe constar con un reactor y una caldera para acelerar el proceso de producción, su precio en el mercado \$ 9.000 por uno de 15 HP.

Se tendría que construir unos 5 a 10 pozos recubiertos con geomenbrana que tengan una capacidad mínima de 20 a 30 Ton cada uno, con un costo promedio de \$2.500,00 cada uno, en los cuales se depositaría la materia orgánica, para mezclarla con agua y añadir las levaduras con un precio de 1.60 dólares por cada kilogramo y a su vez las bacterias que llegarían a costar 8 a 10 dólares.

Será ideal que los pozos se los haga en forma circular o en forma lineal, para que de ahí se puedan colocar tuberías directas y canalizar el aceite, para trasladarlo a la planta procesadora por medio de un sistema nada complejo, éste debería tener tuberías de media pulgada que se unan en un solo tubo; a la entrada del tubo podríamos instalar un sistema de succión como una bomba para que esta a su vez canalice el aceite hacia la planta.

Para la purificación del aceite obtenido y los desechos no utilizables, se necesitaría un sistema de desodorización a mediana escala que estaría compuesto por, y a su vez un sistema de almacenamiento, tenemos que recordar que este combustible no se lo

puede almacenar por un lapso de tiempo mayor a los 6 meses ya que debido a que es orgánico perdería sus propiedades físicas y químicas.

El hecho que este biocombustible se lo obtenga de desechos orgánicos da como resultado un olor un poco fuerte que al ser utilizado en los vehículos sería muy desagradable, por lo cual antes de almacenarlo deberíamos tratarlo por el método de desodorización, el cual se base en el tratamiento con carbón activo, después de este proceso estaría listo para poder almacenarlo.

Fig. 3-3 Decantación de biodiesel



http://3.bp.blogspot.com/_kdcsVoFMTKM/R1QVKiYWAI/AAAAAAAAAQE/syHO6eoG1xA/s320/biodiesel1.jpg Consultado: 2/junio/09

El costo de infraestructura es otro punto a tomar en cuenta, al plantearse la idea inicial de una planta de producción pequeña, se estaría hablando de construir un edificio pequeño que tendría unos 300 mts cuadrados, cuya construcción costaría aproximadamente unos \$90.000, los gastos de construcción del mismo tendrían que ser solventados por la EMAC, con el apoyo del Municipio. La ventaja de un proyecto así, atraería posteriormente a la empresa privada la cual se espera solvante los gastos de ampliación y mejoramiento o caso contrario una parte de los mismos.

En cuanto a los costos operativos, primero se plantearía la necesidad de trabajar en serie, como en una ensambladora de vehículos, con lo cual los costos disminuyen y la

productividad aumenta, al principio se necesitaría establecer los costos de traslado y manejo de residuos a la planta, los cuales no serían altos puesto que los mismos camiones de la EMAC, que actualmente realizan el servicio de traslado de la basura serían los adecuados para el traslado de los residuos hacia la planta.

En lo referente a los costos de entrenamiento, se tendría que capacitar desde los obreros, jefe de planta, entre otros, lo cual se constituye en una inversión a largo plazo de la que se obtendrían beneficios al trabajar con personas capacitadas repercutiría en ahorro de tiempo por evitar errores en los procesos, mejor desempeño, y un producto final de buena calidad.

Al tener una materia prima cuyo costo es cero nos da una gran ventaja frente a los otros métodos para la obtención de biodiesel, es por ello que al producir este biodiesel su precio final será bastante competitivo frente al diesel fósil, si bien su precio tal vez al principio no sea tan inferior, después de unos pocos años con la notable escasez de petróleo será muy inferior, con lo cual se obtendrían ganancias significativas.

3.1.3 Aspecto social

Si analizamos desde la parte social será muy beneficioso para los habitantes de la ciudad de Cuenca ya que disminuirán las emisiones debidas al transporte público que diariamente es una molestia, y son la causa de enormes daños a la salud.

Fig. 3-4 Emisiones debido al transporte público



Fuente: <http://www.tusbuscadores.com/notiprensa/fotos/Contaminacion.jpg> Consultado:

2/junio/09

Por otra parte se fomentarían nuevas plazas de trabajo con una inversión no muy exagerada, la cual a largo plazo se recuperaría por la venta del biodiesel, con un precio competitivo ante el diesel común, debido al costo cero de la materia prima.

Un aspecto importante y que vale recalcar es el hecho de que este proyecto nos pondría como los pioneros en la región, es por esto que si nuestra ciudad comenzara un proyecto así, las demás empresas nacionales o internacionales se interesarían y enfocarían su interés por participar, dando como resultado que Cuenca sea considerada como una ciudad preocupada por el medio ambiente, aprovechando esta condición se abrirían oportunidades para que en ella se inviertan nuevas tecnologías medioambientales.

En Argentina y otros países como Brasil las grandes firmas de hidrocarburos como Repsol, ya están invirtiendo en procesos similares a este, debido a su gran impacto en los costos de venta de los combustibles, es por ello que no sería nada difícil que alguna de estas empresas quieran invertir en la investigación o producción de este biodiesel.

3.1.4 Aspecto ambiental

En lo referente a la parte ambiental un proyecto de este tipo beneficiaría notablemente al medio ambiente ya que sería una opción adicional al tratamiento de desechos orgánicos ya que actualmente por la cantidad de residuos que maneja la EMAC se complica en gran medida el tratamiento de los mismos; al procesarlos y convertirlos en combustible ya no se enterrarían permitiendo prorrogar la vida útil del relleno, esto facilitaría por un lado sólo trabajar con desechos inorgánicos, los mismos que en gran parte se reciclan y los orgánicos que se tratarían para obtener el biodiesel.

Por otra parte disminuirá enormemente la emisión de gases de los vehículos lo cual redundaría en beneficioso para el medio ambiente y para los ciudadanos debido a que gran parte de los gases contaminantes son producidos por los automotores, causando

el llamado efecto invernadero que en otras ciudades más populosas prácticamente es incontrolable.

El hecho de que la ciudad de Cuenca sea patrimonio cultural, nos impulsa a buscar opciones para conservar de mejor manera su urbe, con una disminución de emisiones evitamos que se deterioren las fachadas de las casas, iglesias, edificios y monumentos coloniales y en general el medio ambiente.

“Las normas más duras de emisiones están obligándoles a los usuarios de motores diésel a que busquen opciones para limpiar el aire. El biodiesel reduce dramáticamente los problemas de emisión de partículas y otras emisiones mientras ayuda a estabilizar los gases del efecto invernadero.”²¹

Después de analizar estos aspectos, el instalar una planta de procesamiento no afectaría en nada al medio ambiente, ya que no se necesitan hornos para incineración de residuos, los desechos al procesar el combustible se utilizarían como abono, y el producto resultante al no ser obtenido de petróleo no dañaría al medio ambiente en el caso no previstos de un derrame por mal manejo.

Fig. 3-5 Cuenca colonial



Fuente: <http://www.ecuador.us/news/archives/cuencaimmchurch.jpg> Consultado
2/junio/09

²¹ National Biodiesel Board, “Frequently Asked Questions”, USA. 2008

Es por esta razón que hoy en día se maneja el término llamado desarrollo verde, el cual está enfocado y hace referencia a proyectos de este tipo que nos brindan grandes beneficios en cuanto a procesos que no implican construir grandes fábricas que no contaminan el medio ambiente, y que su vez produzcan algo que ayude a disminuir la contaminación ambiental sin afectar en nada al ambiente y sus alrededores con una inversión económica media.

En estos nuevos métodos para la obtención de biodiesel es primordial el manejo de residuos, y de los procesos en general para la obtención de biodiesel, por lo que antes de realizar cualquier proyecto se estudia el impacto ambiental y social.

3.1.5 Desarrollo verde

A continuación cito un concepto sobre desarrollo verde, el cual nos da una pauta para realizar proyectos que no afectan al medio ambiente y que tienen beneficios económicos y sociales.

“El desarrollo verde generalmente es diferenciado del desarrollo sostenible en que el desarrollo verde puede ser visto en el sentido de dar prioridad a lo que algunos pueden considerar sostenibilidad ambiental sobre la sostenibilidad económica y cultural. Sin embargo, el enfoque del desarrollo verde puede pretender objetivos a largo plazo inalcanzables, por ejemplo, una planta de tratamiento de última tecnología con gastos de mantenimiento sumamente altos no puede ser sostenible en las regiones del mundo con menos recursos financieros. Una planta de última tecnología respetuosa con el medio ambiente con altos gastos de operación es menos sostenible que una planta rudimentaria, incluso si es más eficaz desde un punto de vista ambiental. Algunas investigaciones parten de esta definición para argumentar que el medio ambiente es una combinación de naturaleza y cultura. El sitio desarrollo sostenible en un mundo diverso trabaja en esta dirección integrando capacidades multidisciplinarias e interpretando la diversidad cultural como un elemento clave de una nueva estrategia para el desarrollo sostenible.

Para algunos analistas el modelo de desarrollo industrial no es sostenible en términos medioambientales, lo que no permite un desarrollo, que pueda durar. Los puntos críticos son el agotamiento de los recursos naturales (como las materias primas y los combustibles fósiles), la destrucción y fragmentación de los ecosistemas, la pérdida de diversidad biológica, lo que reduce la capacidad de resistencia del planeta.

El desarrollo (industrial, agrícola, urbano) genera contaminaciones inmediatas y pospuestas (por ejemplo, la lluvia ácida y los gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático y a la explotación excesiva de los recursos naturales, o la deforestación de la selva tropical). Esto provoca una pérdida inestimable de diversidad biológica en términos de extinción, y por lo tanto irreversible de las especies de plantas o animal. Esta evolución provoca un agotamiento de los combustibles fósiles y de las materias primas que hace inminente el pico del petróleo y acercarnos al agotamiento de muchos recursos naturales vitales.

Al problema de la viabilidad se añade un problema de equidad: los pobres son los que más sufren la crisis ecológica y climática, y se teme que el deseo legítimo de crecimiento en los países subdesarrollados como el nuestro hacia un estado de prosperidad similar, basado en principios equivalentes, implique una degradación aún más importante y acelerado por la biosfera. Si todas las naciones del mundo adoptaran el modo de vida americano (que consume casi la cuarta parte de los recursos de la Tierra para el 7% de la población) se necesitarían de cinco a seis planetas como la Tierra para abastecerlas. Y si todos los habitantes del planeta vivieran con el mismo nivel de vida que la media de Francia, se necesitarían al menos tres planetas como la Tierra.”²²

3.2 Beneficios para los habitantes de la ciudad de Cuenca

3.2.1 Beneficios sociales

Uno de los beneficios más grandes sería el aumento de plazas de trabajo, considerando que en un principio se crearía una planta de procesamiento pequeña, lo

²² JACOBS, M., Icaria Fuhen, La Economía verde, Barcelona. 1996.

que daría trabajo a un pequeño número de personas y posteriormente a medida que se amplía el proyecto se aumentarían las plazas de trabajo.

Su elaboración no requiere de grandes y complicadas economías ya que el proceso de obtención es bastante sencillo para ser incluso fabricado de forma casera, con la única condición de manejarlo adecuadamente con los suficientes conocimientos.

Este tipo de proyectos actualmente son apoyados por los gobiernos locales por lo que se vería reflejado al dar nuevas alternativas a la sociedad de Cuenca, motivando para que los habitantes muestren más interés por la preservación del medio ambiente.

Los habitantes de la ciudad de Cuenca estarían muy interesados en un proyecto así, ya que ayudaría al tratamiento de gran parte de los desechos, disminuyendo el volumen de basura sin procesar o aquella que se desperdicia.

Fig. 3-6 Tratamiento desechos



Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/_ZRIZuUfX-eM/SHO3vXdbIII/AAAAAAAAAFA/2FXnMd5dg4s/s400/PLANTA+DE+DESECHOS,+BALTIMORE+MD+\(13\).JPG](http://2.bp.blogspot.com/_ZRIZuUfX-eM/SHO3vXdbIII/AAAAAAAAAFA/2FXnMd5dg4s/s400/PLANTA+DE+DESECHOS,+BALTIMORE+MD+(13).JPG) Consultado: 2/junio/09

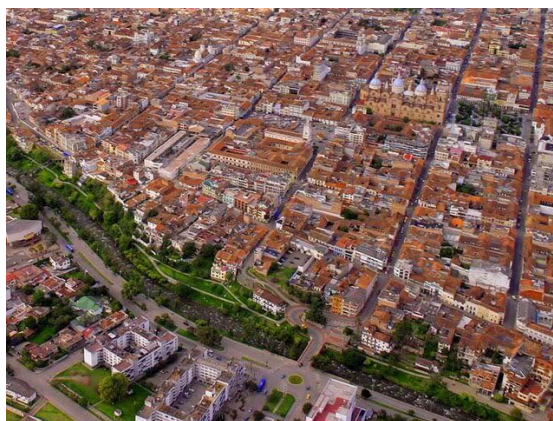
3.2.2 Beneficios ambientales

El hecho de utilizar biodiesel en los camiones o buses que circulan en la ciudad de Cuenca, disminuiría notablemente la cantidad de gases de invernadero que estos emanan, en especial los compuestos de azufre como SO_2 y SO_3

Al tomar en cuenta que la ciudad de Cuenca es patrimonio cultural, ayudaríamos a conservar de mejor manera el área patrimonial.

Al tener una opción más para el procesamiento de los desechos orgánicos, se podría evitar los malos olores hacia el medio ambiente.

Fig. 3-7 Medio ambiente de Cuenca



Fuente: <http://media.photobucket.com/image/cuenca%20ecuador%20ambiente/fer-Q/Guayaquil/Cuenca/cuenca71wk9ud21.jpg> Consultado: 3/junio/09

Con los residuos después de obtener el biodiesel se conseguiría un abono altamente nutritivo, que puede ser utilizado en los sembríos, este abono fácilmente se lo podría comercializar y solventar al principio los gastos de implementación y producción inicial.

“El biodiesel se encuentra libre de compuestos azufrados, posibilitando el uso de catalizadores oxidativos que eliminan el material particulado de los gases de la combustión. Los materiales particulados son aspirados al respirar, depositándose en los alvéolos pulmonares, favoreciendo el desarrollo de tumores. Éste es un aspecto muy importante al difundirse los vehículos diesel para su uso en las ciudades. Las emisiones de dióxido de nitrógeno no se ven disminuidas al usar biodiesel.”²³

²³ Clases de Biodiesel. Biodiesel Uruguay. 2006.
<http://www.gratisweb.com/palmaceite/biodieseluruguay.htm>

3.2.3 Beneficios económicos

El utilizar biodiesel generaría independencia económica y energética, un país que fabrica su propio combustible ya no dependerá de las constantes alzas del mercado petrolero ni de las disputas causadas por la escasez del llamado "oro negro".

La ciudad de Cuenca podría comercializar este biodiesel a las demás ciudades con lo cual se solventarían algunos gastos de producción para luego reinvertir las ganancias para la ampliación de la planta de producción.

Para solventar los gastos iniciales, tenemos un subproducto para poder comercializarlo, este sería un abono de alta calidad que nos quedaría como sobrante después de procesar nuestro aceite y convertirlo en biodiesel.

Este abono según se ha analizado se lo puede vender con un costo promedio de 6 a 8 dólares el quintal, si al principio producimos de 500 a 600 gal de biodiesel, la cantidad de abono resultante estaría alrededor de los 16 a 17 ton, dándose entre 320 a 340 quintales esto multiplicado por el precio de venta, tendríamos unos 4.000 dólares mensuales hasta según el tiempo promedio de obtención del mismo, dicho ingreso es bastante significativo.

Este abono por su alta calidad competiría directamente con abonos inorgánicos, los cuales se comercializan entre los 40 a 60 dólares, su alto precio tendría una ventaja enorme para competir en el mercado con nuestro abono.

Fig. 3-8 Surtidor de Biodiesel



Fuente: <http://www.fedglp.org/wp-content/almacen/2007/11/050907biodiesel002.jpg>

Consultado: 3/junio/09

- El biodiesel no será más caro que otros combustibles alternativos como gas natural comprimido y licuado, metanol, y etanol, a diferencia del gas natural los otros biocombustibles aun no se producen en nuestro país, por lo que se tendría una ventaja al momento de querer comercializarlo.

Desventajas

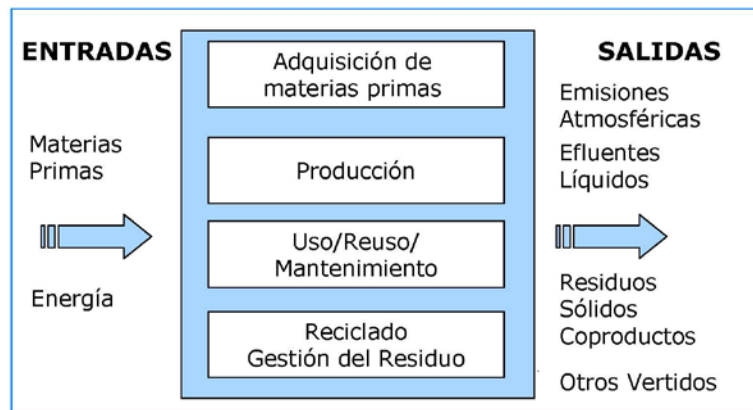
- El biodiesel es considerablemente más caro que el combustible diésel y los costos del biodiesel son dominados por costos del almacenamiento de aceite así que las reducciones del costo serian posibles en nuestro estudio gracias a una materia prima que prácticamente son desechos, los cuales no se los aprovecha actualmente en nada.

3.3 Cuadros comparativos

Fig. 3-9 Análisis de Ciclo de Vida

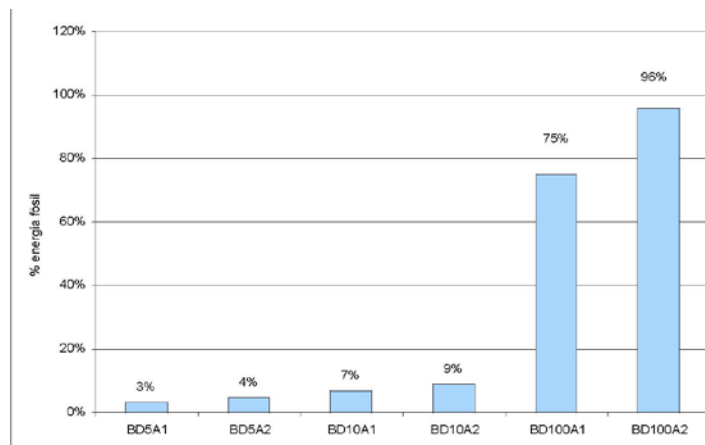
Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-



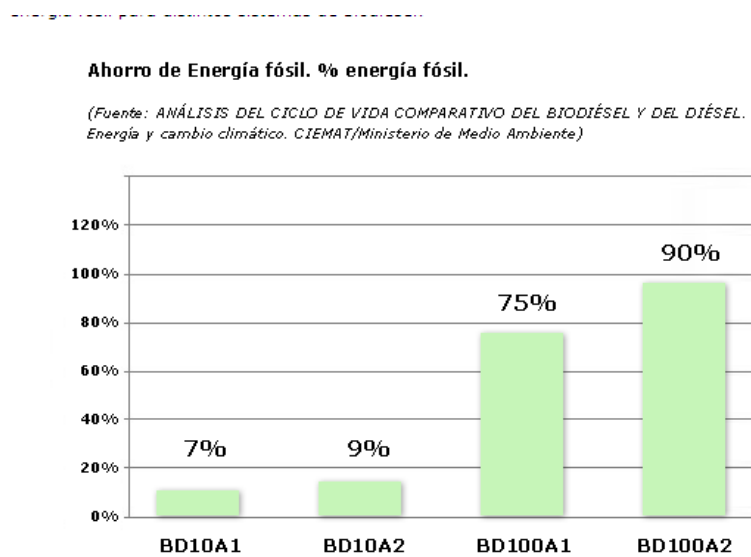
10

Resultados. Ahorro de energía fósil



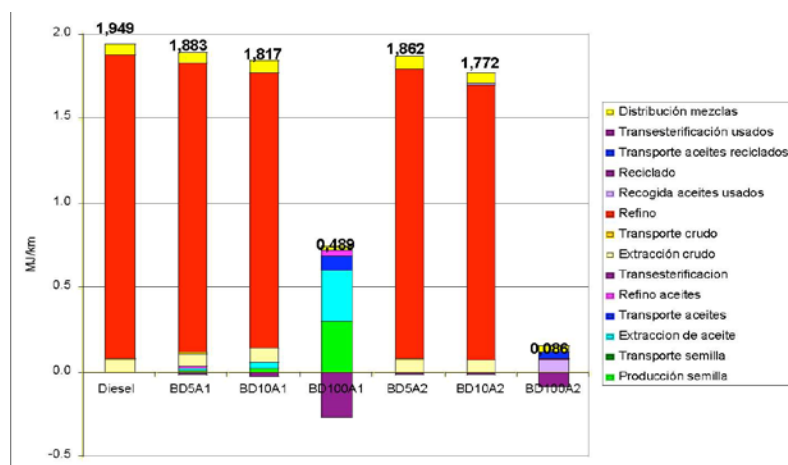
Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-11 Ahorro de energía fósil.



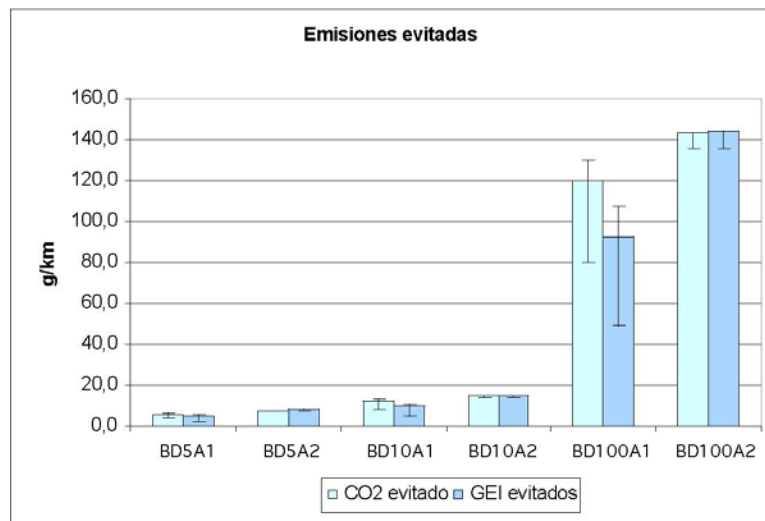
Fuente: <http://www.eve.es/ecomovil/biodiesel/cas/ventajas.aspx> Consultado: 2/junio/2009

Fig. 3-12 Resultados. Emisiones de gases de efecto invernadero



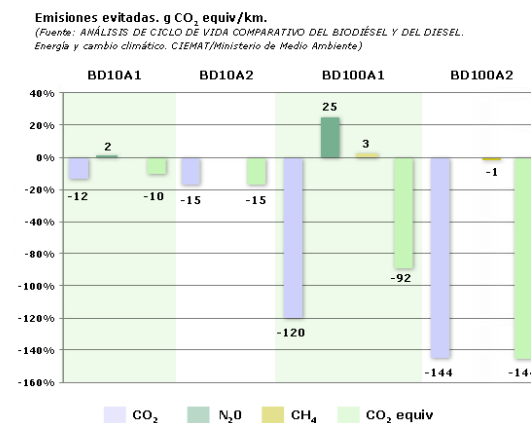
Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-13 Resultados. Emisiones evitadas I



Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-14 Emisiones Evitadas

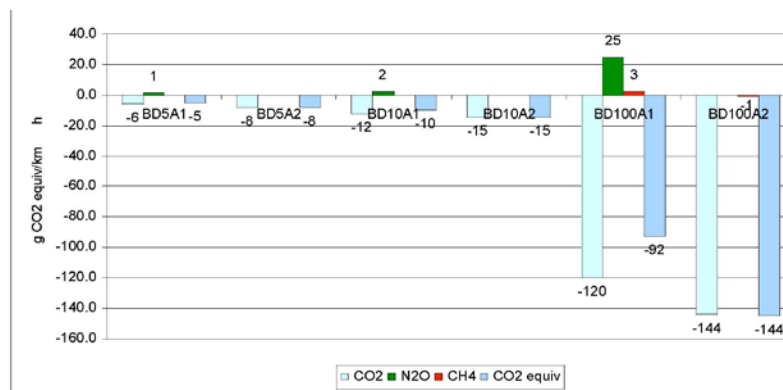


Fuente: <http://www.eve.es/ecomovil/biodiesel/cas/ventajas.aspx> Consultado:
2/junio/2009

Fig. 3-15 Resultados. Emisiones evitadas II

En la tabla siguiente de las diferentes mezclas de biodiesel con diesel se nota claramente la disminución de CO₂ y gases de efecto invernadero al utilizar biodiesel puro o BD100.

Fuente:
ciclo de vida
comparativo
biodiesel y
Centro de



Análisis de
del
del diesel,

investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009
Resultados Rangos de variación

Emisiones evitadas

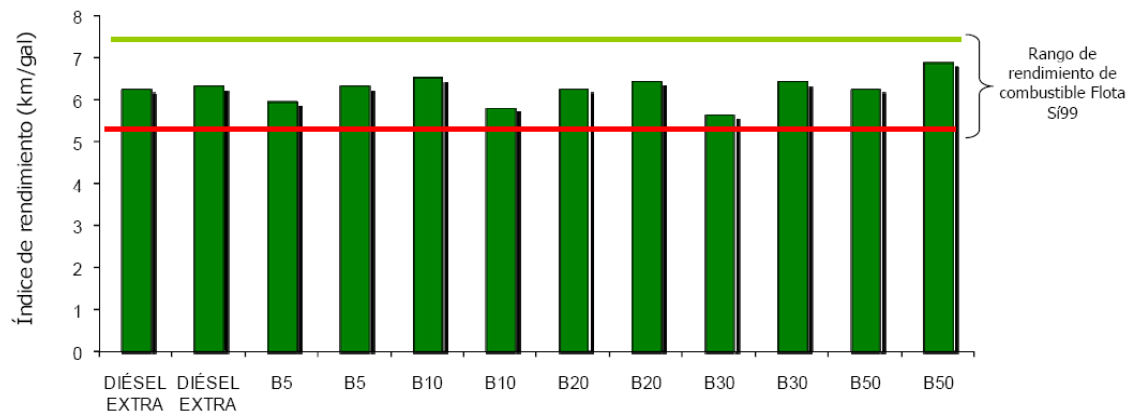
CO₂ (g/km)

BD5A1: 6 (4-7) BD10A1: 12 (8-13) BD100A1: 120 (80-130) BD5A2: 8 (7-8) BD10A2: 15 (14-15) BD100A2: 144 (136-144)

GEI (g CO₂ equiv/km)

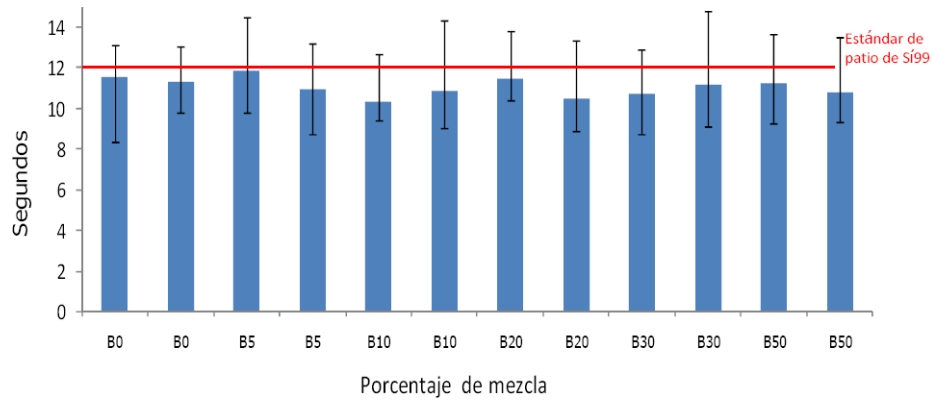
BD5A1: 5 (3-6) BD10A1: 10 (5-11) BD100A1: 92 (49-107) BD5A2: 8 (7-8) BD10A2: 15 (14-15) BD100A2: 144 (136-144)

Fig. 3-16 Rendimiento del biodiesel en comparación con el diesel



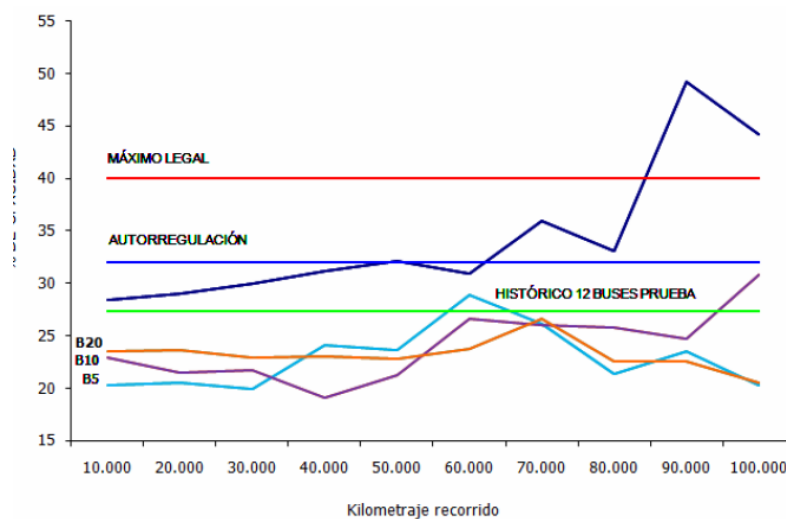
Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-17 Aceleración del vehículo



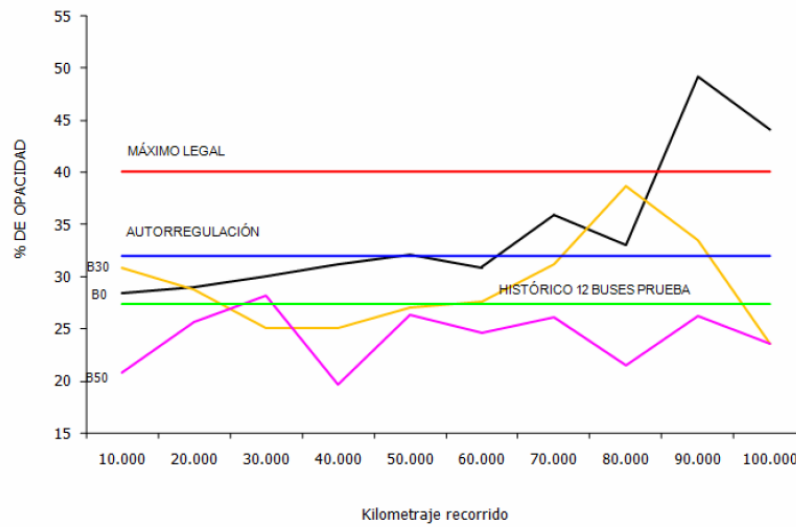
Fuente: Análisis de ciclo de vida comparativo del biodiesel y del diesel, Centro de investigaciones medioambientales y tecnológicas, México. Consultado: 2/julio/2009

Fig. 3-18 Porcentaje de opacidad I



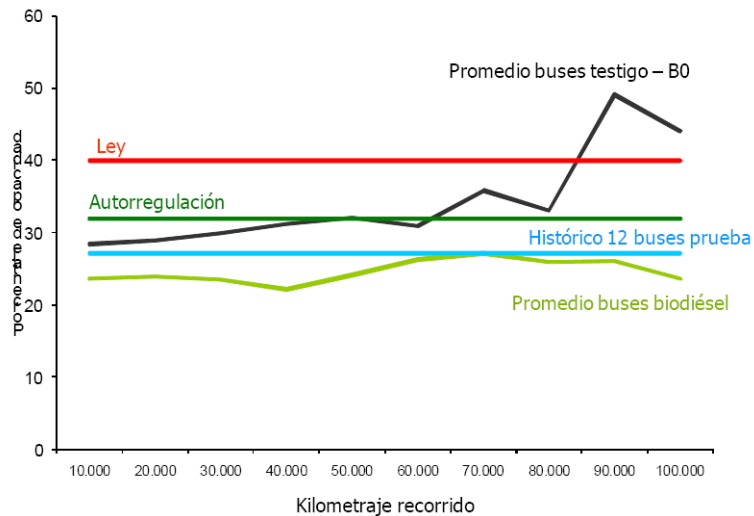
Fuente: “Las grasas como Materia Prima” Archivo PDF Cap 8 Ainoa Mirasolain Oharriz; España (1999). Consultado: 5/julio/2009

Fig. 3-19 Porcentaje de opacidad II



Fuente: “Las grasas como Materia Prima” Archivo PDF Cap 8 Ainoa Mirasolain Oharriz; España (1999). Consultado: 5/julio/2009

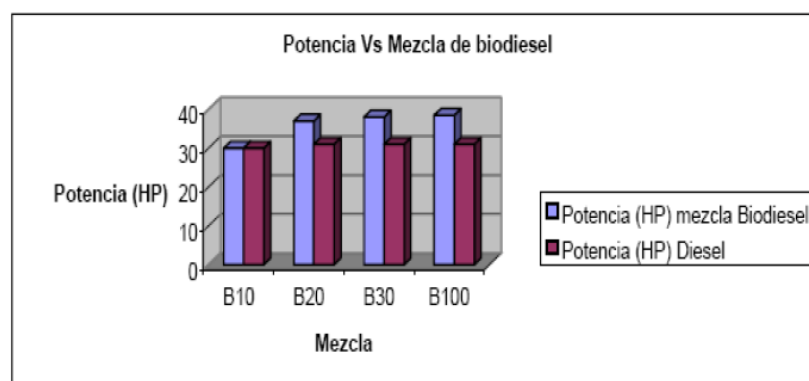
Fig. 3-20 Consolidado de opacidad



Fuente: “Las grasas como Materia Prima” Archivo PDF Cap 8 Ainoa Mirasolain Oharriz; España (1999). Consultado: 5/julio/2009

“Estos resultados confirman que la opacidad de los buses mejora con el uso de las mezclas diesel-biodiésel”.

Fig. 3-21 Comparación de potencia según porcentaje de mezcla de biodiesel.



Fuente: [http://www.inti.gov.ar/upt/pdf/Biodiesel vs Diesel.pdf](http://www.inti.gov.ar/upt/pdf/Biodiesel_vs_Diesel.pdf). Pag 4. Consultado:

3/julio/2009

Fig. 3-22 Comparación biodiesel B20 con diesel

Biodiesel B-20 comparado con el diesel-gasoil	
Beneficio en emisiones	Reduce partículas en suspensión, monóxido de carbono e hidrocarburos totales
Conversión motores	No necesaria
Ajuste y regulación motores	No necesaria
Torque	Similar
Potencia	Similar
Consumo	Similar
Lubricidad	Mayor
Condiciones invernales	Similar
Seguridad	Sin peligro de explosión por emanaciones
Punto de ignición	Mayor
Almacenaje	Similar
Emanaciones	Menos agresivas

Fuente: [http://www.inti.gov.ar/upt/pdf/Biodiesel vs Diesel.pdf](http://www.inti.gov.ar/upt/pdf/Biodiesel_vs_Diesel.pdf). Pag 11. Consultado:

3/julio/2009

3.4 Viabilidad del proyecto

3.4.1 Análisis de costos.

3.4.1.1 Costos de las materias primas

En lo referente a este nuevo combustible se conoce que ya está patentado en España, por lo que esto es un antecedente importante en cuanto a su investigación para comenzar a producirlo.

Lo difícil es dar con las levaduras y bacterias correctas, puesto que estas son muy variadas en cuanto a sus características y tipos.

En cuanto a los costos de levaduras y bacterias todavía no están muy claros, debido a que es difícil definir cuáles serían las más propicias para su utilización, aunque las bacterias conocidas como *Acetobacter* y *Gluconobacter* serían las más recomendadas su precio en el mercado nacional es de 4 a 6 dólares el kilogramo.

La materia prima como se dijo anteriormente disminuye altamente los costos de producción, puesto que serían prácticamente residuos orgánicos.

3.4.1.2 Costos de infraestructura

Al hablar de una planta pequeña no sería una inversión exagerada si los gastos para la construcción de la infraestructura están alrededor de \$ 90.000, de igual manera los costos de la trituradora, purificador, caldera, reactor, catalizador y de las bandas no serían un gran problema, y costarían aproximadamente unos \$ 18.200.

Dentro de estos costos podemos señalar también, los pozos para colocar los residuos orgánicos, así como el sistema de decantación que costarían unos \$28.000.

3.4.1.3 Costos de operación

Estos costos al comenzar el proyecto serían un poco más altos, hasta que toda la planta se ponga en funcionamiento y se comience a comercializar el biodiesel y los subproductos resultantes.

Dentro de estos costos podemos tomar en cuenta el traslado de los desechos desde la planta en la cual se selecciona solo los desechos orgánicos para después colocarlos en los pozos de descomposición, otro aspecto sería la instalación del sistema de canalización del aceite hacia la planta, y por ultimo todo el montaje del sistema con el cual funcionaría nuestra planta.

3.4.1.4 Costos de capacitación y remuneración

Necesariamente se tendría que capacitar a los empleados sobre el uso de las diferentes instalaciones y del correcto manejo de los residuos, pero esta capacitación se la realizaría en la misma ciudad sin la necesidad de traslados de personal, un curso no puede costar más de \$ 1.000.00 incluyendo la alimentación y hospedaje del instructor, que tendría que ser ecuatoriano.

Tabla 3-1 Costos del proyecto

Cuadro de costos del proyecto	
	Costos
Infraestructura.	\$90,000.00
Planta.	\$17,000
Bandas transportadoras.	\$1,200
Mano de obra.	\$5,000
Capacitación.	\$1,500
Logística.	\$500
Pozos.	\$28,000
Traslado de residuos.	\$1,000
Almacenamiento.	\$800
Total	\$143,000.00

Fuente: Creación del autor. Fecha: 15/julio/2009

3.4.2 Análisis de mercado

3.4.2.1 Comparación del mercado a nivel nacional

En nuestro país el diesel es relativamente más económico que otros combustibles, pero al ser el Ecuador un país petrolero realmente no se comparan con los precios que tienen los combustibles en otros países en los cuales el galón puede llegar a costar hasta 6 dólares, esta si sería una desventaja al intentar incursionar en el mercado.

3.4.2.2 Análisis de precios de los demás combustibles

Actualmente el diesel se está comercializando en 1.03 por galón, la gasolina extra en 1.48 y súper en 2.17 c/galón según estadísticas en nuestra ciudad el 25% de los automotores utilizan diesel, por lo que este porcentaje nos da aproximadamente 18.750 vehículos a diesel, tomado como referencia los 75.000 vehículos que circulan en la ciudad de Cuenca.

Si tomamos como promedio que un vehículo de estos ocupa unos 15 galones de diesel mensuales, se estima que la venta del biodiesel por su demanda influya en la disminución del precio del mismo, permitiendo a nuestro biocombustible competir de manera aceptable.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber estudiado este nuevo proceso para la obtención de biodiesel, puedo decir que sería una ventaja enorme el producirlo gracias al costo cero de la materia prima.

Primero se debería hacer un estudio para su producción a pequeña escala y después buscar financiamiento para instalar una planta de producción capaz de ser autosustentable con la posterior venta de este biocombustible.

Actualmente en el Ecuador ya se están mezclando biocombustibles con gasolinas diesel y se comercializa normalmente en gasolineras, esto es muy importante al momento de querer incursionar en el mercado, porque nos damos cuenta que si hay apertura por parte de ciertos mercados.

Es difícil calcular el precio de venta y la demanda del biodiesel de desechos, pero por el creciente índice de contaminación y esta nueva consciencia que se ha creado en las personas acerca del calentamiento global, es muy probable que este tipo de proyectos consigan el apoyo de diferentes entidades.

Espero que este texto sirva como un pilar a guiarse para personas que investigan sobre este nuevo biodiesel de desechos, y lo utilicen como una herramienta al momento de querer implementar una planta de procesamiento.

GLOSARIO DE SIGLAS

NOx	Oxido de Nitrógeno
PMOs	Poli aromáticos
Bocle	Evaluador de lubricidad de bola
mbd	millones de barriles diarios
ECOFA	Eco combustible de residuos sólidos
NaOH	Hidróxido de Sodio
KOH	Hidróxido de Potasio
batch	Cultivos no renovados
ASTM	American Society for Testing Materials
EMAC	Empresa Municipal de Aseo de Cuenca
EN	European Norm
SO₂	Oxido de Azufre
FCC	Craqueo catalítico fluidizado

BIBLIOGRAFIA:

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

BARRIL, A. El estado del arte de los biocombustibles en el Paraguay. Asunción, Paraguay. Grafir S.A. 2007.

BERZOSA, I; Llores J., Prácticas de Química Orgánica. Valencia. Editorial de la UPV 2002.

CASCO, J.; Herrero, R., Compostaje, México. Ediciones Mundi-Prensa. 2007.

JACOBS, M., Icaria Fuhen, La Economía verde, Barcelona. 1996.

KATES, E.; Luck, W., Motores Diesel y de Gas de alta compresión. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A. 2003.

LA FUENTE, F.; Nevado, A. Eco-combustible-FA (ECOFA): una solución viable (para el problema generado por los combustibles fósiles y la acumulación de basura orgánica). España. Editorial Mandalá y lápiz cero. 2008.

National Biodiesel Board "Frequently Asked Questions". USA. 2008.

NEBEL, B., Prentice Hall. Ciencias Ambientales: ecología y desarrollo sostenible, México. 1999.

RAMOS M; Fernández C, , Laboratorio de Química Orgánica, Madrid, España. Editorial Universitaria Ramón Areces. 2006.

REID, R.; Prausnitz, J.M.; Sherwood, T.K., "The properties of Gases and Liquids", 4ta Edición, McGraw Hill. 2000.

ROMANYA Valls S.A, Agrocombustibles, Barcelona. 2008.

ROSA, B., La agroenergía en la matriz energética, Argentina. Edición Liliana D'Attoma. 2006.

TAT, M.E.; Van Gerpen, J.H., J. Am. Oil. Chem. Soc., 77 (2), (2000). pag. 115 – 119.

VELA, R.,. Their construction, operation and potential application. Paris: European Space Agency SP-1137. Manned space stations. 1990.

YUAN, W.; Hansen A.C.; Zhang Q.,. Transactions of the ASAE, Cap 46: 6, (2003). pag. 1487 - 1493

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

Clases de Biodiesel. Biodiesel. Uruguay. 2006.

<http://www.gratisweb.com/palmaceite/biodieseluruguay.htm>

CIRIA Ignacio. Propiedades y Características de combustibles Diesel y Biodiesel. 2003

<http://www.wearcheckiberica.es/documentacion/doctecnica/combustibles.pdf>

DREO Johann. Desarrollo sostenible. España. 2007.

http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Desarrollo_sostenible.svg

MADIGAN M; Martinko J (editors.) Bacterias Acetobacter. Brock Biology of Microorganisms. 11th ed. edición, 2005

<http://es.wikipedia.org/wiki/Acetobacter>.

Microbiología General, 1º Ingenieros Agrónomos. Bacterias y Levaduras.

Microorganismos Gram-negativos aerobios. 2008

<http://www.unavarra.es/genmic/curso%20microbiologia%20general/17-bacterias%20gram-positivas%20aerobias.htm>.

Milenarium Aureum S.L. Biocombustibles y Caraterísticas. 2004.

<http://www.miliarium.com/Monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>.

PRUST C. Bacteria Gluconobacter. Gluconobacter oxydans. Naturaleza Biotecnología. 2005.

http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&sl=en&u=http://microbewiki.kenyon.edu/index.php/Gluconobacter_oxydans&ei=ke11SrS_L82ltgfuguGWCQ&sa=X&oi=translate&resnum=3&ct=result&prev=/search%3Fq%3Dgluconobacter%26hl%3Des.

ANEXOS

ANEXO 1: Fotografías del relleno sanitario (Pichacay)



Pozos para Lixiviados



Cubierta de geomenbrana



Maquinaria de la EMAC



Abono orgánico