

*EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PROYECTO DE MONOGRAFÍA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO
ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN
AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

**Ing. LUIS ENRIQUE RAMÍREZ JARAMILLO
Ing. DIEGO LEANDRO CÁRDENAS CHALÁ**

BOGOTA D.C, OCTUBRE DE 2005

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**PROYECTO DE MONOGRAFÍA
PARA OPTAR AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DIRECTOR
Dr. VIATCHESLAV KAFAROV**

PRESENTADO POR:

**Ing. LUIS ENRIQUE RAMÍREZ JARAMILLO
Ing. DIEGO LEANDRO CÁRDENAS CHALÁ**

BOGOTA D.C, OCTUBRE DE 2005

**EVAUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA
ENERGÉTICA DE BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**¹**

Ingeniero: Diego Cárdenas Chala
Ingeniero: Luís Enrique Ramírez ^{2}**

Esta monografía esta encaminada a mostrar una posible alternativa de energías limpias renovables de fácil producción en nuestro país como es el uso del aceite de Higuierilla (*Ricinus comunis*), especie forestal con alto potencial de Biodiesel (BD), económico de producir, viable de implementar; y a su vez demostrar que las condiciones de cultivo son de fácil implementación por las condiciones ecológicas del país y la adaptación de la especie a las mismas. La fórmula permitiría reducir la emisión de gases que provocan el efecto invernadero, la opción principal es recopilar la información para mostrar como aprovechar integralmente las ventajas ambientales, económicas y sociales de las energías a partir del uso de Biodiesel proveniente de aceite de granos y biomasa.

El biodiesel de origen vegetal, a partir del aceite de higuierilla, representaría una disminución considerable de los elementos contaminantes en nuestra atmósfera, el proceso implica también una disminución en los recursos, comparado con los actualmente utilizados.

El biodiesel representa una alternativa extremadamente útil para un país agrícola como Colombia, su aplicación comercial a gran escala no implica inversiones extras en adaptación, genera puestos de trabajo, y puede llegar a ser económicamente rentable.

Las bajas emisiones de la combustión convierten al biodiesel en una alternativa atrayente para ciudades con problemas de contaminación severos, o ambientes frágiles (como Parques Nacionales). Las extensas pruebas realizadas en todo el mundo con éste combustible demuestran que el mismo es competitivo con el gasoil, y representa una de las alternativas más viables en el campo de las energías renovables. La simplicidad del proceso de producción torna al BD una alternativa interesante para el autoabastecimiento de combustible de empresas agropecuarias productoras de oleaginosas.

¹ Trabajo de grado

² Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Química. Director: Viatcheslav Kafarov

**EVALUATION OF PRODUCTION PROCESS OF HIGUERILLA AS ENERGR TIC ALTERNATIVE
OF LOW LEVEL OF ENVIROMENT POLLUTION**³**

Ingeniero: Diego Cárdenas Chala
Ingeniero: Luis Enrique Ramírez ^{4}**

This monograph is direct to show a possible alternative of clean renewable energy of easy production in our country as well as the use of Higuierilla oil, forestall specie with high potential of Biodiesel (BD), economic production, viable implementation at the same time demonstrate that the condition of the growing are of easy implementation of the specie to them. The formula allow to reduce the emission of gases that provoke the greenhouse effect, the main option is collect the information to show how to make use of all environment advantages, economics and socials of this energy of the Biodiesel that becomes from granoil and biomass.

The origin vegetal Biodiesel from Higuierilla oil would represent a considerable decrease of the pollution elements in our atmosphere, the process also imply a decrease in the resources comparing with actually used.

The Biodiesel represents an extremely useful alternative for an agricultural country. Its commercial application to a big scale doesn't imply a great inversion in adaptation, create a employment and can be a great economical option.

The low emission of the combustion becomes the Biodiesel in an attractive alternative for the cities that have a huge pollution problems or fragile environments (Natural park's), the extensive test have made ground the World with this fuel have showed that it's a very competitive with the gas oil and represents one of the alternative more viable into the field of renewable energy the simplicity of the production process converts the Biodiesel in an interesting alternative for the selfsupply of fuel in farming companies the produce oleaginous.

³ Trabajo de grado

⁴ Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingeniería Química. Director: Viatcheslav Kafarov

INTRODUCCIÓN

Esta monografía esta encaminada a mostrar una posible alternativa de energías limpias como es el uso del aceite de Higuierilla (*Ricinus comunis*), especie forestal con alto potencial de Biodiesel, económico de producir, viable de implementar; y a su vez demostrar que las condiciones de cultivo son de fácil implementación por las condiciones ecológicas del país y la adaptación de la especie a las mismas. Por otra parte valorar los beneficios que se asocian a la implementación de un cultivo forestal, como son recuperación de suelos, equilibrios ecológicos, sumidero de carbono entre otros inherentes a sus procesos principales.

Es importante destacar que el uso de los combustibles fósiles revolucionó la industria, ya que el hombre en un comienzo utilizó recursos renovables como la fuerza del viento o del agua, sobretodo la energía de los animales y la del propio hombre, pero los combustibles fósiles han llenado toda expectativa, para el abastecimiento energético y hoy ocupa las tres cuartas partes de la energía primaria que se consume a nivel mundial.

En este nuevo siglo se están planteando nuevas alternativas energéticas que suplen las funciones de los derivados fósiles disminuyendo así su consumo y minimizando los impactos ambientales que estos producen en las diferentes etapas de su proceso de producción; por otra parte los combustibles fósiles se pueden considerar como no renovables, dado a que su período de conformación es muy amplio, por lo cual en nuestra época ya se esta presentando escasez de estos, por lo que es importante explorar nuevas alternativas de combustibles que nos permitan mover las industrias y que tenga como valor agregado una mayor protección ambiental por ser tecnologías mucho más limpias.

TABLA DE CONTENIDO

1. ASPECTOS GENERALES	1
EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	1
1.1 <i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i>	<i>1</i>
1.2 <i>JUSTIFICACIÓN.....</i>	<i>2</i>
1.3 <i>OBJETIVOS</i>	<i>3</i>
1.3.1 <i>GENERAL:</i>	<i>3</i>
1.3.2 <i>ESPECÍFICOS.....</i>	<i>3</i>
1.4 <i>MARCO DE REFERENCIA.....</i>	<i>4</i>
1.5 <i>ASPECTO LEGAL.....</i>	<i>8</i>
2. MARCO TEÓRICO.....	10
2.1 <i>HIGUERILLA.....</i>	<i>10</i>
2.1.1 <i>CARACTERÍSTICAS.....</i>	<i>10</i>
2.1.2 <i>DISTRIBUCIÓN REGIONAL.....</i>	<i>12</i>
2.1.3 <i>CLIMA Y SUELOS</i>	<i>12</i>
2.1.4 <i>PROPAGACIÓN Y DESARROLLO.....</i>	<i>15</i>
2.1.5 <i>ZONAS DE CULTIVO Y ÉPOCAS DE SIEMBRA</i>	<i>16</i>
2.1.6 <i>PREPARACIÓN DEL SUELO</i>	<i>17</i>
2.1.7 <i>SIEMBRA.....</i>	<i>19</i>
2.1.8 <i>COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA.....</i>	<i>20</i>
2.1.9 <i>MANEJO DE LA PLANTACIÓN</i>	<i>22</i>
2.1.10 <i>PLAGAS DE LA HIGUERILLA</i>	<i>22</i>
2.1.11 <i>COSECHA.....</i>	<i>25</i>
2.1.12 <i>MECANISMOS DE PRODUCCIÓN DE ACEITE</i>	<i>25</i>
2.2 <i>BIODIESEL</i>	<i>28</i>
3. METODOLOGÍA	30
4. EVALUACIÓN DEL PROCESO.....	32
4.1 <i>CONTAMINACIÓN:.....</i>	<i>32</i>
4.1.1 <i>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA</i>	<i>32</i>
4.1.2 <i>CONTAMINANTES MÁS FRECUENTES. EFECTOS Y POSIBLES TRATAMIENTOS....</i>	<i>35</i>
4.1.3 <i>ALTERACIONES MACRO ECOLÓGICAS EN LA ATMÓSFERA.....</i>	<i>51</i>
4.2 <i>BIODIESEL</i>	<i>53</i>
4.2.1 <i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>53</i>
4.2.2 <i>EXTRACCIÓN DEL ACEITE:</i>	<i>54</i>
4.2.3 <i>NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE.....</i>	<i>54</i>
4.2.4 <i>PRODUCCIÓN.....</i>	<i>55</i>
4.2.5 <i>TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE:.....</i>	<i>59</i>
4.2.6 <i>PROCESO DE SÍNTESIS</i>	<i>61</i>
4.2.7 <i>CONTAMINANTES DEL COMBUSTIBLE</i>	<i>62</i>
4.2.8 <i>EMISIONES GASEOSAS</i>	<i>63</i>

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

4.2.9.	LUGARES DONDE SE USA	64
4.3	<i>COMPARATIVO EMISIONES DEL ACEITE DIESEL Y EL BIODIESEL</i>	65
4.3.1	COMPARACIÓN PROMEDIADA DE LAS EMISIONES DEL BIODIESEL MEZCLADO Y EL ACEITE DIESEL.....	67
4.3.2.	COMPARATIVO DE LA PRODUCCION DEL BIODIESEL Y USO COMO SUSTIUTO FOSIL	68
4.4	<i>PERSPECTIVAS ECONÓMICAS</i>	68
4.4.1.	PERSPECTIVAS DE COMERCIALIZACIÓN.....	75
4.5	<i>VENTAJAS</i>	85
4.6.	<i>RECOMENDACIONES</i>	87
5.	CONCLUSIONES	88

INDICE DE TABLAS

Tabla No.1	Componentes de la semilla
Tabla No. 2	Contaminación ciudad de México
Tabla No. 3	Efectos del gas carbónico en el hombre
Tabla No. 4	Efectos del oxido de azufre en el hombre
Tabla No. 5	Algunas emisiones vehiculares
Tabla No. 6	Cuadro comparativo entre los componentes del escape del motor de gasolina y los motores diesel.
Tabla No. 7	Capacidad de generación instalada a base de combustibles fósiles y emisiones calculadas de CO ₂ , Hg, NO _x , y SO ₂ , por estado (2001)
Tabla No. 8	Consumos específicos para la producción de una tonelada de biodiesel
Tabla No 9	Reducción de gases (base gasoil=0) ⁸
Tablas 10, 11, 12. Análisis perspectivas económicas	
Tabla No. 13	Impuestos a 10 años ingresos brutos
Tabla No. 14, 15, 16, 17 Análisis de Costos	
Tabla No. 18	Costos Preliminares establecimiento 3ha de Higuierilla.
Tabla No. 19	Costos Siembra establecimiento 3ha de Higuierilla.
Tabla No. 20	Costos Mano de Obra establecimiento 3ha de Higuierilla.
Tabla No. 21	Costos Mano de Obra Recolección 3ha de Higuierilla.
Tabla No. 22	Relación Ingresos 3ha de Higuierilla.
Tabla No. 23	Proyección de la Demanda de Ricino.

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Foto No. 1	Hojas de Higuierilla
Foto No. 2	Frutos de Higuierilla
Foto No. 3.	Semilla de Higuierilla
Foto No. 4.	Semilla de Higuierilla en Plántula.
Foto No. 5	Semilla Comercial de Higuierilla.
Foto No. 6	Semilla Procedente del Ecuador.
Foto No. 7	Efectos del SO ₂ en la Hoja de Manzano.

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica No. 1	Estudio de Suelo
Grafica No. 2	Emisiones de CO ₂ Per-cápita Ton/año
Gráfica No. 3	Proceso de Producción de Biodiesel.
Gráfica No. 4	Proceso de Síntesis del Biodiesel.
Gráfica No. 5	Comparativo de aceite Diesel y Biodiesel.

1. ASPECTOS GENERALES

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El uso indiscriminado de los combustibles fósiles liberan una gran cantidad de gases como dióxido de carbono, dióxidos de azufre, óxidos de nitrógeno producto de la combustión, generando problemas ambientales, y desgaste de la capa de ozono, por lo tanto es necesario buscar otras alternativas como fuentes energéticas que disminuyan el problema de contaminación ambiental.

En Colombia las reservas de petróleo han disminuido paulatinamente y hoy en día se habla que en cinco años seremos importadores del crudo, lo que incrementará en gran medida el costo de dicho combustible.

Es así como se podría pensar en utilizar otra fuente como el biodiesel de origen vegetal, a partir del aceite de higuera, que representaría una disminución considerable de los elementos contaminantes en nuestra atmósfera, y el proceso implica también una disminución en los recursos utilizados, comparado con los actualmente utilizados.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Los resultados que se han tenido con respecto a la contaminación por el uso de combustibles fósiles, han sido a todo nivel, pues en la sobre-explotación de estos recursos no renovables, se suman los costos, que ello significa.

Los combustibles fósiles nos han permitido una revolución industrial, pero el efecto ambiental que ello representa nos llevan a pensar en los efectos ambientales, que si no se controlan, tendremos niveles de contaminación tan elevados que un ser vivo no podría tolerar, sin ver los otros efectos que causarían a nivel del planeta, como los desastres naturales que se están presentando,

Bajo el contexto anterior esta monografía esta encaminada a mostrar una posible alternativa de energías limpias renovables de fácil producción en nuestro país como es el uso del aceite de Higuierilla (*Ricinus comunis*), especie forestal con alto potencial de Biodiesel, económico de producir, viable de implementar; y a su vez demostrar que las condiciones de cultivo son de fácil implementación por las condiciones ecológicas del país y la adaptación de la especie a las mismas. La fórmula permitiría reducir la emisión de gases que provocan el efecto invernadero, la opción principal es recopilar la información para mostrar como aprovechar integralmente las ventajas ambientales, económicas y sociales de las energías a partir del uso de Biodiesel proveniente de aceite de granos y biomasa.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL:

Evaluar el proceso de producción de la higerilla como alternativa energética para disminuir los niveles de contaminación ambiental.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Identificar el sistema de producción de higerilla en Colombia.
- Establecer una evaluación del proceso productivo de la higerilla con respecto a otros combustibles fósiles de uso actual.
- Realizar una revisión y comparación de los niveles de contaminación ambiental generados por los combustibles fósiles Vs los combustibles provenientes del aceite de Higerilla
- Evaluar la viabilidad de la implementación de los cultivos de Higerilla como sustituto de algunos derivados fósiles en Colombia
- Evaluar la viabilidad de la implementación de los cultivos de Higerilla como sustituto de algunos derivados fósiles en Colombia

1.4 MARCO DE REFERENCIA

Según la página de tierramerica, en su sección de medio ambiente y Desarrollo, publicada en el año 2001, manifiesta que la Higuierilla es la mejor planta para crear biodiesel, aseguran especialistas brasileños que investigan sus propiedades desde hace años. El aceite de ricino ya tiene un mercado internacional pues es utilizado como insumo en unas 700 aplicaciones; las investigaciones brasileras se han enfocado en los últimos dos años a la alternativa energética ya que, durante décadas fue el mayor productor y exportador mundial de aceite de ricino, y cayó al tercer lugar, superado por India y China. Su producción de 500 mil toneladas a fines de los años 80 cayó a menos de 120 mil el año pasado, el fin de la investigación es impulsar la producción y consumo de Biodiesel, lo que conllevará al renacimiento del cultivo, y un continuo mejoramiento ambiental “Sus productores crearon asociaciones nacionales e internacionales para difundir esta energía alternativa, que reduce la contaminación urbana y el efecto invernadero característico de los gases emitidos por la combustión de petróleo”.

En América, Costa Rica, Ecuador y Brasil son los mayores productores de Higuierilla, algunos de estos países han impulsado investigaciones sobre el cultivo, manejo y producción del aceite de ricino con énfasis en producción de Biodiesel.

Siguiendo con un bosquejo general enunciaremos a continuación algunos estudios e investigaciones que se están desarrollando en nuestro país como son;

Un recurso no renovable podrá ser sustituido en gran parte por uno renovable, afirma el ingeniero químico Alberto Lora, gerente técnico de Ola Flex.; el proyecto de Ola Flex busca usar el aceite de higuierilla en la industria del poliuretano, una de las alternativas que ofrece esta planta, para la cual Colombia tiene grandes posibilidades de producción agrícola.

En opinión de Alberto Lora, la gran propiedad química del aceite de higuera o aceite de ricino, es que tiene tres grupos hidroxilos en el carbono doce, lo cual permite que sea un compuesto de fácil transformación.

Alonso Gallego, presidente de la Asociación Nacional de Higuera, explica que el aceite tiene más de 140 usos industriales, en industrias como la química, la cosmética, de barnices y lubricantes, entre otras.

Por su parte, Gallego advierte que el aceite de higuera puede reemplazar los plásticos que utilizan clorofluorocarburos (CFC), con lo cual se protege la desgastada capa de ozono y alivia el efecto invernadero.

Gallego reconoce que aunque la producción de la planta resulta económica para el campesino, pues no se necesitan fungicidas para el control de plagas debido a que el aceite sirve como repelente, y tampoco necesita estimulantes para su crecimiento; en Colombia son pocas las tierras dedicadas a su producción.

Actualmente, según la asociación, no existen más de cincuenta hectáreas cultivadas con la planta, mientras que el 90 por ciento de las necesidades son importadas de Ecuador, Brasil, Alemania y Francia.

La meta, según Gallego, es incrementar la producción de la planta a 3.000 hectáreas por año, para lo cual está negociando con el Plan Colombia, la sustitución de cultivos ilícitos por cultivos de higuera, proyecto en el cual interviene el Ministerio del Medio Ambiente.

Por otra parte la Universidad de Antioquia por intermedio de la Facultad de Ingeniería, (Centro de Investigaciones Ambientales y de Ingeniería), realizó una investigación en la Obtención y ensayo de biodiesel de aceite de Higuera, por intermedio de Camilo Rendón, bajo el Código MC031-01.

COLCIENCIAS, en el año 2003, aprobó la financiación del proyecto denominado “Producción de biodiesel a partir de aceites de palma y de higuera por un proceso de reacción- separación catalizado por enzimas inmovilizadas, proyecto realizado por la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, en el programa Nacional de investigaciones en energía y minería, bajo el Código 1190614823.

Las observaciones realizadas en este estudio se hicieron en el municipio de Tenjo Cundinamarca, cuenta con las siguientes características generales, pertenece a la provincia de Sabana Centro, cuya capital es el Municipio de Zipaquirá, esta bajo la cobertura de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, regional Sabana Norte y Almeidas, se encuentra en un rango de altitud de 2.587 msnm, con una temperatura de 14°C, es decir una Región de clima térmico Frío, tiene una extensión de 113.7Km².

El Municipio cuenta con una Inspección de Policía (La Punta) y 15 veredas, el predio objeto de la presente propuesta se encuentra ubicado en la vereda Chitasuga, a la margen derecha de la vía principal en dirección Norte – Sur, como se observa en la figura anexa.

Según las condiciones climáticas generales de la zona la especie propuesta (Higuera), no se encontraría en su mejor rango de desarrollo, sin embargo presenta buena adaptabilidad, según lo observado en algunos sectores de Tabio y Usme, donde se han encontrado algunas ejemplares de Higuera con buen desarrollo.

Mapa No. 1



Municipio de Tenjo y sus alrededores

Estas condiciones influirían en los siguientes aspectos, el periodo de producción de la plántula de Higuierilla es de cuatro meses en zonas tropicales, disminuyendo su velocidad de producción a medida que varía el piso térmico, por lo cual en una zona con estas condiciones se plantea la primera producción pasados los cinco meses de plantada la misma (se puede aproximar a seis meses la primera cosecha para este caso); por otra parte los rendimientos en aceite pueden variar así mismo con el clima es decir bajar un poco la cantidad de aceite contenido en la semilla, de un 52 – 50% promedio en zonas cálidas a un 48- 46% en zonas frías, estos factores están asociados a la semilla que se este manipulando en la plantación, por lo cual este estudio presenta algunas recomendaciones de la mejor semilla a utilizar para minimizar riesgos y aumentar o por lo menos mantener eficiencia en estas condiciones.

1.5 ASPECTO LEGAL

La ley 9 de 1979 también conocida como código sanitario nacional establece en su título No. 1 de la obligatoriedad de la protección ambiental donde autoriza el Ministerio de Salud, fijar los parámetros sobre calidad de aire lo mismo que los diferentes procedimientos para sus controles.

El Ministerio de Salud de Colombia mediante decreto 002 del 11 de enero de 1982, reglamenta parcialmente el título I de la Ley 9 de 1979 en cuanto a emisiones atmosféricas y establece los parámetros de calidad de aire.

Ley 99 de 1993 (Diciembre 22) Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones

Resolución 1208 por el cual se dictan normas sobre prevención y control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire, por el departamento administrativo del medio ambiente de la ciudad de Bogotá, de acuerdo a las facultades legales otorgadas por la ley 99 de 1993

Decreto 2107 noviembre 30 de 1995

Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire

Resolución 125 febrero 7 de 1996 Por la cual se adiciona la Resolución 898 de agosto de 1995 en la que se regulan los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de vehículos automotores.

Decreto 1224 julio 16 de 1996 Por medio del cual se reglamenta el artículo 19 de la Ley 191 de 1995 en cuanto a la calidad de los combustibles

Resolución 909 agosto 20 de 1996. Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 005 de 1996 que reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes que producidos por fuentes móviles terrestres a gasolina o diesel y se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones y se adoptan a otras disposiciones.

Decreto 1228 mayo 6 de 1997 Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire

Resolución 378 mayo 13 de 1997 Por medio de la cual se fijan las condiciones de expedición del Certificado de Emisiones por Prueba Dinámica

Resolución 441 mayo 30 de 1997 Por medio de la cual se revoca el artículo 2o, de la Resolución No. 1619 de 1995 resolución 528 junio 16 de 1997 Por medio de la cual se prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinación de refrigerador -congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación Clorofluorocarbonos (CFCs), y se fijan requisitos para la importación de los mismos.

Decreto 1697 junio 27 de 1997 Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire

Resolución 619 julio 7 de 1997 Por la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas

2. MARCO TEÓRICO

2.1 HIGUERILLA

Nombre Científico: *Ricinus communis* linnaeus.

Nombre Común: *Higuerilla, higuerrillo, Ricino.*

Familia: *Euphorbiaceae.*

2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Arbusto de hasta 4 m de altura, de tallo hueco y ramificado que va de color verde al café rojizo. Sus hojas tienen forma de estrella, con nervaduras rojizas y bordes dentados de tamaño irregular. Las flores son racimos de color blanco; sus frutos son globosos y espinosos y albergan tres semillas grandes y semiaplanadas. Es una planta originaria de África, frecuentemente se encuentra en tierras cálidas y templadas.

Ricinus es una palabra latina que significa garrapata, y hace referencia a la forma de la semilla; de ahí el nombre de nuestra planta. La denominación «higuera del diablo» puede que se refiera al aspecto de sus hojas, como las de la higuera, o a la coloración rojiza de los tallos, aunque también podría deberse a la toxicidad demoníaca que encierran las semillas.

Las flores son de dos tipos: masculinas y femeninas, pero ambas sobre el mismo pie, las femeninas en la parte superior y las masculinas por debajo de éstas. Los frutos (que sólo se forman a partir de las femeninas) son pequeñas cápsulas recubiertas de púas que, cuando maduran, se abren elásticamente y proyectan las

tres semillas ovaladas y aplanadas que contienen. Se denomina también catapucia e higuera del diablo.

Foto 1



Foto 2



Hojas de higuera con hojas

Frutos con púas

Palmeadas y flores masculinas

y femeninas

Foto 3



Semilla de Higuera

La higuera es una oleaginosa cuyo aceite se utiliza en la industria de motores de alta revolución, en pinturas, lacas, barnices, plásticos, fertilizantes, para uso antiparasitario en humanos, etc.; en total se utiliza en más de ciento ochenta productos.

2.1.2 DISTRIBUCIÓN REGIONAL

Se le encuentra ampliamente plantada y naturalizada en el continente Americano desde el Sur de los Estados Unidos hasta Brasil y Argentina. En Colombia cubre la mayoría de los pisos térmicos desde el nivel del mar hasta los 2700msnm, generalmente en forma aislada.

2.1.3 CLIMA Y SUELOS

El cultivo prospera desde el nivel del mar hasta los 2.500m de altura, pero conforme aumenta la altitud, decrece el contenido de aceite.

La higuera requiere una época seca definida después de la floración y su requerimiento de agua durante la etapa de crecimiento es de 600 a 800 mm.

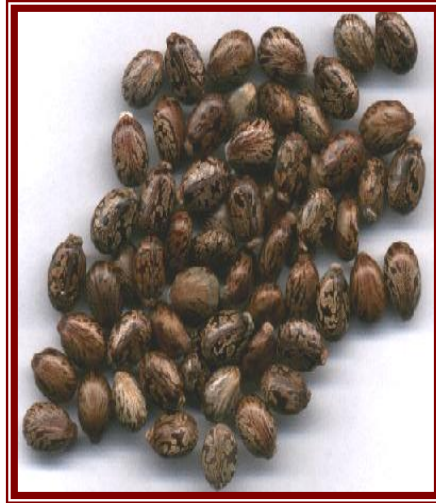
Prospera bien en suelos de mediana o alta fertilidad, profundos, sueltos, permeables, aireados, bien drenados, con altas cantidades de elementos nutritivos y con pH sobre 5,5 (óptimo 6-7), aunque no soporta la alcalinidad.

Foto 4



Fruto de Higuierilla en plántula

Foto 5



Semilla comercial de higuierilla

Tiene gran capacidad de adaptación y hoy día es cultivada prácticamente en todas las regiones tropicales y subtropicales, aunque es típica de regiones semiáridas. Su origen es muy discutido y algunos la consideran originaria de Asia y otros como nativa de América, pero se cree que afrecha es su cuna

- Se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas ocurre entre los 0° a los 30°C de temperatura. Los valores estimados entre estos límites se denominan Biotemperatura, primer factor para determinar una zona de vida.
- El segundo factor para medir la unidad bioclimática es la precipitación y el valor que se utiliza es el total anual promedio de lluvias en milímetros. Estos promedios, en lo posible deben tomarse con base en 10 años o más para obtener resultados confiables debido a que la precipitación varía de un año a otro. Los distintos niveles de precipitación, dentro de los diversos pisos altitudinales, condicionan diferentes asociaciones de vegetación. Así en la región altitudinal tropical y para el piso basal las precipitaciones menores de 125mm originan Desiertos, áreas sin vegetación o solo relictos de esta, de 125

a 250mm, se origina e matorral desértico y así en forma sucesiva hasta encontrar el bosque pluvial tropical con precipitaciones superiores a 8000mm.

- El tercer factor para determinar la zona de vida es la humedad. La asociación directa de la humedad con la precipitación ha dado lugar en ciertos casos a confusiones, a pesar de que existe una correlación directa entre ellas con una misma temperatura y en una región altitudinal determinada, la correlación de precipitación humedad no es tan directa cuando se halla en diferentes pisos altitudinales o regiones latitudinales. Así la misma precipitación promedio anual que origina un ambiente muy húmedo en la región subsolar, solamente produce condiciones áridas cuando se presenta en las regiones bajas tropicales. Lo anterior se explica por que la humedad del ambiente esta determinada por la relación de temperatura y precipitación, independiente de otras fuentes de humedad.

Teniendo estos tres factores y realizando la interpolación obtenemos que las zonas de vida en Colombia más óptimas para el desarrollo de esta especie son:

- **Bosque Seco Premontano (bs- PM):** Se localiza en los cañones de los Ríos Chicamocha, Guaitará, Juanambú, y áreas de Ocaña, Cali, Yumbo entre otras, la biotemperatura media oscila entre 18-24°C, y las lluvias promedio anuales están entre 500- 1000mm; la vegetación natural ha sido modificada para implantar en ella especies pecuarias especialmente.
- **Bosque Seco Tropical (bs-T):** Se sitúa especialmente en la llanura Caribe, llanos Orientales, Valles del Río Magdalena, Región del Uraba Antioqueño al Sur del Departamento de Córdoba, costa Pacífica, sur de la Orinoquía y en forma extensa en la Región Amazónica. La biotemperatura es superior a los 24°C, y los promedios anuales de precipitación fluctúan entre 1000 – 2000mm anuales. El bosque que aún subsiste es de gran composición florística; donde las condiciones climáticas no sean extremas es zona apta para actividades silviculturales y agropecuarias.

Es importante aclarar que la especie tienen facilidad de adaptación a diferentes condiciones y zonas de vida sin embargo las que aquí se presentan son las más

óptimas para su crecimiento y rendimiento productivo, por otra parte como se adapta a zonas difíciles es una especie óptima para recuperación de suelos degradados por áreas en conflicto de uso.

2.1.4 PROPAGACIÓN Y DESARROLLO

Generalmente la propagación es por semilla, recolectando los frutos en número de 800 por kg; se exponen al sol para que abran y dejen libre tres semillas, por fruto. Debido a que salen con cierta velocidad, es necesario cubrir previamente los frutos dentro de una malla de tela. El número aproximado de semillas por kilogramo es de 3000 con el 100% de pureza. Debido a su buena viabilidad la germinación es del 70% que puede durar hasta 30 días. A partir de este momento el crecimiento es de 2 a 4 centímetros por mes. La siembra se puede hacer al voleo o de forma directa en semilla o por medio de trasplante en bolsas, en caso de requerir trasplante se debe hacer cuando las plántulas alcancen de 2-5cm, con una mortalidad que puede llegar al 10%.

Es poco resistente a las heladas, se desarrolla en suelos arcillosos, arenosos, profundos y un poco ácidos con abundante nitrógeno. Requiere buena luz solar para su desarrollo.

Las anteriores generalidades han sido ajustadas de acuerdo a las condiciones del proyecto, en el mercado nacional se consiguen diferentes tipos de semilla a un precio de \$35.000 por Kilogramo, con un promedio de 2500 plántulas por kilogramo sembrado, dicha semilla es más de tipo ornamental, por lo cual se procedió a realizar un sondeo de la procedencia de semillas para cultivos industriales, encontrando buenos rendimientos en las semillas provenientes de Brasil, sin embargo por ser una zona más tropical se descartó el uso para este cultivo de esa procedencia, por otra parte la semilla procedente de Ecuador, ha presentado buenas adaptaciones, rendimientos en crecimiento y cantidades de aceites siendo la más usada en la actualidad para los cultivos industriales de

climas medio y fríos, por lo cual es la primera recomendación que se hace en el presente documento.

Foto 6



Semilla óptima procedente del ecuador

2.1.5 ZONAS DE CULTIVO Y ÉPOCAS DE SIEMBRA

En Colombia se puede sembrar en diferentes zonas por su alta variabilidad y adaptación a los diferentes pisos térmicos, se presta para sembrarlo en época seca bajo riego, pero no se cuenta con suficiente información sobre la rentabilidad, sin embargo puede ser una alternativa importante como recuperador de suelos ya que sus requerimientos de agua no son altos y es muy buena su adaptación en zonas áridas.

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, el cultivo no se encontraría en Tenjo en su rango óptimo de crecimiento, sin embargo con un buen manejo silvicultural, se puede obtener unos buenos rendimientos, de acuerdo a las condiciones de la zona se puede decir que aunque su altitud no es la más recomendada la precipitación se ajusta a los requerimientos ya que es de 808mm anuales, al igual que la intensidad lumínica.

Es importante resaltar que este cultivo es susceptible a las heladas, y en el municipio de Tenjo se presentan en los meses de enero y Febrero, por lo cual se recomienda tener un control puede ser con canecas, iniciando combustión en las horas de la madrugada o un pequeño riego en estas horas para evitar el secamiento de las plántulas, sin embargo si se inicia la siembra en época de invierno inicios de octubre la plantación tendría una adaptación a la zona minimizando el riesgo, pero como recomendación se debe realizar un monitoreo en estos meses en apoyo con la UMATA, para evitar posibles perdidas.

2.1.6 PREPARACIÓN DEL SUELO

Dentro de las generalidades planteadas, los terrenos para cultivar comercialmente esta especie deben tener facilidades para el uso de maquinaria, es decir un arado muy superficial para establecer los surcos y soltar un poco el suelo, dicho arado no debe ser superior a 10cm, con el fin de no romper la estructura del suelo, si no por el contrario soltar la superficie para un mejor prendimiento de la semilla, se acostumbra hacer los surcos orientados perpendicularmente a la dirección del viento.

Es importante tener en cuenta que esta especie tampoco es exigente en suelos pero cuando se trata de una zona muy seca con estructuras muy fuertes si es aconsejable arar con el fin de moldear un poco el suelo para facilitar su adaptación y a su vez mejorar el comportamiento de las raíces con el suelo.

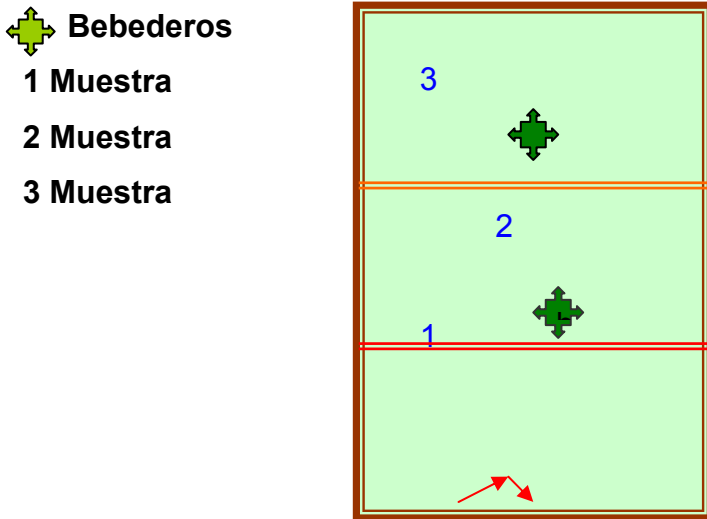
De acuerdo a la visita preliminar y el análisis de suelo realizado, se encontró una estructura liviana ya que presenta estructuras Francas, franco Arcillosa y franco Arcillo arenosa, por lo cual se planteada un arado tan superficial, o en su defecto una remoción liviana por medio de jornales.

- **Análisis de Suelo:**

Se realizaron tres muestras, la división del predio se realizo asimilándolo a un rectángulo, y dividiendo su longitud en tres secciones similares, la primera muestra

fue tomada en la sección contigua a la vía principal, la segunda en el intermedio y la tercera en la parte superior del predio.

Grafica 1



Estudio de suelo

La muestra numero 2, fue la que nos dio valores más bajos en casi todos los aspectos, es importante aclarar que el muestreo de suelo siempre se compara o analiza, de acuerdo a los requerimientos del cultivo, en este caso, el cultivo de higuierilla no presenta requerimientos específicos si no generales, por lo cual se puede decir que los niveles de pH, son un poco bajos en especial para la muestra 2, que presento 4.96, es decir un suelo ácido, el promedio para el cultivo esta sobre 5.5, por lo cual se recomienda aplicar 10 kilos de Cal por hectárea en el momento de la siembra es decir, un total de 30 Kilos en la plantación, un valor reducido pero que nos ayuda a corregir un poco el pH.

Por otra parte los valores obtenidos tanto en macro como en micro nutrientes son valores que se adaptan a las condiciones de suelo para el cultivo de la higuierilla, el realizar un plan de fertilización puede elevar los costos de la plantación y alterar a futuro las condiciones y relaciones micro orgánicas del mismo, por lo cual la

recomendación es la aplicación de microorganismos que activen estas relaciones y mantengan el equilibrio ecológico del suelo, se recomienda la aplicación de 50 litros de microorganismos en el área total de la plantación, con lo que se estaría estimulando las relaciones y manteniendo el equilibrio del suelo, concepto acorde con los principios de producción limpia que empiezan a tomar fuerza en nuestro país.

Anexo el análisis de Suelo, con los resultados de los tres muestreos, es importante reiterar que de acuerdo al cultivo se organiza el plan de fertilización del mismo, recomendación por si en alguna época se toma la decisión de cambiar de tipo de cultivo.

2.1.7 SIEMBRA

El sistema de siembra planteado para este cultivo es mediante siembra directa, introduciendo dos semillas por hoyo, depositando una semilla por metro, a una profundidad de 5 cm cuando hay humedad y a 8 cm, si no hay humedad, con un espaciamiento entre surcos de 1.2m, generalmente los distanciamientos entre hoyos son de 1.2*1.2m, en sistema tres bolillo o en cuadro de acuerdo a la topografía del terreno, para un total de 6944 plántulas por hectárea, si se presenta alguna zona donde no rebrote o mortalidad, en donde hallan rebrotado las dos semillas se hace el respectivo transplante de una de ellas al sitio donde se necesita, lo que minimiza costos, y le da mayor eficiencia al uso de la semilla, el número total de semillas a sembrar seria de 40.000, para una producción de 20.000 plántulas en las tres hectáreas, se puede calcular un 10% de pérdida, dichas pérdidas deben ser resembradas inmediatamente transplantando, donde hallan rebrotado las dos.

2.1.8 COMPOSICIÓN DE LA SEMILLA

- **Principios Activos**

Sólo existe una especie de ricino; sin embargo, al haberse cultivado desde hace varios siglos, han ido apareciendo muchas variedades con diversas formas y tamaños de las semillas, o con las hojas de mayores o menores dimensiones, pero todas poseen semillas con idénticas propiedades farmacológicas. Las semillas contienen entre un 50 y un 80 % de aceite, el aceite de ricino. El residuo de la semilla triturada y molida cuando ya se ha extraído el aceite (lo que se denomina «torta») contiene una albúmina vegetal (una toxialbúmina) denominada ricino, un veneno muy tóxico que dilata los vasos sanguíneos, bastando tan sólo 2 milésimas de miligramo para matar un conejo.

- **Propiedades Medicinales**

El aceite de ricino es el purgante por excelencia, pero su labor es muy desagradable.

Su principal uso medicinal es para el dolor de estómago, fiebre, gripa, infecciones y golpes externos. Las hojas y semillas de esta planta son las partes más utilizadas para malestares diversos. Se emplea el cocimiento de las hojas mezcladas con otras plantas y con el agua resultante se baña al paciente o se colocan en el abdomen para hacer que transpire. Cuando hay dolores de cabeza, las hojas se extienden sobre la misma y se cubren con un trapo. Otros problemas para los que se usa la Higuierilla son cólicos, callos, anginas y sarampión. La semilla macerada se emplea como purgante y contra la diabetes, dolores musculares, golpes y cortadas leves, granos y piquetes de insectos.

A continuación se desagregan los diferentes compuestos encontrados en una semilla de ricino, basado en estos compuestos es que se dice que la semilla de

ricino puede producir en promedio un 50% de aceite por medio de la extracción con equipos de fácil consecución e instalación.

- **Componentes de la semilla**

Tabla 1

Compuesto	%
Aceite	46.58
Almidón	20
Fibras Leñosas	20
Agua	7.09
Goma	4.32
Resina bruta y principios amargos	1.51
Albúmina	0.5
Total	100

Fuente: Tesis U. Javeriana

2.1.9 MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Por ser una especie nativa, es de fácil adaptación y no necesita muchos controles, sin embargo se debe realizar un ploteo a los dos meses de sembrada, es un dato general ya que depende del clima y su relación con el crecimiento de malezas, o dos o tres veces durante el ciclo.

Se plantea en la presente una visita periódica mensual para verificar el crecimiento de la plantación, su estado fitosanitario, rendimientos, crecimiento de malezas entre otros.

En el último mes se debe verificar el crecimiento de los frutos, forma de maduración para planear la correspondiente recolección.

2.1.10 PLAGAS DE LA HIGUERILLA

Las plagas de la higuera se asocian mucho a la zona donde se este cultivando, es decir el clima y las condiciones del entorno y suelo, sin embargo según lo recopilado en experiencias de otros cultivos, es una especie resistente de fácil adaptación con poca incidencia de plagas, por lo cual no es recomendable aplicar insecticidas, fungicidas o herbicidas hasta que no se tengan brotes acentuados o importantes de cualquier tipo de plaga; de acuerdo a esto se plantea el respectivo MIP (Manejo Integrado de Plagas), para el cultivo.

- **Insectos dañinos y su combate**

Los principales daños producidos por estas plagas del suelo, son la perforación de la semilla en el suelo y el corte de los tallos de las plántulas, aunque en estados más avanzados de crecimiento de la planta destruyen las raíces.

Para eliminarlos, es muy conveniente una buena preparación del terreno, preferiblemente un mes antes de la siembra, con el fin de propiciar la destrucción de huevos, larvas y pupas al quedar expuestos al sol y a los animales.

La alta precipitación y los predadores como *Calosoma* sp. y *Polistes* sp. (Tachinidae) reducen las poblaciones

Es recomendable el **combate** química preventivo con insecticidas granulados aplicados en la siembra como mefosfolan (Cytrolane 2 % G, 30 kg/ha) o clorpirifos (Lorsban 5 G, 30 kg/ha).

Cuando la plaga aparece en el cultivo, puede utilizarse cebos envenenados a base de tricolorfon o metonil o bien atomizaciones con: clorpirifos (Lorsban 4 E, 1,5 l/ha), foxim (Volatón 50 E 1 l/ha) o mefosfolan (Cytrolane 250 E, 2 l/ha) dirigidas al suelo.

- **Insectos secundarios**

Otro insecto observado que provoca daño en nuestro medio, es un chinche pequeño rojo y negro que se localizan en la cara dorsal de la hoja, donde chupan la savia; en épocas de insolación, causa lesiones comparables a una verdadera quema. Puede combatirse con los productos recomendados para el chinche hediondo.

Existen otros insectos que provocan daño desde los estados tempranos de desarrollo hasta la cosecha, como el bellotero (*Heliothis* spp.), el gusano tigre (*Prodenia* spp.) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El combate del gusano tigre es similar al citado para el cogollero y para el bellotero. Se puede hacer uso de la piretrinas como el Cimbrush (0,5 l/ha) o Decis (0,5 l/ha), o bien metomil (Lannate 90 % PS 0,4 kg/ha).

- **Enfermedades y su combate**

- 1. Marchitez o fusariosis (*Fusarium oxysporium*)**

Este hongo vive en el suelo y ataca las plantas en cualquier estado de su ciclo. Las hojas las deja marchitas y quedan pendiendo del pecíolo. En la base de las hojas y de las ramas produce una mancha color marrón oscuro, desarrollada en sentido longitudinal; generalmente causa la muerte de la planta.

Cuando el ataque ocurre en estado adulto se pierden gran cantidad de frutos.

Cuando se presenta la enfermedad, las plantas afectadas deben erradicarse si el ataque es aislado.

Posteriormente el cultivo debe rotarse o sembrar sólo variedades resistentes y precoces.

2. Moho ceniciento (*Botrytis cinerea* Pers.)

Ataca la parte reproductiva de la higuierilla, desde la inflorescencia hasta la semilla y pudre la cápsula. Se presenta en condiciones de alta humedad y temperatura.

Las partes afectadas deben ser eliminadas y destruidas, al igual que las plantas silvestres de esta especie.

3. Manchas de las hojas *Cercospora ricinella* *Xanthomonas ricinicola*

El ataque de ambas enfermedades se limita a las hojas. Se controlan con variedades resistentes.

4. Marchitamiento *Phytophthora* spp.

Ataca las plantas recién germinadas y les causa la muerte. Para minimizar su incidencia, los suelos deben tener muy buen drenaje, sembrar en la época adecuada y utilizar variedades resistentes.

Los híbridos **COSTASEM H-343 y H-1911** son resistentes a las enfermedades fungosas, pero se hace hincapié en la selección de terrenos muy bien drenados.

- **Virosis**

Su incidencia es poca y además existen variedades resistentes.

2.1.11.COSECHA

La cosecha de esta planta se da por las condiciones climáticas en un periodo de 180 días. Esta variedad es de fruto indehisciente (no se abre), por lo cual la cosecha se hace cuando todos los frutos están secos, realizando una sola recolección. La cosecha mecanizada requiere variedades enanas y uniformes tanto en crecimiento como en ramificaciones, con cápsulas indehiscientes y las hojas deben eliminarse ya sea natural o artificialmente con defoliantes. La cosechadora típica para arroz, sirva para cosechar este cultivo con simples aditamentos y cambio en la velocidad del cilindro.

Se recomienda una recolección manual ya que el área es pequeña, y no presenta topografía difícil, además la distancia de siembra planteada permite una fácil manipulación de las mismas.

El beneficiado de la higuierilla puede ser manual o mecanizada y tiene tres etapas básicas: secado, separación, limpieza y ensacado de la semilla. El secado puede ser natural o mediante secadoras. La separación es mediante la máquina descascaradora y la limpieza puede ser manual (aventado) o por abanicos mecánicos. Para los frutos indehiscientes el proceso de separado debe ser mecanizado.

Este cultivo tiene un buen margen de producción en sus dos primeras cosechas, por lo cual al finalizar la cosecha del segundo turno se propone realizar un corte y una nueva siembra, para mantener los rendimientos de producción.

2.1.12 MECANISMOS DE PRODUCCIÓN DE ACEITE

- **Generalidades de la Semilla**

Las semillas de higuierilla producen en promedio un 50% de aceite por medio de la extracción de equipos de fácil consecución e instalación. El subproducto es una torta rica en proteínas y su composición química indica que podría constituirse en un excelente forraje, al no ser por la presencia de una proteína tóxica llamada ricocina que imposibilita su utilización en la alimentación animal; actualmente su principal utilización es como fertilizante debido a su alto contenido de nitrógeno, ácido fosfórico y potasio. Es de esperar que en un futuro próximo pueda aprovecharse racionalmente esta importante materia prima en la industria de alimentos concentrados.

- **Proceso de Extracción**

En los países productores de aceite, la higuierilla generalmente se procesa por dos sistemas. En el primero se emplea la extracción mecánica en dos etapas, una a baja temperatura para obtener el aceite de mejor calidad. En el segundo sistema se hace la primera operación por extracción mecánica y luego se extrae con disolventes.

De la extracción resultan dos tipos de aceites que se reconocen en el mercado internacional como aceite grado N°1 y aceite N°3.

El N°. 1 procede de la primera expresión, seguida de filtración y blanqueado. Es de color claro brillante y de índice de acidez baja. También se le da el nombre de aceite de cristal y es el indicado para usos medicinales; comercialmente se le llama aceite de ricino.

El aceite N°. 3 es el resultado de la segunda expresión o extracción. Resulta de color oscuro y con un índice de acidez alto.

Dado el hecho de que comercialmente la demanda del aceite de grado N°. 1 o aceite de ricino es mayor y los costos de su extracción son menores a los que representan una segunda expresión. La torta resultante no representa un

volumen suficiente que lo justifique una segunda expresión ya que ésta sería realmente productiva si se realiza por solventes, técnica que además de compleja, implica altos costos.

El equipo propuesto es compacto, y consiste de tres pequeñas máquinas con una capacidad de alimentación de ton/día; a continuación se describe rápidamente.

1. Máquina precalentadora:

Para ablandar la semilla a cierta temperatura, de manera tal que quede lista para facilitar al máximo la extracción.

2. Máquina extractora de aceite:

Una especie de molino en el que se muele la semilla obteniendo una masa aceitosa.

3. Máquina separadora:

Consiste en un filtro-prensa que separa la torta del aceite, quedando este listo para ser vendido a las industrias que lo refinarán PATRA convertirlo en aceites de grados más altos.

El proceso de extracción de aceite, es el siguiente:

- **Limpieza**

La semilla es sometida a un proceso de limpieza con el fin de eliminar todas las impurezas que acompañan la semilla.

- **Acondicionamiento**

Posteriormente la semilla se transporta a un precalentador donde se acondiciona y cocina la semilla a una temperatura de 120°C, con el fin de producir una acumulación de las gotas de aceite contenido por la semilla para facilitar la extracción.

- **Extracción**

Una vez acondicionada la semilla pasa directamente al molino o prensa. El mecanismo empleado para el prensado de la semilla consiste en una prensa, la cual aprisiona el material a través de un tornillo helicoidal cuyo diámetro y paso van disminuyendo progresivamente. El material es alimentado por la parte más

ancha del tornillo el cual gira alrededor de una especie de cono. A medida que gira el tornillo se obtiene una masa aceitosa que cae en un tanque de almacenamiento temporal, donde se prepara para ser filtrado.

- **Filtrado**

Por último, la masa aceitosa obtenida se traslada al filtro prensa, el cual separa la tora del aceite. El mecanismo central de este filtro prensa, consiste en un conjunto de placas con un tornillo central que posee un timón que aprieta las placas. Entre cada placa (2cm aproximadamente) va una lana, a la cual se le prenden las impurezas. El resultado de este proceso es el aceite cristalino.

- **Planta Física**

Debido al volumen relativamente bajo de la semilla a procesar, y a que los equipos necesarios para la realización la extracción, son compactos y pequeños, por lo cual necesitan almacenamiento y en donde a la vez se instalaran los equipos para efectuar la extracción del aceite.

- **Almacenamiento del aceite**

Una vez procesada la semilla, el aceite es depositado en un tanque de almacenamiento temporal, de donde pasa a ser envasado en canecas de 50 galones que se almacenan en arrumes de cuatro canecas.

La torta resultante es empacada en sacos plásticos con capacidad de 40kg. Y es almacenada sobre estibas de seis bultos en grupos de cuatro para posteriormente ser vendido a las industrias de abonos y fertilizantes.

2.2. BIODIESEL

Desde que en 1897 el ingeniero alemán Rudolf Diesel presentó en la Asamblea General de Ingenieros de ese país un motor de combustión interna que llevaba su nombre y el cual, según había demostrado, podía funcionar con aceite vegetal, la idea de usar diferentes variedades de aceites vegetales como sustitutos del combustible diesel convencional ha sido reintroducida periódicamente.

En un principio, los combustibles fósiles se apoderaron del mercado gracias a su bajo costo, a su eficiente desempeño y, sobre todo, a su gran disponibilidad. No obstante, en los últimos años el panorama energético mundial ha variado notablemente; la escasez de combustible de los años 70's en los Estados Unidos y las crecientes preocupaciones sobre el inminente daño que causan al planeta las emisiones producto del consumo masivo de este tipo de combustibles en los motores de automoción, han motivado el interés de muchos investigadores en el mundo por desarrollar nuevas fuentes de producción de energía. Producto de estas investigaciones surgió el biodiesel, para ser empleado como un sustituto del diesel de petróleo. Sin embargo uno de los principales problemas que enfrenta hoy por hoy el proceso de producción de biodiesel es su baja rentabilidad, debido al elevado costo de sus materias primas, ya que se requiere que éstas posean un bajo contenido de humedad y un bajo contenido de acidez, lo que obliga al uso de aceites refinados y alcoholes y catalizadores de alta pureza. Por tal motivo, nuestra investigación se ha enfocado en el estudio de diversos aceites vegetales propios del país, así como en el uso de enzimas como agente catalítico, y la adaptación de un sistema simultáneo reacción separación, con el fin de desarrollar un proceso más rentable, mediante el uso de materias primas que no requieran costosos tratamientos y la reducción del número de etapas de separación.

3. METODOLOGÍA

Esta monografía es de carácter descriptivo y praxeológico, nos basamos en la recopilación de información, en diferentes fuentes, como Internet, estudios realizados anteriormente, personas que conocen y han trabajado este cultivo, observaciones directas del cultivo, teniendo en cuenta las normas legales y ambientales para poder realizar una evaluación clara de lo que nos atañe con respecto al problema del daño ecológico producido por el uso de los combustibles fósiles, comparado con los beneficios del biodiesel.

Para ello hemos planteado las siguientes actividades.

ACTIVIDAD 1.

RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Fuentes específicas sobre el cultivo de la higuera y la producción de aceite

ACTIVIDAD 2.

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Teniendo como base la información recopilada de otros estudios nacionales e internacionales, se presentará un modelo de producción y manejo del cultivo de la Higuera en Colombia.

ACTIVIDAD 3.

COMPARATIVO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL Y USO COMO SUSTITUTOS DE COMBUSTIBLES FÓSILES.:

Haremos una comparación de los rendimientos de producción de la Higuera como sustituto alternativo de los combustibles fósiles. y de los niveles de

contaminación ambiental generados por los combustibles fósiles Vs los combustibles provenientes del aceite de Higuierilla.

ACTIVIDAD 4:

EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE LA HIGUERILLA (RICINUS COMUNIS), COMO FUENTE DE ENERGÍA ALTERNATIVA PARA COLOMBIA.:

Mediante cuadros comparativos de los aspectos mencionados, se plantearan varias recomendaciones, teniendo en cuenta los procesos técnicos, económicos y sociales que representa este estudio

4. EVALUACIÓN DEL PROCESO

4.1 CONTAMINACIÓN:

Ya es de nuestro conocimiento todos los problemas ambientales que se tratan como contaminación, por ejemplo las aguas, los suelos, y en este caso trabajaremos la atmósfera, viendo que la situación por el avance y tecnificación industrial, con el uso de los combustibles fósiles, lo que representa la combustión de estos al emitir gases que al combinarse con los existentes en la atmósfera son transformados en otras que causan daño a todo lo que constituye el planeta, plantaremos estos contaminantes de una forma sencilla y los efectos que causan.

4.1.1. CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación atmosférica puede afectar tanto a escala global (macroecológica) como local (microecológica), pudiéndose situar el origen de la misma en la acción del hombre (antropogénico) o simplemente en causas naturales (telúrico). Aunque se desconoce el total de contaminantes en la atmósfera y la forma que éstos tienen de actuar, un buen número de ellos están perfectamente identificados, así como la forma de interferir con el medio y los efectos que producen. La actividad contaminante introduce ciertos desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos (carbono, nitrógeno, oxígeno, azufre, fósforo,) lo que puede llegar a provocar reacciones de consecuencias impredecibles para la Biosfera y, por tanto, para el conjunto de nuestro Planeta, amenazando un desarrollo sostenible que pueda garantizar la supervivencia, en condiciones adecuadas, a las generaciones futuras.

Las emisiones a la atmósfera tienen lugar en forma de gases, vapores, polvos y aerosoles así como de diversas formas de energía (contaminación térmica, radiactiva, fotoquímica, etc.), quedando los contaminantes suspendidos en ella y produciendo la degradación del medio ambiente en su conjunto.

El control racional de la contaminación del aire tiene su primer antecedente en cuatro suposiciones básicas desarrolladas por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (American Association for the Advancement of Science. Air Conservation. Washington, D.C., 1965.):

- El aire es de dominio público. Suposición necesaria para tratar la contaminación del aire como un problema público.
- La contaminación del aire constituye un concomitante inevitable de la vida moderna. Ello nos lleva al establecimiento de normas y programas a fin de conservar la atmósfera para que cumpla su función biológica más esencial.
- Se pueden aplicar los conocimientos científicos para delinear las normas públicas. Y además se deben.
- Los métodos para reducir la contaminación del aire no deben aumentar dicha contaminación en otros sectores del ambiente. Situación a veces olvidada por algunos responsables públicos y directivos de empresas sin escrúpulos.

El aire es uno de los factores determinantes de la vida en la Tierra. Diariamente todos los organismos dependemos de este coctel de gases, nuestros pulmones filtran alrededor de 15 Kg. de aire atmosférico al día.

Las principales fuentes de emisión de contaminantes en nuestro medio provienen de:

- Emisiones industriales ya sea por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diesel, gasolinas) para realizar los diferentes por la emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos, solventes, catalizadores) y; la

modificación de las condiciones ambientales (calor y liberación de partículas inertes que modifican la visibilidad y la penetración de la luz). Se considera que se producen más de 70 000 compuestos químicos diferentes que se utilizan tanto en la industria como en otras actividades humanas y que, de manera ineludible, van a parar tarde o temprano a nuestro medio, a nuestra atmósfera, muchos de estos contaminantes producen importantes daños al ambiente y a la salud.

- Emisiones por vehículos de motor, que se liberan por la quema de combustibles como el diesel y la gasolina. Este tipo de contaminación es particularmente importante donde hay grandes concentraciones urbanas, sin embargo, sus efectos se empiezan a sentir en cualquier lugar del planeta. Los gases no reconocen fronteras. Entre los principales productos contaminantes se encuentran: el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, el plomo, las partículas sólidas y el ozono.

El microclima de una determinada región, influye de manera decisiva en la presencia de contaminantes atmosféricos y los efectos que éstos pueden tener. Los vientos, la temperatura y la radiación solar modifican de manera drástica la dispersión de contaminantes y la presencia de reacciones químicas que acentúan o atenúan la contaminación. El viento contribuye a dispersar los contaminantes disminuyendo así su concentración, esparciéndolos en áreas mayores. El aumento de la temperatura acelera ciertas reacciones, que aunadas al efecto luminoso de la radiación solar (reacciones fotoquímicas) hacen más enérgica la reacción de los contaminantes.

En el caso particular de la Ciudad de México, la contaminación de la ciudad de México, tiene comportamientos diferentes según la hora del día, la estación del año y, a veces, el lugar específico donde se observe. Según los datos reportados por L. M.Gerra el smog o la neblina contaminante puede presentarse en dos tipos:

el fotoquímico, y el clásico o común. Ambos se establecen bajo ciertas circunstancias, que podemos apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 2

TIPO	SMOG COMÚN	SMOG FOTOQUÍMICO
Condiciones meteorológicas	Baja insolación, Baja velocidad del viento temperatura inferior a 0°C	Alta insolación, baja velocidad del viento, temperatura alrededor de 18°C
Principales causas	Combustibles industriales y domésticos	Transportación automotores
Principales contaminantes	SO ₂ particulado	NOx, O ₃ , CO, aldehídos, hidrocarburos
Ambiente químico	Reductor	Oxidante
Estación característica	Invierno	Verano
Horario característico	Cerca del amanecer	Mediodía

Contaminación ciudad de México

4.1.2 CONTAMINANTES MÁS FRECUENTES. EFECTOS Y POSIBLES TRATAMIENTOS.

- **Contaminantes primarios:** o emitidos directamente por la fuente, como aerosoles, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono y otros menos frecuentes como halógenos y sus derivados (Cloro (Cl₂) hidruro de fluor HF, Acido corhídrico HCl, haluros,) arsénico y sus derivados,

ciertos componentes orgánicos, metales pesados como plomo (Pb), mercurio (Hg), cobre (Cu), Zinc (Zn), etc y partículas minerales (asbesto y amianto).

- **Contaminantes secundarios:** se forman por reacción de los primarios con los componentes naturales de la atmósfera, existiendo una gran familia de sustancias producidas por reacciones fotoquímicas. Comprende al ozono, aldehídos, cetonas, ácidos, peróxido de hidrógeno, nitrato de peroxiacetilo, radicales libres y otras de diverso origen como sulfatos (del SO_x) y nitratos (del NO_x), la contaminación radiactiva a partir de radiaciones ionizantes o la contaminación sonora a expensas del ruido.
- **Aerosoles y partículas.** Constituyen una amplia gama de contaminantes formados por polvo grueso (mayor de 100 μm), polvo fino (menor de 100 μm de diámetro), vapores (0,001-1 μm) y neblinas (0,1-10 μm .) Por tanto, en el aire podemos encontrar partículas desde 0,001 a 500 μm , teniendo las más pequeñas (menores de 0,1 μm) un comportamiento similar al de las moléculas, caracterizándose por grandes movimientos aleatorios causados por los choques con las moléculas de gas. Las partículas cuyo tamaño está comprendido entre 1 y 20 μm tienden a seguir el movimiento del gas por el que son llevadas mientras que si el tamaño es mayor de 20 μm muestran velocidades de sedimentación considerables por lo que el aire las arrastra durante períodos relativamente cortos.

Revisten toxicidad para el hombre interfiriendo frecuentemente los procesos respiratorios, ya sea por el tamaño (cuanto más pequeñas, más afectan al proceso de intercambio de gases en los pulmones), concentración, naturaleza de las mismas o porque estén asociadas a otros tóxicos. Afectan a las plantas formando depósitos sobre las hojas y llegando, a veces, a penetrar en la cadena trófica. Hacen disminuir la visibilidad, la radiación solar total recibida (de un 15 a un 30% menos en zonas urbanas fuertemente polucionadas) y alteran los niveles de precipitaciones. Su abundancia relativa varía según el medio: aire rural (70

mg/m³), urbano (300 mg/m³), fábricas y talleres (1.000 mg/m³) y gases de central térmica (100.000 mg/m³).

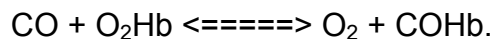
Para su eliminación y tratamiento se utilizan diversos dispositivos como cámaras de sedimentación por gravedad, separadores ciclónicos (centrífugos), colectores húmedos, filtros de tela y precipitadores electrostáticos.

- **Monóxido de carbono.**

Gas incoloro, inodoro, de menor densidad que el aire, inflamable, tóxico y muy estable (vida media en la atmósfera, 2-4 meses). Sus emisiones se estiman en más de 2.300 millones de toneladas (GKg) anuales del que un 90% es de origen antropogénico (O'Neill). No afecta a los materiales aunque sí a las plantas si su concentración supera las 100 ppm. En el hombre puede provocar la muerte cuando la concentración supera las 750 ppm, al competir con el O₂ por la hemoglobina en la respiración debido a que es 210 veces más afín que éste.

El CO es un producto intermedio en las combustiones, siendo máxima su emisión cuando se utilizan mezclas pobres de O₂. Se ha identificado también como resultado de la descomposición a elevada temperatura del CO₂ resultante. Su tratamiento adecuado requiere una buena aireación en los procesos de combustión y un control adecuado de la temperatura.

Un sujeto envenenado por CO que en reposo respire aire, el contenido de CO en la sangre tiene un tiempo de vida media de 320 minutos. Si se aplica oxígeno puro el tiempo de vida media se reduce a 80 min. ya que el equilibrio se desplaza hacia la formación de oxihemoglobina según la ecuación química:



El grado de toxicidad del CO depende de la concentración y del tiempo de exposición del individuo, y los daños pueden ser desde ligeros malestares hasta la muerte.

Tabla 3

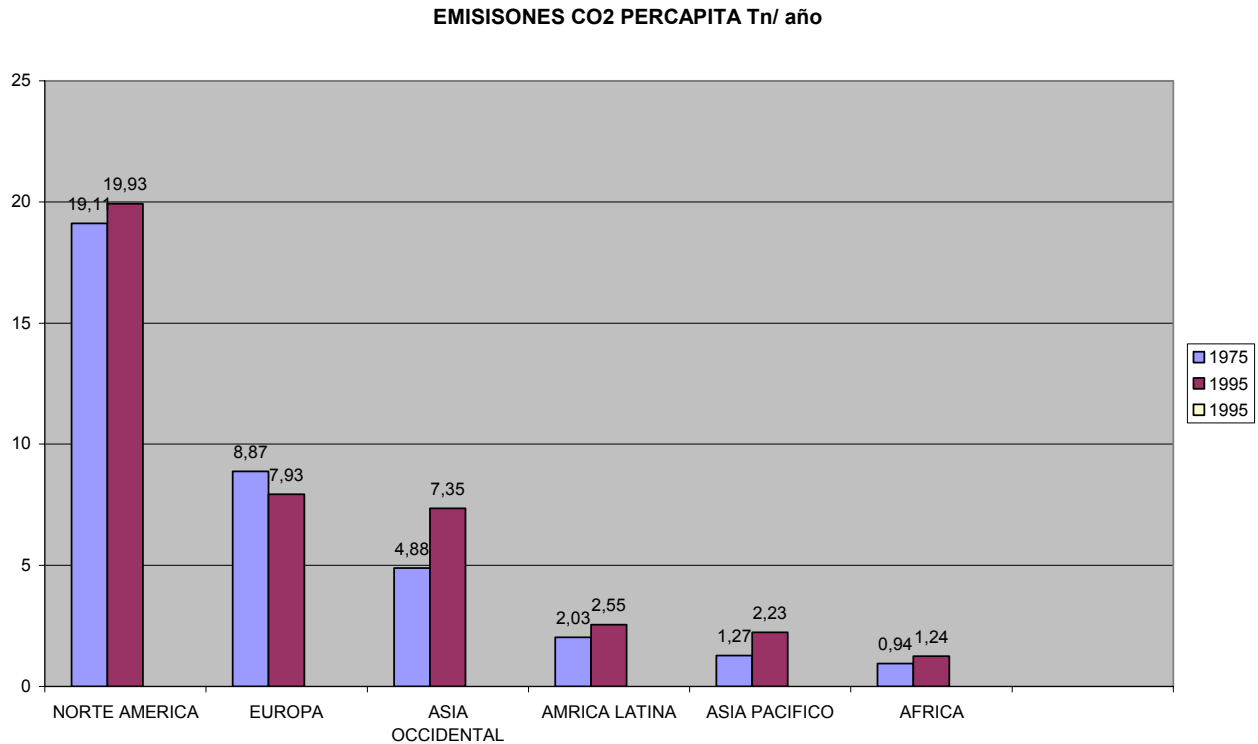
NIVEL (ppm)	EFFECTO FISIOLÓGICO
200 por 3 horas ó 600 por 1 hora	Dolor de cabeza
500 por 1 hora ó 1 000 por 30 minutos	Mareos, zumbido de oídos, náuseas, palpitaciones, embotamiento
1 500 por una hora	Sumamente peligroso para la vida
4 000	Colapso, inconsciencia, muerte

Efectos del gas carbónico en el hombre.

- **Dióxido de carbono.**

Uno de los impactos que el uso de combustibles fósiles ha producido sobre el medio ambiente terrestre ha sido el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. La cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable, aparentemente durante siglos, en unas 260 ppm (partes por millón), pero en los últimos 100 años ha ascendido a 350 ppm. Lo significativo de este cambio es que puede provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como efecto invernadero. El dióxido de carbono atmosférico tiende a impedir que la radiación de onda larga escape al espacio exterior; dado que se produce más calor y puede escapar menos, la temperatura global de la Tierra aumenta.

Grafica 2



Emisiones de CO₂ per cápita Ton / año

La quema de combustibles fósiles que mantuvieron por miles de años al carbono sedimentado en las profundidades y que ahora son utilizados como gas, petróleo y gasolina, ha puesto en circulación (en la atmósfera) enormes

cantidades de carbono.

Los efectos de concentración de CO₂ en la atmósfera tienen además, un ritmo estacional. En altas latitudes (al norte) se incrementa significativamente en el invierno cuando baja la actividad fotosintética en los bosques de hoja caduca. Este efecto se acentúa por el incremento en el uso de combustibles para mantener los sistemas de aire acondicionado en países de esas latitudes.

- **Hidrocarburos.**

Las emisiones de hidrocarburos, HC, están asociadas a una mala combustión de derivados del petróleo, fundamentalmente. No se describen sus efectos sobre los seres vivos, salvo para el etileno (detiene el crecimiento de las plantas) y los hidrocarburos aromáticos (resultan cancerígenos). Contribuyen junto a los NO_x y la luz UV a la contaminación fotoquímica y al efecto invernadero. Las emisiones de metano y gas natural suponen alrededor de 500 GKg/año (Kirkwood) procedentes de descomposiciones anaerobias, extracciones mineras y escapes de instalaciones industriales y domésticas.

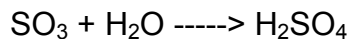
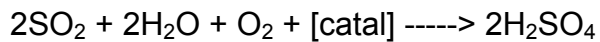
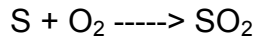
- **Óxidos de azufre, SO_x .**

El SO_2 es un gas que pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO_x), que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre -carbón y aceite- y durante ciertos procesos industriales y en la producción de acero.

Se forman por la combustión del S presente en el carbón y el petróleo, en porcentajes que varían entre un 0,1 y un 5%, obteniéndose SO_2 y SO_3 en una proporción que va de 40:1 a 80:1, respectivamente. El SO_2 es un gas incoloro que resulta irritante si su concentración es superior a 3 ppm. El SO_2 puede formar SO_3 en la atmósfera por la acción fotoquímica, así como por catálisis de las partículas en suspensión. Los SO_x forman con la humedad ambiente entre el 5 y el 20% de los aerosoles urbanos, incrementando el poder corrosivo de la atmósfera, disminuyendo la visibilidad y provocando la lluvia ácida; si, además, la presencia de partículas es significativa, la salud de los seres vivos se ve seriamente amenazada. Se supone que más del 90% de la producción de óxidos de azufre en el hemisferio norte es de origen antropogénico, siendo el total mundial de emisiones anuales 100-

1000 GKg, de las cuales entre 120 y 160 lo son por acción del hombre (Kirkwood).

Más del 50% de SO₂ es producido en calderas para generación de vapor. Las reacciones observadas son:



El desarrollo industrial, principalmente la metalurgia y el incremento continuo en la fabricación de automóviles de combustión interna generan contaminantes peligrosos para la vida como: óxidos de azufre que mediante otras reacciones químicas se transforman en ácido sulfúrico, óxidos de nitrógeno que se transforman en ácido nítrico, además de aldehídos, ácido sulfhídrico, ácido fluorhídrico, arsénico y algunos derivados de metales como el plomo, el zinc, el mercurio, el cadmio y el cobre.

En 1952, en Londres, Inglaterra, el smog con óxidos de azufre y partículas de hollín estuvo muy concentrado y debido a las condiciones estáticas de la atmósfera (inversión térmica) que en 5 días provocó la muerte de alrededor de 4000 personas.

Tabla 4

NIVEL (ppm)	EFEECTO FISIOLÓGICO
3 (0.003% - 5 (0.005%)	Se percibe olfativamente

1-10	Aumento de frecuencia respiratoria y pulso
20	Fuerte irritación en los ojos, nariz y garganta. Incrementa la crisis asmática
400 - 500	Puede ser fatal, produciendo o agravando daños cardiovasculares

Efectos del oxido de azufre en el hombre

A diferencia del CO y de los óxidos de nitrógeno, que pueden permanecer alrededor de 3 años en la atmósfera, los óxidos de azufre sólo tienen un período de residencia de 3 ó 4 días en la atmósfera, sin embargo, sus efectos contaminantes son muy importantes.

El dióxido de azufre, de la misma manera que los óxidos de nitrógeno, son causa directa de la lluvia ácida cuyos efectos son muy importantes tanto en las grandes ciudades acelerando la corrosión de edificios y monumentos, reduciendo significativamente la visibilidad como en el campo, produciendo la acidez de lagos, ríos y suelos.

Foto 7



Efectos del SO_2 en hoja de manzano

El trióxido de azufre, SO_3 , es un agente deshidratante poderosísimo, se obtiene por oxidación del anhídrido sulfuroso, SO_2 . Por calentamiento de ácido sulfúrico se desprende SO_3 . El anhídrido sulfúrico cristaliza en agujas prismáticas, tiene un punto normal de fusión de $16.8^\circ C$ y un punto normal de ebullición de $44.88^\circ C$

Para un buen control de emisiones de los SO_x se proponen las siguientes medidas:

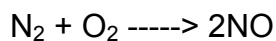
- El cambio a combustibles con menos S, tal como el gas natural., o uso de biodiesel.
- La desulfuración de los combustibles. Si es S inorgánico, caso de la pirita en el C, el lavado y separación por gravedad puede separar la mayoría del S. Si éste es orgánico el proceso de depuración es más complejo al estar químicamente ligado al C, por lo que es más útil la gasificación del carbón o bien su transformación en hidrocarburos mediante hidrogenación catalítica. La desulfuración catalítica de las fracciones pesadas del petróleo lleva a la obtención final de S con un coste del 3,5% del combustible y una eficiencia del 90%.
- Dispersión desde una chimenea elevada. No parece un método recomendable.
- Desulfuración de los gases de combustión. Se utilizan, vía seca y/o húmeda, mediante absorción con CaO , $Ca(OH)_2$, $CaCO_3$, Na_2CO_3 , obteniéndose los

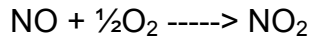
sulfitos o sulfatos respectivos. También se pueden reducir los SO_x hasta S, mediante H_2S o H_2 en un lecho de carbón vegetal.

- **Óxidos de nitrógeno, NO_x .**

De los más de ocho óxidos distintos que forman esta familia, tres son los que están en el aire en cantidades apreciables, N_2O (óxido nitroso), NO (óxido nítrico) y NO_2 . El N_2O es un gas inerte de carácter anestésico que contribuye al efecto invernadero (absorbe 200 veces más radiación infrarroja que el CO_2) y afecta a la destrucción de la capa de ozono, incrementándose la presencia del mismo en la atmósfera como consecuencia de las emisiones procedentes de la descomposición de materia orgánica nitrogenada (nitrificación/desnitrificación), alcanzando unos niveles en el aire de 0,50 ppm. El NO es un gas incoloro e inodoro, tóxico a altas concentraciones y presente en el aire en menos de 0,50 ppm. Aunque a baja concentración su tolerancia por los seres vivos es aceptable, sin embargo es un precursor del NO_2 y por tanto responsable en parte de la contaminación fotoquímica. Su tolerancia biológica es similar al NO aunque se desconocen sus efectos sobre la salud humana.

En torno al 67% de las emisiones de NO_x (total emisiones 25-99 GKg/año) son de origen antropogénico (Kirkwood), de las cuales, más del 90% se originan en combustiones a elevadas temperaturas, tanto de fuentes estacionarias como móviles. La mayoría de las reacciones químicas de estos compuestos llevan a la obtención de HNO_3 que es vertido como lluvia ácida. Las reacciones entre el nitrógeno (tanto del aire como el que está presente en el combustible) y el oxígeno se resumen en las siguientes reacciones:





Para un efectivo control de emisiones de los NO_x se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El exceso de aire incrementa la temperatura y por tanto es mayor la emisión de NO_x.
- El precalentamiento del aire produce idéntico efecto, a pesar del ahorro energético.
- La recirculación de los gases de combustión fríos rebajan la temperatura y reducen las emisiones.

El NO₂ puede irritar los pulmones y predispone ya que abate la resistencia del organismo para contraer diferentes infecciones respiratorias, como la gripa y la influenza.

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutroficación en las zonas costeras. La eutroficación ocurre cuando un cuerpo de agua sufre un notable incremento de nutrientes como los nitratos reduciendo la cantidad de oxígeno disuelto, transformando el ambiente en un medio no viable para los seres vivientes.

○ **Características del gas:**

- Incoloro (en grandes concentraciones es café pardo)
- Produce: irritación en los ojos, nariz y garganta. La exposición prolongada o crónica produce lesiones pulmonares
- Puede permanecer residente en el medio hasta 3 años
 - **Contaminación fotoquímica.**

Un modo de contaminación en las grandes áreas urbanas es el "neblumo" o "smog", el cual se caracteriza por un nivel relativamente alto de oxidantes que irritan ojos y garganta, ataca a las plantas, produce olores y disminuye la visibilidad.

Sustancias susceptibles de ser oxidadas, entre las que se incluyen SO_2 y NO , principalmente, e hidrocarburos constituyen junto a la luz solar gran parte de la contaminación fotoquímica de la atmósfera en las capas inferiores (troposfera). Éstas son emitidas por la industria pesada y por las fuentes móviles

Abatiéndose gran parte del NO_2 por formación de gotas de HNO_3 que pueden quedar en suspensión aumentando el poder corrosivo de la atmósfera o bien volver a la corteza terrestre como lluvia ácida. No obstante, los niveles de ozono troposférico pueden alcanzar localmente valores de 0,2 a 0,5 ppm para promedios pico de 1 hora, con el consiguiente perjuicio para la salud.

La presencia de hidrocarburos, además del NO , en las capas bajas de la atmósfera propicia la formación de radicales peróxido, $\text{RCOO}\cdot$, capaces de oxidar al NO hasta NO_2 , dando por resultado un incremento en la producción de O_3 . Igualmente, la presencia de aldehídos, cetonas, peróxidos y nitratos de acilo promueven en presencia de la luz solar la formación de radicales altamente reactivos y capaces de reaccionar con el O_2 para formar radicales peróxido ($\text{RCOO}\cdot$) que convierten al NO en NO_2 , favoreciendo por tanto la formación de ozono.

La presencia de SO_2 puede representar un competidor del O atómico y así detener el proceso, aunque sea a costa de la formación de SO_3 . No obstante los mecanismos de estas reacciones no son aun muy conocidos.

- **Los principales contaminantes atmosféricos emitidos por los vehículos:**

La cantidad de gases emitidos por los vehículos depende de diferentes factores como:

- El tipo de vehículo, puesto que aspectos como la potencia o el tipo de gasolina que utilice determinará el volumen y el tipo de contaminantes emitidos y el ruido que haga.
- El tipo de vía que afecta, por ejemplo, el consumo de combustible y la velocidad de circulación.
- Las características propias de la conducción, aceleradas, frenadas... que afectan al consumo de combustible.

Tabla 5

<p>Humos negros Están formados principalmente por partículas de carbón y de hidrocarburos quemados; son característicos de los gases que emiten los motores diesel y se hacen muy evidentes al observar el escape de un motor mal arreglado.</p>	<p>Monóxido de carbono El monóxido de carbono se genera por la combustión incompleta del carburante producida por la falta de oxígeno. Se trata de un gas tóxico, inodoro e incoloro; la presencia del cual en los atascos de tránsito puede llegar a niveles elevados. Se estima que el 85% del monóxido de carbono emitido en Cataluña proviene de los motores de los vehículos.</p>
<p>Hidrocarburos Productos orgánicos que se generan por una combustión incompleta de carburantes. Los motores de los vehículos, en nuestro país, son responsables de la emisión del 41% de los hidrocarburos. Estos compuestos, en combinación con los óxidos de nitrógeno y en presencia de la luz solar, forman oxidantes fotoquímicos que son componentes de la niebla fotoquímica.</p>	<p>Plomo Metal pesante tóxico todavía presente en la gasolina llamada "súper", necesario para asegurar un funcionamiento sin problemas de los motores antiguos. Actualmente el nivel máximo de plomo presente en esta gasolina está establecido en 0,15 gramos de plomo por litro de gasolina.</p>
<p>Óxidos de azufre Gases provenientes de la</p>	<p>Óxidos de nitrógeno Gases resultantes de la reacción del</p>

combustión de ciertos combustibles líquidos que contienen azufre. Se estima que el 10% de los óxidos de azufre emitidos en Cataluña provienen de los vehículos.	oxígeno y el nitrógeno del aire en las combustiones por efecto de la temperatura y de la presión. El 65% de los óxidos de nitrógeno emitidos en Cataluña provienen de los motores de los vehículos.
---	---

Algunas emisiones vehiculares

Tabla 6

Contaminantes	Motor de gasolina			Motor Diesel		
	mg/m ³	ppm	%	mg/m ³	ppm	%
Partículas	0.1	-	-	0.5	-	-
Dióxido de azufre	-	0.5	-	-	400	-
Óxidos de nitrógeno	-	1200	-	-	480	-
Hidrocarburos sin quemar	-	150	-	-	40	-
Monóxido de Carbono	-	-	25	-	-	0

Cuadro comparativo entre los componentes del escape del motor de gasolina y los motores diesel.

En el cuadro, se indican los factores de emisión usados para combustóleo y diesel según los diferentes tipos de combustión y las diferentes configuraciones. El factor de emisión de NO_x para la combustión normal es alrededor de 46 por ciento más alto que para la combustión tangencial. Asimismo, cuando se usó el mismo combustible en un motor de combustión interna, en un motor de ignición por compresión recíproca a base de diesel, el factor de emisión de NO_x puede ser hasta 19 veces el de una caldera de calentamiento tangencial. De manera similar, en el caso de las turbinas a base de diesel, el factor de emisión de NO_x puede ser alrededor del cuádruple del de un calentador externo tangencial.

- Distribución geográfica de emisiones procedentes de centrales generadoras termoeléctricas

En el cuadro se presenta una lista de emisiones de los cuatro contaminantes considerados en este estudio en todos los estados y la capacidad instalada en cada uno.

Del total de 32 estados, nueve no contaban con ninguna capacidad de generación instalada a base de combustibles fósiles o bien, presentaban emisiones insignificantes de los cuatro contaminantes considerados en este trabajo. Estos estados son Aguascalientes, Chiapas, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tabasco, Tlaxcala y Zacatecas. En la mayoría de los contaminantes, Veracruz es el estado más contaminado, con emisiones de 261 kt de SO₂ y 20.67 kt de NO_x al año. La central de Tuxpan (6x350 MWe), que usa combustóleo con un alto contenido de azufre, es la principal responsable del perfil de emisiones del estado. Coahuila tiene el nivel más alto de emisiones de NO_x de todos los estados (99 kt). Este mismo estado cuenta con la mayor capacidad instalada de generación de electricidad térmica a base de combustibles fósiles (2688 MWe) y emite las mayores cantidades de bióxido de carbono y mercurio.

Tabla 7

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

	Total	25650	104501	1.2951	264.43	1756.9
No.	Estado	Capacidad instalada (MWe)	CO₂ (kt)	Hg (t)	NO_x(kt)	SO₂ (kt)
1.	Baja California	1443	3015.92	0.01	7.35	18.43
2.	Baja California Sur	355	1074.92	0.01	5.34	11.47
3.	Campeche	164	938.23	0.00	1.18	20.91
4.	Chihuahua	1829	5292.96	0.02	12.32	59.71
5.	Coahuila	2688	14625.71	0.81	99.39	237.16
6.	Colima	1900	9455.83	0.04	11.96	206.04
7.	Distrito Federal	148	117.57	0.00	0.33	0.00
8.	Durango	615	2442.56	0.01	4.10	42.56
9.	Guanajuato	866	4085.27	0.02	5.85	84.48
10	Guerrero	2143	9350.72	0.16	2108	176.17
11	Hidalgo	1993	9413.50	0.04	16.07	163.17
12	Jalisco	24	1.88	0.00	0.01	0.01
13	México	1449	3416.60	0.01	5.52	0.02
14	Nayarit	1	0.00	0.00	0.00	0.00
15	Nuevo León	1733	5778.91	0.02	13.31	30.43
16	Querétaro	469	1177.72	0.00	3.33	0.02
17	Quintana Roo	257	67.28	0.00	3.33	0.24
18	San Luis Potosi	700	3812.77	0.02	4.88	80.25
19	Sinaloa	1006	4317.66	0.02	7.30	101.86
20	Sonora	1389	5345.95	0.02	8.44	118.49
21	Tamaulipas	1344	6367.91	0.03	11.85	116.12
22	Veracruz	2569	12391.31	0.05	20.67	261.04
23	Yucatán	564	2009.37	0.01	3.76	28.36

Capacidad de generación instalada a base de combustibles fósiles y emisiones calculadas de CO₂, Hg, NO_x, y SO₂, por estado (2001)

Nota: Del total de 32 entidades federativas, nueve no están incluidas debido a su nula contribución a las emisiones. La lista de estos estados se da por separado en el texto.

Fuente: Sener (2003); CFE (2002) y cálculos de los autores

4.1.3 ALTERACIONES MACRO ECOLÓGICAS EN LA ATMÓSFERA.

- **Lluvias ácidas.**

El pH de la lluvia es 5,65 (en un medio natural en ausencia de contaminantes) debido a la presencia del CO₂. No obstante, cuando el aire contiene SO_x y NO_x por acción de los fenómenos anteriormente vistos y en presencia de suficiente humedad, se forman los ácidos HNO₃ y H₂SO₄, responsables del fenómeno aludido. Si predomina el ácido nítrico sobre el sulfúrico, entendemos que las fuentes móviles contribuirán en mayor grado que las fijas a este tipo de contaminación.

Los NO_x y SO_x pueden viajar durante cientos de kilómetros arrastrados por corrientes de aire, en niveles próximos al suelo (inferiores a 2 Km), llegando a provocar lluvias ácidas en zonas muy alejadas. Se han detectado estos fenómenos en Terranova y en la península escandinava como consecuencia de emisiones realizadas en las zonas industrializadas más al sur, desplazándose la contaminación en dirección NE.

Las lluvias ácidas producen los siguientes efectos:

- Acidificación de las fuentes naturales del agua, afectando a la fauna acuícola y al plancton.

- Lixiviación de los nutrientes del suelo, afectando a cosechas y bosques.
- Aumento de la corrosión de los materiales.

- **Efecto invernadero.**

Recibe ese nombre un fenómeno asociado al hecho de que ciertos gases presentes en la atmósfera son capaces de almacenar radiación de onda larga, es decir, calor. La mayoría de esos gases proceden de fuentes naturales, aunque la proporción de tipo antropogénico no cesa de aumentar. Por ello los expertos del IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) de la ONU predicen como inevitable un cambio climático inminente. En la última cumbre, celebrada en Kioto, se han tomado medidas para controlar las emisiones de gases efecto invernadero (principalmente CO₂), aunque como en tantas otras ocasiones se revelan insuficientes y tardías.

Según el Atomic Energy Agency del Reino Unido, la contribución del CO₂ al calentamiento global supone un 55% del total (repartido entre la desforestación con un 15%, la producción de energía eléctrica con un 11% y otro tipo de fuentes con el 29% restante), mientras el 45% restante se reparte como sigue: el N₂O con un 5%, CH₄ y otros hidrocarburos con un 20% y los CFCs con el 20% restante. Falta el detalle de la fecha, aunque podría ser muy bien a finales de los ochenta (C.T.M.A., anuario 1996).

Gracias a la atmósfera la temperatura media del planeta es 15 °C en lugar de los previsibles -18 °C que tendríamos sin el conocido efecto invernadero. Habida cuenta que en torno al 50% de la electricidad y casi el 100% del transporte utilizan los combustibles fósiles que al ser quemados emiten al aire CO₂ y vapor de agua. Desde principios de siglo la población mundial se multiplicó por tres mientras el consumo energético lo hizo por 15, pasando de 21 a 340 exajulios (1 exajulio = 10¹⁸ julios), de los que más del 70% corresponden a los países ricos que apenas suman el 20% de la población. Así mientras un canadiense consume 40 veces

más energía que un chino, éste consume el doble de un nigeriano. El total de emisiones anuales estimadas de CO₂ es 7400 MT/año (Kirkwood). Otras estimaciones sitúan esa cifra en 5.300 MT/año de C (O'Neill) o 6.000 MT/año de C (Tapia/Toharia) equivalente a unas 20-22.000 MT/año de CO₂ frente a un nivel de 720.000 MT de C (O'Neill) depositado en la atmósfera, equivalente a 2.640.000 MT de CO₂. Aunque las cifras pueden resultar mareantes, no olvidemos que las tasas de emisión de dióxido de carbono seguirán aumentando los próximos años y por tanto el ciclo del carbono se verá alterado, aumentando, previsiblemente, la concentración de dicho gas en la atmósfera y el riesgo que ello conlleva.

4.2 BIODIESEL

4.2.1. CARACTERÍSTICAS

El biodiesel es un combustible líquido muy similar en propiedades al aceite diesel, pero obtenido a partir de productos renovables, como son los aceites vegetales y las grasas animales.

Comúnmente se refiere como biodiesel al éster producido en la transesterificación de un aceite vegetal (mezclas de triglicéridos de diferentes ácidos grasos), con un alcohol (generalmente etanol ó metanol), utilizándose como catalizador NaOH ó KOH.

El biodiesel puro es biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar significativamente el alcohol y el aceite vegetal que se utilice en la transesterificación

El deterioro del medio ambiente, sumado a las poco alentadoras perspectivas que presentan los combustibles fósiles y la creciente conciencia ambiental, han llevado al desarrollo de diversos combustibles y fuentes de energía (no necesariamente novedosas) denominadas renovables.

Una de los problemas más frecuentes en éste campo es la adaptabilidad de dichas energías a la vida cotidiana, ya que la transición hacia éstas acarrea costos frecuentemente insuperables. Sin embargo, el desarrollo de un combustible en particular, denominado biodiesel, se presenta como una alternativa alentadora. Dicho combustible, obtenido a partir de aceites y grasas animales y vegetales, puede ser empleado sin mayores modificaciones en motores de ciclo diesel. Más aún, permite aprovechar la red de expendio existente, y dada la naturaleza de sus materias primas, presenta un perfil alentador para un país agrícola como Colombia.

4.2.2. EXTRACCIÓN DEL ACEITE:

El aceite contenido en la semilla se puede extraer mecánicamente (compresión o simple trituración) o químicamente (solventes).

El primer método o extracción en frío se basa en someter a presión la semilla por medio de un tornillo prensa, obteniéndose así un aceite de grado comercial (el cual posteriormente debe ser filtrado y blanqueado) y un bagazo denominado torta.

Para la extracción por solventes es necesario previamente triturar la semilla y adicionarle una sustancia que disuelva el aceite, para así separar éste posteriormente por calentamiento.

Para la producción de biodiesel, el método de extracción es el mecánico, ya que el aceite requerido es de grado comercial.

4.2.3. NATURALEZA DEL COMBUSTIBLE

Cuando hablamos de biodiesel, nos referimos en general a ésteres de alquilo menores (metilo y etilo) de ácidos grasos de cadena par, que en general van del C₄ al C₂₄.

La razón de esto es la naturaleza de la materia prima: grasas y aceites de origen animal y vegetal. La biosíntesis en animales y plantas produce cadenas carbonadas de número par de carbonos con la mencionada longitud de cadena. Pueden además encontrarse aceites poliinsaturados, como el de lino, o más bien saturados como el aceite de coco.

Por otro lado, el proceso de síntesis consta normalmente de una transesterificación que sustituye el grupo glicerilo de los triglicéridos por un grupo metilo u etilo, proveniente en general de un alcóxido como el metóxido u etóxido de sodio.

- Bioesteraje

Como hemos dicho, el biodiesel puede mezclarse en cualquier proporción con el gasoil común, y dicha razón de mezcla se denomina porcentaje de biomasicidad o simplemente bioesteraje. Así se utiliza la denominación Bxx o BDxx para referirse a una mezcla de xx% de biodiesel en gasoil.

4.2.4.PRODUCCIÓN

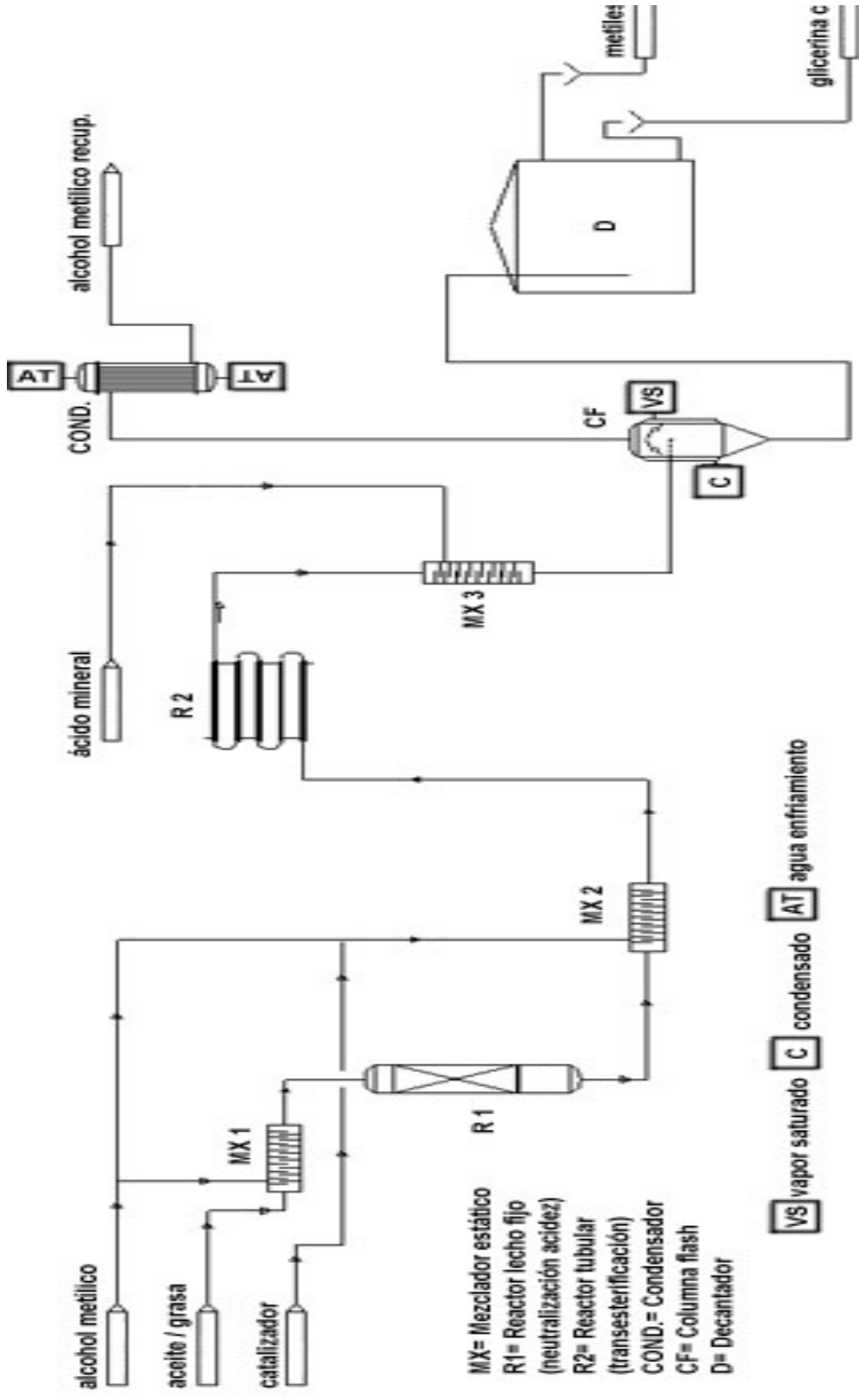
La producción del biodiesel es bien conocida y citada extensamente en la literatura y a través de diversos medios informativos. Básicamente se elabora mediante la transesterificación de grasas y aceites con alcohol metílico en ambiente básico. Los catalizadores a emplear pueden ser soda cáustica o metilato sódico, ambos en solución metanólica.

Esta es la vía actualmente empleada para producirlo, ya que es la más económica, ofreciendo entre otras las siguientes ventajas:

- Elevada conversión (98%) con pocas reacciones secundarias y reducido tiempo de reacción.
- Conversión directa a éster metílico sin pasos intermedios.
- Materiales de construcción estándar (AISI 304 y acero al carbono)

El procedimiento que se desarrollará en el presente artículo describe su producción mediante el proceso continuo. A diferencia de otros procesos comerciales existentes en el mercado el presente se caracteriza por cuanto el equipamiento de la planta es de fácil obtención y/o construcción en muchos países con capacidad para producir calderería, sin necesidad de tener que recurrir a equipos costosos, que requieren además de mantenimiento especializado (Ej., centrifugas), y los materiales para su construcción poseen reducidos costos relativos. El proceso batch es conveniente para producciones pequeñas de no más de 10.000.- (diez mil) t/año. En el mismo la reacción y la destilación del metanol en exceso es del tipo batch, la decantación es continua.

Grafica 3 Proceso de producción de biodiesel.



En el mezclador estático MX 1 se mezclan el alcohol metílico y el aceite vegetal. Este producto se hace pasar luego a través del reactor (R 1) que funciona con catalizador en lecho fijo donde se produce la reacción de esterificación de los ácidos grasos libres. La corriente proveniente de esta unidad se mezcla en la unidad estática MX 2 con el metanol necesario para la transesterificación, más un pequeño exceso del mismo, y el catalizador. Esta corriente ingresa en el reactor tubular R 2 en el cual se produce la transesterificación de los triglicéridos. El producto de la reacción, compuesto por el metilester, la glicerina, el metanol en exceso y el catalizador, debe ser neutralizado. Para ello se mezcla en la unidad estática MX 3, con un ácido mineral en la cantidad necesaria. Posteriormente en la unidad de destilación flash FC se despoja al producto de los volátiles, compuestos fundamentalmente por el alcohol metílico en exceso. Los vapores de metanol se condensan y se envían al tanque de almacenamiento, del cual será nuevamente introducido en el ciclo. El producto de fondo del evaporador flash FC, que contiene el metilester, la glicerina, sales y agua se envía al decantador continuo D, en el cual se separa el metilester del resto de los productos. La fase ligera (biodiesel) se envía al tanque de almacenaje, mientras la fase pesada (glicerina bruta) que contiene glicerina (aprox 90%) , agua y sales se envía asimismo al almacenaje. [4]

A continuación se indican los consumos específicos (valores aproximados), para la producción de 1 ton de biodiesel así como los subproductos de recuperación:

Tabla 8

ITEM	CONSUMO
MATERIAS PRIMAS Y MATERIALES	
Aceite vegetal refinado	1030 Kg.
Metanol	102 Kg.
Catalizador (metilato de sodio)	6,2 Kg.
Ácido mineral	6 kg
Glicerina bruta	112 Kg. (título: 85% min)
SERVICIOS	
Agua enfriamiento	20 m ³
Vapor de agua(a 4 bar)	350 Kg.
Energía eléctrica	50 Kwh.
Nitrógeno	3,2 N m ³
Aire instrumentos	4,8 N m ³

Consumos específicos para la producción de una tonelada de biodiesel

4.2.5. TRANSESTERIFICACIÓN DEL ACEITE:

El procedimiento más común para la producción de biodiesel es la transesterificación. Para llevar a cabo esta reacción, se mezclan en un reactor el aceite de extraído y un alcohol (metanol ó etanol generalmente), en presencia de un catalizador alcalino (NaOH ó KOH).

ACEITE VEGETAL + ETANOL ESTERES+GLICERINA

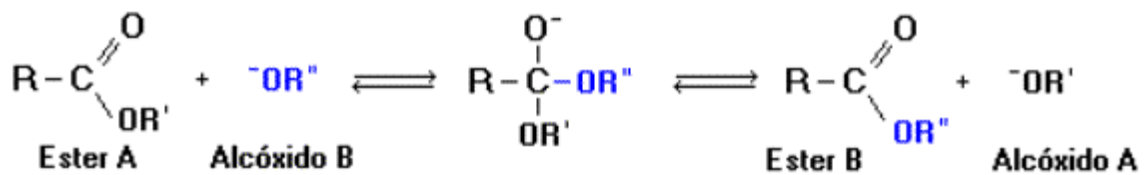
1 ton + 0.15 ton. 1.05 ton +0.1 ton

Químicamente la transesterificación rompe la molécula del aceite vegetal crudo, convirtiéndose así en un metil alcohol éster o etil alcohol éster (según el alcohol utilizado), mas glicerina, muy utilizada en la industria farmacéutica.



La glicerina se separa del éster por decantación, y este último se somete a un proceso de limpieza, para luego ser mezclado con el aceite diesel.

Un combustible ecológico que llega como una interesante alternativa al gasóleo. Se llama biodiesel y entre sus principales virtudes, permite alargar la vida del motor y reducir la emisión de gases y humos perjudiciales para el medioambiente.



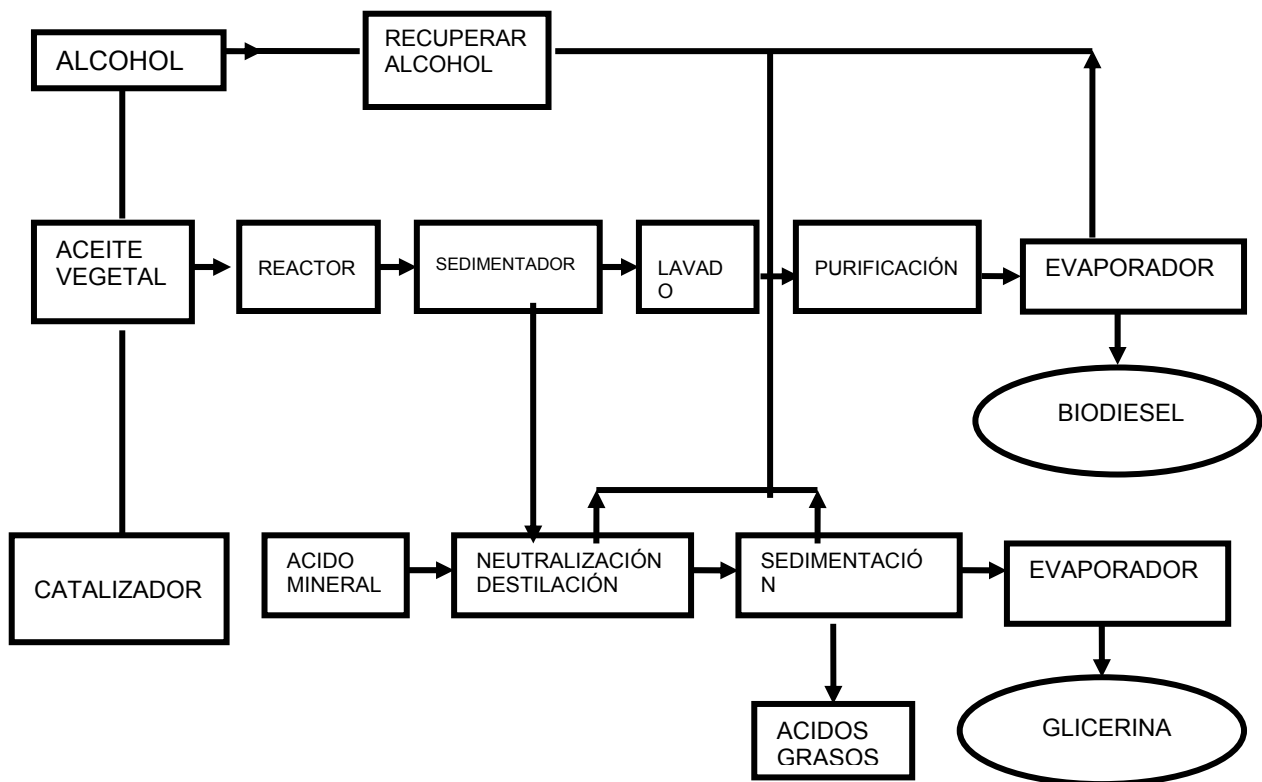
Reacción de transesterificación básica:

El agua, cabe agregar, favorece en presencia del catalizador alcalino la formación de jabones. Además, la degradación misma de un aceite produce ácidos grasos libres, y esa acidez debe ser tenida en cuenta a la hora de calcular la masa de catalizador necesaria. Los jabones son perjudiciales no sólo porque contaminan el producto final, sino porque tienden a la formación de emulsiones muy estables. Por esto, debe asegurarse la menor cantidad de agua posible durante el proceso, lo cual implica un secado del aceite (si es aceite usado), y el uso de alcoholes de más del 98,5% de pureza.

Esto es principalmente lo que torna incompetitivo al uso del alcohol etílico, ya que éste forma con agua una mezcla azeotrópica que impide una destilación de más del 96% de pureza y requiere para su purificación total una destilación con mezclas ternarias (lo que eleva el costo del alcohol etílico puro en relación al alcohol metílico).

4.2.6. PROCESO DE SÍNTESIS

Gráfica 4



Proceso de síntesis del biodiesel.

4.2.7. CONTAMINANTES DEL COMBUSTIBLE

Según un trabajo de la Universidad de Iowa, los contaminantes más frecuentes en el biodiesel incluyen materia no saponificable, agua, glicerina libre, alcohol, ácidos grasos libres, jabones, catalizador remanente o residual y productos de oxidación. Toda materia contenida en los aceites que no sea materia grasa se denomina insaponificable. Se conocen con el nombre genérico de gomas y comprende una larga lista de sustancias: polipéptidos, fosfátidos, lecitina, proteínas, mucilágenos, esteroides, hidrocarburos, etc. Al no participar en las reacciones de transesterificación, forman compuestos indeseados en el biodiesel. Esto puede alterar el funcionamiento del motor. En general, son tratados con algún ácido que luego se neutraliza junto con los ácidos grasos libres.

La presencia de agua durante la reacción es tal vez uno de los mayores focos de contaminación, ya que favorece la saponificación y no la transesterificación, produciendo jabones y mermando el rendimiento. En forma de emulsión, su presencia es indeseada en el producto final, más cabe aclarar que el agua es muy soluble en determinados ésteres, pudiendo alcanzar concentraciones superiores a las 1500 ppm. El agua así disuelta no parece presentar inconvenientes para el motor.

El biodiesel tiene la ventaja de ser muy biodegradable, pero el revés de la moneda lo constituye el hecho que justamente por esto, es muy susceptible de ser contaminado por microorganismos, más aún en lugares en que se espera pueda entrar en contacto con agua.

La glicerina libre es un producto de la reacción de transesterificación, y en general no se encuentra presente si el éster es lavado con agua (la glicerina es polar y tiene mayor afinidad por el agua). Sin embargo, puede aparecer producto de decantados cortos y malos lavados, y se sospecha podría causar depósitos en el motor.

Los glicéridos son el conjunto de monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos que pudieran existir. La utilización de un exceso de alcohol en un 100% en general

asegura su ausencia. Sin embargo, pueden presentarse tras reacciones incompletas. Los triglicéridos constituyen los aceites y lípidos en general que conforman la materia prima, por lo que en forma menos técnica, podríamos decir que éstos constituyen "el aceite que no reaccionó". El uso de aceites vegetales como combustibles en motores diesel también ha sido estudiado desde hace ya muchos años, pero en ese caso, deben adaptarse los mismos. Por ejemplo, deben ser adaptados con sistemas de calentamiento de la línea de combustible (para disminuir la viscosidad del aceite), y debe ajustarse el sistema de inyección. En motores no preparados, la presencia de aceites puede llevar a la aparición de depósitos y otros problemas.

Los ácidos grasos libres y los jabones son compuestos relacionados. En general el biodiesel es producido utilizando un catalizador como el metóxido de sodio, hidróxido de sodio o hidróxido de potasio. Cualquier ácido graso presente reaccionará con el catalizador en presencia de agua para formar jabones. Éstos suelen ser removidos en la etapa de lavado, aunque su presencia en exceso dificulta enormemente ésta etapa. Durante el funcionamiento del motor, el metal proveniente del jabón o catalizador puede formar cenizas.

Resulta prudente hacer una breve explicación del proceso de autooxidación del biodiesel. Éste proceso no se da por la presencia de contaminantes, sino por la naturaleza misma de los ácidos grasos constitutivos, pero vale aclarar los inconvenientes que conlleva.

4.2.8. EMISIONES GASEOSAS

No pudieron ensayarse niveles de gases de combustión (Oxidos de Nitrógeno, NO_x , Oxidos de azufre, SO_x , Monóxido de Carbono CO , Dióxido de carbono CO_2 , etc), pero la bibliografía cita en general los siguientes valores:

Tabla 9

	B100	B20
Combustible no quemado	-93%	-30%
CO	-50%	-20%
Partículas sólidas	-30%	-22%
Óxidos Nitrosos	13%	2%
Azufre	-100%	-20%
PAH	-80%	-13%
nPAH	-90%	-50%
SMOG POT.	-50%	-10%

Reducción de gases (base gasoil=0)⁸

Algunas publicaciones citan reducciones en el nivel de óxidos de nitrógeno, aunque en general se asume que la utilización de biodiesel suele llevar aparejado un aumento de éstas emisiones. Los óxidos de azufre en general se encuentran ausentes, dado que el biodiesel no contiene azufre. El azufre es un inhibidor catalítico, y su ausencia permite el uso de catalizadores efectivos en el tratamiento de gases como el óxido de nitrógeno.

4.2.9. LUGARES DONDE SE USA

Muchos países ya han adoptado el biodiesel por diversos motivos, como su aumento significativo en el poder de lubricación. Se encuentra registrado como combustible y como aditivo para combustibles en la Agencia de Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Agency, E.P.A., EE.UU.) En Europa, prácticamente cualquier automóvil producido a partir de 1996 es apto para el uso de biodiesel puro. Francia mezcla un 5 % de biodiesel como aditivo en los

combustibles de todas las estaciones de servicio del país, y en la República Checa, el porcentaje de "Bio-Naphta" es del 30%. Alemania, Austria y otros países de Europa Central usan BD puro. En Italia según Choo et al.³, se utilizaba en 1991 en motores IVECO en 72 micros, en unas 19 ciudades, en una prueba de campo que implicó unos 520,000 km. de prueba. En EE.UU. se venden mezclas de biodiesel, y diversas flotas de transporte terrestre lo utilizan. También es utilizado en minería y en el sector marino. Japón presente interés en su producción y uso. En Alemania se comercializa en más de 350 estaciones de servicio, siendo normal su uso en los cruceros turísticos que navegan sus lagos. En los EE.UU., su uso se encuentra ampliamente difundido, y su crecimiento durante los últimos años ha sido exponencial. Actualmente, flotas de transporte público de diversos estados han adoptado el biodiesel en mayor o menor medida.

Obviamente, debido al uso exhaustivo del gasoil en el campo (a nivel mundial), el biodiesel se ha instalado en gran medida en el sector agropecuario. Tal es así, que diversas marcas de maquinaria agrícola (John Deere, por citar uno), extienden actualmente las garantías a su maquinaria para cubrir el uso de las mismas con biodiesel en cualquier proporción.

4.3 COMPARATIVO EMISIONES DEL ACEITE DIESEL Y EL BIODIESEL

El aceite diesel o ACPM (Aceite Combustible Para Motores Diesel), es un destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, en tal forma que su índice de metano, el cual mide la calidad de ignición, sea de 45 como mínimo.

Las principales emisiones generadas por los sistemas de compresión - ignición (máquinas diesel), son:

- Hidrocarburos (HC)

- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Partículas (Pt)
- Oxidos de Azufre (SO_x)
- Dióxido de Carbono (CO₂)

El ciclo biológico en la producción y el uso del Biodiesel reduce aproximadamente en 80% las emisiones de anhídrido carbónico, y casi 100% las de dióxido de azufre. La combustión de Biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemado, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos.

El Biodiesel, además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono, que el diesel de petróleo. Biodiesel proporciona un leve incremento o decremento en óxidos de nitrógeno dependiendo del tipo motor. Distintos estudios en EE.UU, han demostrado que el biodiesel reduce en 90% los riesgos de contraer cáncer.

El Biodiesel contiene 11% de oxígeno en peso y no contiene azufre. El uso de biodiesel puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diesel de petróleo, mientras el consumo, encendido, rendimiento, y torque del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales.

Los olores de la combustión en los motores diesel por parte del diesel de petróleo, son reemplazados. El Biodiesel es seguro manejar y transportar porque es biodegradable como el azúcar, 10 veces menos tóxico que la sal de la mesa, y tiene un flash-point de aproximadamente 150° C comparado al diesel de petróleo cuyo punto de combustión es de 50° C.

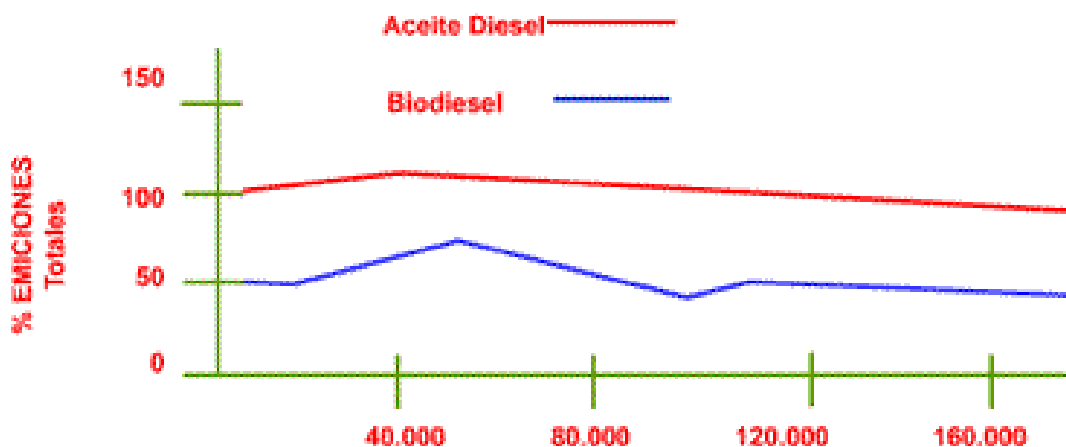
El Biodiesel puede hacerse a partir, de cultivos autóctonos del país, con los consiguientes beneficios de ingresos y dinero para la economía nacional.

4.3.1 COMPARACIÓN PROMEDIADA DE LAS EMISIONES DEL BIODIESEL MEZCLADO Y EL ACEITE DIESEL

Los estudios realizados para comparar las emisiones del biodiesel y el aceite diesel los llevaron a cabo la Universidad de Idaho y la compañía alemana Mercedes Benz en 1994. Los ensayos realizados fueron con mezclas al 20% de RME (Rasped Metil Ester), PME (Palma Metil Ester) y SBME (SoybeanMetil Ester), mientras que el combustible utilizado por la Mercedes Benz fue una mezcla al 20% de RME. De éstos estudios se concluyó lo siguiente: los niveles de hidrocarburos se pueden llegar a reducir con el biodiesel hasta en un 47%, el monóxido de carbono en un 12%, el dióxido de carbono en un 50%, las partículas o smoke en un 72% y los óxidos de azufre en un 99%; el estudio demostró en cambio que los óxidos de nitrógeno aumentaron hasta en un 6%, con el uso de biodiesel en comparación con el aceite diesel.

Emisiones Producidas por un auto Mercedes Benz cada 40.000 km recorridos, utilizándose como combustible RME al 20% y aceite diesel. (Las emisiones del aceite diesel equivalen al 100%).

Gráfica 5



Comparativo entre Aceite Diesel y biodiesel.

4.3.2. COMPARATIVO DE LA PRODUCCION DEL BIODIESEL Y USO COMO SUSTITUTO FOSIL

El biodiesel no es sin embargo un desarrollo novedoso. En Europa se ha utilizado por más de veinte años, y su uso se ha difundido actualmente por todo el mundo a una velocidad increíble.

Entre sus muchas ventajas, podemos citar su impacto notorio en la reducción de emisiones gaseosas nocivas producto de la combustión. Además, posee excelente poder de lubricación, lo que permite su utilización como aditivo lubricante. A esto debemos sumar la posibilidad de utilizarlo en mezclas con gasoil común en cualquier proporción, así como su elevada biodegradabilidad, y su rendimiento comparable al del gasoil derivado de petróleo.

Sin embargo, Rudolph Diesel (inventor del motor diesel), ya utilizaba aceite de maní en sus motores (como demostró en la exposición de París de 1930), y cabría preguntarse el porqué del uso de un éster, que implica un valor agregado sobre el aceite.

La respuesta radica principalmente en la adaptabilidad del biodiesel, que no sólo presenta una viscosidad mucho menor a la del aceite, sino también la posibilidad de utilización directa en motores diesel (de inyección directa u indirecta), sin más modificaciones que las que representan unos pocos recaudos.

4.4 PERSPECTIVAS ECONÓMICAS

La molienda de granos de oleaginosas en la Argentina arrojó un volumen de producción de 22.3 millones de toneladas para el año 2004. Esto representa aproximadamente el 84% de la capacidad de molienda instalada, lo que deja ociosa un 16% de la misma. Según Monsanto et al, siguiendo el trabajo de Ugolini

(2000), esta capacidad alcanzaría para satisfacer el 42% de la demanda si se proyectara abastecer la totalidad del consumo nacional de gasoil por BD20.

Resultará interesante actualizar la proyección de una planta productora de biodiesel de 33,000,000 de litros al año, diseñada por Ugolini (2002). Desde la citada publicación, se ha exento al biodiesel de diversos impuestos, y por otro lado, el precio del aceite se ha incrementado siguiendo el valor del dólar.

Tabla 10

Venta Subproducto	Cantidad	Pr. U.	Total
Glicerina	3,399,000 tl	1.8	\$ 6,118,200
Ácidos Grasos	429,000 kg	0.48	\$ 205,920
Biodiesel	33,000,000 tl	0.37	\$ 12,210,000
Total de Ventas			\$ 18,534,120

Tabla 11

Costos Impositivos	Tasa	Total
Imp inmobiliario	EXCENTO	\$ -
Imp a los activos	DEROGADO	\$ -
Ing Brutos	EXCENTO	\$ -
Total Impuestos		\$ -

Tabla 12

Costo Op.	Cant	Pr. U.	Total (\$/año)
MeOH	3,564,000 lt	0.3	\$ 1,069,200

*EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*

NaOH	49,500 kg	0.5	\$ 24,750
Mano de Obra	5 p	1000	\$ 60,000
Aportes prev.			\$ 27,600
Energía (kW/h)	297,000 ton	0.04	\$ 11,880
Vapor (tns)	16,500 ton	10	\$ 165,000
Agua refrig.			\$ 52,000
Mantenimiento			\$ 138,000
Seguros			\$ 90,000
Compra aceite	33,264 ton	300	\$ 9,972,200
Tot. Costo Op.			\$ 11,617,630

Tablas 10,11,12, análisis perspectivas económicas

Sobre la base de los datos del trabajo el interés para el 1er. año es del 15% sobre el total de la deuda a dicha fecha, o sea 15% s/ \$ 6,000,000, suponiendo que el desembolso del préstamo haya sido realizado al inicio del ejercicio económico analizado. Este costo financiero irá disminuyendo a través de los años en base a la forma de amortización del préstamo.

De todas formas la deducción del interés dependerá del sistema de amortización adoptado (alemán, francés, sinking-fund, etc.), ya que para cada caso habrá que determinar cuál es la cuota de interés contenida en la cuota de servicio desembolsada.

De otro modo (al cabo de diez años, cuando caduque la ley de incentivos al biodiesel), el impuesto inmobiliario ascenderá a \$60,000 y el Impuesto a Ingresos Brutos ascenderá al 1% sobre ventas, o sea, \$185,241.20

Tabla 13

Costo producción BD c/ capital genuino	
Costo montaje planta industrial	6,000,000.00
Amortización 10 años	600,000.00
Interés sobre capital	900,000.00
Administración y ventas	1,833,000.00
Otros Gastos	3,333,000.00
Costos Totales	14,950,630.00
Resultado Antes de Ign	3,583,490.00
Ign	1,254,221.50
Resultado Final 1er Ej económico	2,329,268.50

Impuestos a 10 años ingresos brutos

La construcción de la planta se financia con un crédito a 10 años con el 15% anual de intereses. En este modelo los costos operativos se realizan con capital genuino.

Tabla 14

Costo Neto Producción del Ester	
Venta glicerina y ácidos grasos	\$ 6,324,120
Costo total de producción	\$ 16,204,852
Costo a imputar para el éster	\$ 9,880,732
Costo por litro	\$ 0.299
Venta salida de planta +20%	\$ 0.359
Renta Anual	1,976,146

Tabla 15

Ingresos de la planta (densidades = 1)	Kg.
Aceite de Soja	33,264,000 kg
MeOH	3,564,000 It
Total	36,828,000 ton

Tabla 16

Egresos de la planta	
Glicerina	3,399,000 lt
Ácidos grasos	429,000 kg
Biodiesel	33,000,000 lt
Total	36,828,000 lt

Sobre un costo anual de 16.000.000 se obtiene un beneficio de \$1.976.164, o sea una renta anual próxima al 12% (incluye amortización de la planta). Al precio de venta del biodiesel a la salida de la planta se le asigna un 20% de margen sobre el costo.

Tabla 17

	BD 100 s/ imp.	BD20 s/ imp.
Precio de Venta del Biodiesel		
Precio a la salida de la planta	\$ 0.359	
Ingresos Brutos (3%) EXCENTO	\$ -	
IVA (21%)	\$ -	
Flete (10%)	\$ -	
ITC EXCENTO	\$ -	
Margen Est. de Expendio (10%)	\$ 0.036	
Precio de Venta del Biodiesel	\$ 0.395	
80% Gas oil de 0,89 \$/lt		\$ 0.71
20% BD		\$ 0.08
Precio de Venta del Biodiesel		\$ 0.79

Debe aclararse que dicho cálculo se ha hecho asumiendo un precio del aceite de 300 pesos por tonelada, lo que puede haber sido cierto hasta hace unos meses, pero se encuentra muy alejado de la realidad actual.

En todo caso, podría decirse que la proyección de la planta de transesterificación se ha diseñado siguiendo precio internacionales.

Si se toma el precio actual del aceite, el precio del producto final rondaría cerca del \$1,60 para el BD100, lo que lo torna excesivamente caro para el mercado local, aún frente al aumento de casi el 100% que ha sufrido el gasoil en el primer semestre del año.

Es interesante recalcar que el biodiesel puede tener (y a menudo tiene) un precio en planta superior al del gasoil, pero que la gran carga impositiva impuesta por muchos países sobre los demás combustibles le permite en general adquirir un precio competitivo.

RELACIÓN DE COSTOS (Establecimiento de 3ha de Higuierilla en Tenjo – Cundinamarca)

Tabla 18

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Valor Total</i>
1	Análisis de suelos	Muestra	3	80.000	240.000
2	Estudio factibilidad	Gb	1	210.00	210.000
Subtotal 3.....					450.000

Costos Preliminares establecimiento 3ha de Higuierilla

Tabla 19

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Valor Total</i>
1	Semilla Industrial	Kg.	12	35.000	420.000
2	Adecuación Suelo (microrrizo+riso spp. EMP)	Lt.	50	2.000	100.000
3	Mano de obra no calificada	Jornal	8	20.000	160.000
4	Mano de obra calificada	Día	3	50.000	150.000

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

SUBTOTAL 2 \$ 830.000

Costos Siembra establecimiento 3ha de Higuierilla

Tabla 20

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Valor Total</i>
1	Mano de obra calificada	Mes	5	50.000	250.000
2	Mano de obra no calificada.	Jornal	5	20.000	100.000
Subtotal 3					\$ 350.000

Costos Mano de Obra establecimiento 3ha de Higuierilla

Tabla 21

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Valor Total</i>
1	Mano de obra calificada	Día	3	50.000	150.000
2	Mano de obra no calificada	Jornal	8	20.000	160.000
3	Transporte	Día	4.5	50.000	150.000
Subtotal 4					\$ 460.000

Costos Mano de Obra Recolección 3ha de Higuierilla

Total (Subtotal 1+2+3+4): **\$2.090.000**, El valor total para establecimiento de 3ha es de dos millones noventa mil pesos moneda corriente.

Tabla 22

<i>Item</i>	<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Valor Unit.</i>	<i>Valor Total</i>
1	Venta semilla	Ton	4.5	650.000	2.925.000
Subtotal 4					\$ 2.925.000

Relación Ingresos 3ha de Higuierilla

Análisis Económico:

En los primeros seis meses, se obtendría un margen de ganancia de \$835.000, para el segundo período si se realiza el análisis a precios constantes la ganancia sería de \$1.285.000, ya que no se asumirían los costos iniciales de análisis de suelo ni el estudio de factibilidad.

Por año que es la duración del cultivo en producción se obtendría una ganancia de \$2.120.000 (Dos millones ciento veinte mil pesos)

Estos valores se presentan asumiendo que el cultivo de Higuierilla en estas condiciones tenga 1.5 toneladas de semilla por hectárea, suponiendo otro escenario donde se obtengan solo 1 toneladas por hectárea, las utilidades disminuirían en gran porcentaje, así en la primera cosecha se obtendría \$1.950.000, donde habría una pérdida de \$140.000 (ciento cuarenta mil pesos), para la segunda cosecha se obtendría una ganancia de \$350.000.

En conclusión la inversión estaría sujeta a la cantidad de semilla que se obtenga por hectárea (Se espera 1.5 ton/ha, pero se puede cosechar solo 1ton/ha lo que limitaría el margen de ganancia), y determinar este valor no es posible en la actualidad, ya que no se encuentran cultivos en las mismas condiciones climáticas, por lo cual existe un riesgo en el comportamiento y producción de la plantación.

4.4.1. PERSPECTIVAS DE COMERCIALIZACIÓN

El ricino, Ricinus Communis L. se encuentra en regiones geográficas muy diversas, sobre suelos variados y principalmente en climas tropicales y subtropicales. Existen numerosas variedades de ricino: de granos negros, rojizos o manchados. En algunas regiones, un mismo cultivo puede tener diferentes variedades. Actualmente se hacen esfuerzos para cultivar híbridos cuyos granos tienen hasta un 50% de aceite y mejorar las condiciones agronómicas a fin de aumentar los

rendimientos. Estos varían considerablemente. En 1978, en Brasil, el rendimiento medio era de 905 Kg/Ha. Posteriormente, en 1981, descendió hasta 682Kg/Ha. En la India, de 572 Kg/Ha promedio en 1978, cayo 529Kg/Ha en 1981.

En Brasil y la india son los principales productores de ricino. En 1981, el Brasil produjo 122.000 toneladas de aceite, e India 90.000 toneladas, equivalentes al 62% de la producción mundial, evaluadas en 340.000 toneladas. Las producciones sumadas de la Republica popular de China, la Unión Soviética y Tailandia representan 23% del total. El resto proviene del Uruguay, Pakistán, Filipinas, algunos países de África y otros países.

- **La producción y el comercio mundial del aceite de ricino**

La producción mundial del aceite de ricino aumento considerablemente, entre 1946 y los años 60. Desde entonces, es relativamente estable. Las previsiones mundiales para 1983 son de 866.000 toneladas de granos, que representan 370.000 toneladas de aceite. Puede resultar extraña esta relativa estabilidad del aceite de ricino, cuando la producción global de otros aceites vegetales ha aumentado de 10.5 millones de toneladas en 1946, a 23 millones en 1968 y a 43 millones de toneladas en 1981. En estos últimos quince años, mientras el consumo de aceite de ricino permanecía estable, la producción de otros aceites vegetales se multiplicaba más o menos por dos.

El comercio mundial de aceite de ricino permanecía estático. Sin embargo, la estructura de importaciones se modificaba de maneras significativas.

Hasta los años 70 los productores exportaban principalmente los granos hacia los países industrializados, donde los granos eran triturados y el aceite empleado. Luego, se instalo progresivamente, en los países en desarrollo, fábricas de extracción, y hoy, estos países exportan aceite en vez de granos. En este momento, menos del 15% del aceite de ricino utilizado en los países industrializados es extraído en esos países, el resto es importado. Los Estados

Unidos no disponen en su territorio de ningún fabricante. Entre los países importadores industrializados, solo el Japón dispone de instalaciones de extracción de una capacidad correspondiente a la mitad de sus necesidades. Las importaciones totales de aceite y granos (en términos de aceite) en los países industrializados (excepto Unión Soviética) eran de 200.000 toneladas/año, hasta los mediados de los años 70, de 192.000 toneladas en 1976, de 142.000 toneladas en 1980 y solo de 135.000 toneladas en 1982. estas últimas cifras son probablemente la consecuencia de la depresión económica mundial, más que la indicación de una tendencia a largo plazo.

Afortunadamente para los países productores, la URSS llegó al mercado como gran importador hacia mediados de los años 70, en el momento preciso en que los países occidentales industrializados reducían sus importaciones. Durante todos estos años la URSS ha aumentado sus importaciones a un ritmo de 50.000 toneladas/año, de tal suerte que el comercio global mundial permanece prácticamente estable, con una media aproximada de 185.000 toneladas/año.

De las 370.000 toneladas de aceite de ricino correspondientes a la producción prevista para 1983, se estima que 165.000 toneladas serán exportadas como aceite. Según estos cálculos, 250.000 toneladas de aceite quedarían en los países que las produjeron.

Se estima que las exportaciones del Brasil se elevarán a 95.000 toneladas en 1983, dejando alrededor de 45.000 toneladas en el país. Para la India las exportaciones deberán alcanzar 50.000 toneladas y 45.000 toneladas quedarán en el país. La Unión Soviética es un importador neto y la totalidad de su producción es utilizada localmente; la República Popular China utiliza prácticamente toda su producción de aceite de ricino. A estos dos países corresponde la parte más grande del saldo de aceite producido y no exportado.

En India y Brasil, una parte del aceite no exportado sirve para la fabricación de derivados de aceite de ricino destinados a la exportación. Para darse una idea exacta del comercio mundial de aceite de ricino, hay que sumar las exportaciones de productos derivados, a las exportaciones de aceite crudo.

- **Los efectos de la transferencia de tecnología sobre el comercio mundial de aceite de ricino**

La sustitución de la exportación de granos por la exportación de aceite no ha sido el único cambio que ha afectado las estructuras del comercio mundial. El segundo gran cambio proviene del hecho que ciertos derivados del aceite de ricino, principalmente el aceite de ricino hidrogenado (HRH) y el ácido 12 Hidroxy-esteáricos (12H) que, hace aún diez, doce años eran fabricados exclusivamente en los países industrializados, comenzaron a ser fabricados en Brasil primero e India después.

El Brasil no dispone sino de pequeños excedentes, una vez que se ha deducido la cantidad de aceite a ser transformada en derivados. Estos excedentes representan sin embargo una cierta cantidad de aceite, si se comprara la situación actual a aquella de hace uno o dos años, cuando el Brasil importaba granos del Uruguay para completar su propia producción. En la India, una gran cantidad de aceite de ricino es hidrogenado y deshidroxilado para ser utilizado en las industrias jaboneras. Siendo que el precio de venta del aceite así tratados es casi tres veces más elevado que el precio del aceite sin tratar en el mercado mundial, la sustitución (exportar aceite tratado en lugar de crudo) no admitiría duda en parte alguna, salvo en India. Pero en un sistema económico tal, que busca ante todo economizar divisas, esta sustitución aparece como económicamente tolerable.

Se prevé que los países industrializados (Europa Occidental, EEUU y Japón) importarán en 1983, 115.000 toneladas de aceite crudo, más 32.000 toneladas de

derivados en términos de aceite, o sea un total de 147.000 toneladas. Estas cifras, sin embargo, son muy inferiores a las 200.000 toneladas de aceite (incluyendo los granos en términos de aceite) que los países industrializados importaban anualmente hace diez años. Sin las importaciones de aceite de la ORSS, la industria no se encontraría en una fase de estacionamiento, sino probablemente, en una situación más grave.

- **¿El precio del aceite de ricino: una disuasión para el desarrollo de su utilización?**

La composición en ácidos grasos del aceite de ricino lo convierte en un producto único: en efecto, contiene hasta un 90% de ácido ricinoleico. Este presenta para la industria química una materia prima del más alto interés, y se debería haber esperado un crecimiento de la demanda. Pero a causa de su elevado precio, ha sucedido lo contrario. Que esto se deba a los bajos rendimientos en el cultivo del ricino ó a otros factores, no se puede negar que actualmente, el aceite de ricino es uno de los más caros en el mercado. En numerosos sectores de la industria, es a menudo remplazado por otros aceites vegetales y materias primas. En 1970, el precio promedio del aceite de coco, generalmente considerado como uno de los aceites más caros, era de US \$ 319 tonelada, cuando el ricino era de US \$ 306 tonelada (ambos CIF Rotterdam). A principios de 1983, el aceite de coco estaba a US \$ 530 tonelada y el aceite de ricino a US \$ 865 tonelada, después de haber oscilado entre US \$ 900 y US \$ 1.000 la tonelada durante casi todo el año de 1982. Para hacer una comparación, a principios de 1983, el aceite de soya costaba US \$ 360 tonelada y los ácidos grasos de "tía-oil" US \$ 440 tonelada (ambos en EE.UU). Estos dos productos son principales sustitutos del aceite de ricino en la industria de revestimientos.

- **Las perspectivas del aceite de ricino.**

La situación actual no es satisfactoria ni para los productores de los países en desarrollo, ni para los consumidores de los países industrializados. Si la contracción de la demanda continúa acentuándose, provocará la formación de excedentes en los países productores, así como la disminución de la superficie plantada en ricino, ocasionando un alza de precios. Actualmente se hacen esfuerzos para aumentar los rendimientos, remunerar mejor a los productores y bajar los precios. Sin embargo, es posible que los precios no bajen sin la intervención de las agencias Gubernamentales de los países productores. Los países consumidores reclaman un mejoramiento de los rendimientos y una disminución en los precios, pero harán falta muchos años para lograrlo.

A pesar de esto, algunos pretenden que son los precios de los demás aceites los que están bajos hoy y que los productores están, mal remunerados. Para confirmar este argumento, se refieren al índice de precios de todos los aceites vegetales en precios constantes, revisados en función de la inflación mundial. En 1970, el índice de estos precios era de 155 puntos para los aceites vegetales, de 85 puntos solamente en 1981, y el índice provisional para 1982 es aún más bajo. Según esta argumentación, no hay ninguna razón para hacer bajar los precios del aceite de ricino. Hasta tanto este precio no aumente más rápido que la inflación, los productores y los consumidores deben sentirse satisfechos. Además, aún si los precios fueron inferiores en un 20 ó 30% que los precios actuales, los mercados perdidos por la sustitución de aceite de soya, de ácidos de "tall -oil" y otros productos más baratos, no serían recuperados. El aceite de ricino es irremplazable en un cierto número de aplicaciones, a causa de la estructura química única del ácido ricinoléico. Parece que la contracción de la demanda ha alcanzado su punto más bajo y que probablemente no se acentuara más. Este nivel mínimo es determinado precisamente por las aplicaciones del aceite de ricino en las cuales no pueden ser reemplazado, por lo menos en un futuro previsible. Todavía según esta argumentación, la situación actual con este sistema de precios elevados, presenta por lo menos la ventaja de mantener los precios suficientemente estables

y volver improbable el regreso de periodos con fuertes fluctuaciones de los precios.

Para evaluar el porvenir de la industria del aceite de ricino, es necesario determinar los sectores de la industria para los cuales el aceite de ricino es irremplazable y aquellos en los cuales la demanda puede disminuir.

Pero se puede preguntar durante cuanto tiempo más se podrá considerar el aceite de ricino como irremplazable. La industria química e incluso la industria en general, están llamadas a evolucionar. La bio-tecnología permitirá un día fabricar productos competitivos.

Se informó, que se puede obtener ácido ricinoleico a partir del hongo *Claviceps purpúrea* y un ácido C16 di .hidroxy a partir de *Claviceps subcata*. La bio –tecnología permitiría igualmente producir ácidos di –básicos. La producción de ácido sebácico di-básico a partir del aceite de ricino está entonces, amenazada. Pero como la bio –tecnología está todavía en sus primeros pasos y serán necesarias aún quince años o más para que los descubrimientos de los laboratorios sean comercializados, no parece que los productos bio –tecnológicos presenten un peligro inmediato para el ácido ricinoléico.

Tabla 23

PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE RICINO EN LOS PRINCIPALES PAISES INDUSTRIALIZADOS QUE NO CULTIVAN EL RICINO. (1.000 Ton.)				
	1983	1985	1990	2000
HRH y 12H	42	43	46	68
HRD, AHRD, Aceites soplados y calentados.	37	37	39	41
Ácido sebácico.	23	20	10	10

Ácido undecilénico y heptanóico.	32	36	42	56
Productos sulfatados.	17	17	16	15
Otros (Uretanos y productos en desarrollo)	21	22	24	30
TOTAL	172	175	177	220

- **Análisis de perspectivas de mercado**

El mercado general de los derivados del aceite de ricino, después de haberse contraído en forma significativa durante los últimos quince años, parece haber llegado a su punto más bajo. La demanda por ciertos derivados, como HRH, el ácido 12 -H y el ácido undecilénico, va sin duda a aumentarse, con pequeñas alzas anuales, mientras que otros productos, como el ácido sabático, va a disminuir. Este estudio describe una industria que ha alcanzado un estado de madurez y cuyas perspectivas de crecimiento son mínimas, aunque existe; del lado de los países en desarrollo, para los años 90 y para los productos en estado experimental.

Si el precio del aceite de ricino disminuyera en un 25% ó más, paralelamente a la disminución de los otros aceites vegetales, a causa de una mejora en los rendimientos o por otra razón, se podría prever un crecimiento acelerado de la demanda.

- **Diagnostico y estrategia de negociación de la Cadena de semillas Oleaginosas, Aceites y Grasas en la OMC y el ALCA.**

El contenido de este punto de la presente monografía tiene por objeto analizar las oportunidades y amenazas para los productos de la cadena de las semillas oleaginosas, aceites y grasas, en el marco de las negociaciones de la Organización mundial de comercio, OMC, y del acuerdo de libre comercio de las Americas, ALCA, con el fin de proponer al gobierno Colombiano una estrategia de negociación en dichos foros, que conduzca a la consolidación de este importante sector productivo de la economía del país, y a su inserción adecuada tanto en el comercio hemisférico como en el Mundo.

- **Diagnostico nacional e internacional**

La cadena de oleaginosas, grasas y aceites está conformado por un conjunto disímil de materias primas agrícolas y pecuarias -, procesos y productos. Las materias primas agrícolas están compuestas por cultivos transitorios tales como soya, algodón, girasol, colza, ajonjolí y maíz, y cultivos permanentes como palma de aceite cocotero. Las materias primas pecuarias están representadas por el pescado, el cerdo y los bovinos. De ellas se obtienen aceites crudos y refinados, como la de soya, palma palmiste, girasol, ajonjolí, algodón, colza, maíz y pescado; grasa sólidas, que incluyen las margarinas, los aceites hidrogenados y las mantecas; tortas y harinas oleaginosas, como las de soya, algodón, palmiste, girasol, etc., para la alimentación humana y, para la fabricación de alimentos balanceados para animales; y sebos bovinos y estearinas que se utilizan en la industria de jabones.

Además de los encadenamientos que tiene esta cadena con otros circuitos productivos, su importancia radica en su contribución a la dieta alimenticia de los colombianos, pues participa con el 4,6% del consumo del alimento de los hogares, en su aporte al producto agroindustrial, entre 9,74 y 15% en los últimos 15 años, a la generación de empleo, entre 9,1 y 10,2% del total agroindustrial del mismo periodo, y en su contribución al valor de la producción agropecuaria nacional, entre 2,3 y 3,9% en los últimos doce años.

La producción de oleaginosas en el país registra dos desempeños radicalmente diferentes: mientras que el área sembrada con semillas oleaginosas soya, algodón, ajonjolí, maní se ha contraído sustancialmente, la plantada con palma de aceite ha aumentado de manera notable. En efecto, mientras la participación de las oleaginosas semestrales en el valor de La producción “Estudio de Diagnostico y Estrategia de Negociación para el Tratamiento de los Productos de la Cadena de Semillas Oleaginosas, Aceites y Grasas de Colombia en las Negociaciones Agrícolas del Pais en la OMC y el ALCA”

COMERCIALIZACIÓN (Producción de ricino en Tenjo Cundinamarca).

En el mercado nacional la venta de aceite de Ricino se ha concentrado dentro del mercado como aditivo en plásticos y lubricante de turbinas para avión, dicha comercialización se esta realizando con mercados internacionales es decir aceite importado de ecuador principalmente, el precio actual es de \$3.500.000 por cada 55 galones de aceite, en promedio estos se pueden obtener por hectárea, sin embargo el costo de la maquinaria es elevado, no compensa con la extensión de área a cultivar, sin embargo, se encuentra un comercio abierto para las semillas, con un valor promedio de \$650.000, por tonelada.

El comercio de la semilla o el aceite es un mercado abierto, por lo cual casi se puede garantizar que la producción de la misma tiene un mercado asegurado en cualquiera de las dos modalidades.

4.5 VENTAJAS

Los beneficios que ofrece la producción de la higuera en Colombia son amplios. Algunos de ellos son:

- Generar mano de obra campesina, ya que el cultivo es de fácil implementación, barato y la planta crece en zonas marginadas. El beneficio social es grande porque en parcelas modestas, de dos o tres hectáreas, la planta se puede cultivar y se convierte en una importante herramienta para el sustento familiar del campesino colombiano.
- Disminuir el nivel de dióxido de carbono (CO_2), ya que para fabricar el aceite, la planta toma el dióxido del aire y mediante fotosíntesis lo convierte en aceite, lo cual regula la contaminación.
- Usar abonos más efectivos, puesto que la torta de higuera resulta un excelente nutriente para los cultivos, los cuales podrán venderse como productos orgánicos ya que no utilizan fertilizantes. Los aportes que le hace la torta de higuera al suelo, resultan tres veces más ricos que la gallinaza y seis veces más ricos que el estiércol.

El biodiesel presenta una larga variedad de ventajas, que será útil enumerar:

- No requiere mayores modificaciones para su uso en motores diesel comunes.
- Es obtenido a partir de aceites vegetales, totalmente renovables.
- Permite al productor agropecuario autoabastecerse de combustible.
- Permite a países agrícolas independizarse de los países productores de petróleo.
- Tiene un gran poder de lubricación y minimiza el desgaste del motor.

- Presenta un menor nivel de emisiones gaseosas de combustión nocivas.
- Su rendimiento en motores es similar al del gasoil derivado de petróleo.
- Puede utilizarse en mezclas con gasoil común en cualquier proporción.
- No requiere cambios de infraestructura para su adopción.
- No altera sustancialmente el torque o el consumo.
- Reduce en gran medida los humos visibles durante el arranque.
- Posee una gran biodegradabilidad, comparable a la de la dextrosa.
- Es aproximadamente diez veces menos tóxico que la sal común de mesa.
- Su transporte y almacenamiento es más seguro dado su alto flash point.
- Puede producirse a partir de cultivos abundantes en el país, como la soja.
- Ya ha sido probado satisfactoriamente por más de 20 años en Europa.
- No contiene azufre, y permite el uso de catalizadores.
- Los proyectos de inversión asociados son una buena fuente de empleos.
- Se encuentra exento en el país de varios impuestos por el plazo de 10 años.
- El olor de combustión asemeja el olor a fritura, a diferencia del olor del gasoil.

Los beneficios que ofrece la producción de la higuierilla en Colombia son amplios. Algunos de ellos son:

- Generar mano de obra campesina, ya que el cultivo es de fácil implementación, barato y la planta crece en zonas marginadas. El beneficio social es grande porque en parcelas modestas, de dos o tres hectáreas, la planta se puede cultivar y se convierte en una importante herramienta para el sustento familiar del campesino colombiano.
- Disminuir el nivel de dióxido de carbono (CO₂), ya que para fabricar el aceite, la planta toma el dióxido del aire y mediante fotosíntesis lo convierte en aceite, lo cual regula la contaminación.

- Usar abonos más efectivos, puesto que la torta de higuera resulta un excelente nutriente para los cultivos, los cuales podrán venderse como productos orgánicos ya que no utilizan fertilizantes. Los aportes que le hace la torta de higuera al suelo, resultan tres veces más ricos que la gallinaza y seis veces más ricos que el estiércol.

4.6. RECOMENDACIONES

- **Técnicas**

1. Procedencia de la semilla Ecuador.
2. Siembra a 1.2*1.2 metros en surcos con una profundidad de 0.5cm.
3. Siembra de dos semillas por hoyo.
4. Aplicar en la siembra 10Kilos de cal, por hoyo en el momento de la siembra, con el fin de corregir acidez.
5. Aplicar un activador de relaciones micro-orgánicas en el suelo, ya que presenta todos los nutrientes, pero debe mejorar relaciones, cantidad 15 litros aproximados por hectárea.
6. Realizar un monitoreo mensual para verificar el estado de la plantación, sanidad y crecimiento.
7. Realizar recolección manual, por ser un área pequeña y una densidad de siembra no muy alta.
8. Ubicar los cultivos en las zonas de vida adecuadas con el fin de determinar una mejor producción de este cultivo.

5. CONCLUSIONES

- El biodiesel representa una alternativa extremadamente útil para un país agrícola como Colombia
- Su aplicación comercial a gran escala no implica inversiones extras en adaptación, genera puestos de trabajo, y puede llegar a ser económicamente rentable.
- Las bajas emisiones de combustión convierten al biodiesel en una alternativa atractiva para ciudades con problemas de contaminación severos, o ambientes frágiles (como Parques Nacionales)
- Las extensas pruebas realizadas en todo el mundo con éste combustible demuestran que el mismo es competitivo con el gasoil, y representa una de las alternativas más viables en el campo de las energías renovables.
- La reducción neta de humos (en escala lineal) fue de cerca de un 43%. El aumento de humos derivados de la combustión de gasoil fue de un 75% respecto a las emisiones del biodiesel.
- La simplicidad del proceso de producción torna al BD una alternativa interesante para el autoabastecimiento de combustible de empresas agropecuarias productoras de oleaginosas.

REFERENCIAS

1. Morrison, Robert Thorton y Boyd, Robert Neilson – "Química Orgánica" 5° edición – Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, Delaware, E.U.A. – 1996 – 1474 pág.
2. Van Gerpen, Jon H. Et al – Iowa State University – "Determining the influence of contaminants on biodiesel properties"
3. Choo Y. M. & Ma, A. N. – Palm Oil Research Institute of Malaysia (PORIM), Kajang, Selangor Darul – Ong, A. S. H., Malaysian Palm Oil Promotions Council, Kuala Lumpur, Malaysia – "Biofuels"
4. Boletín de Precios de Combustibles - Secretaría de Energía de la República Argentina - Ministerio de Infraestructura y Vivienda - Octubre 2001 - [en línea]
<http://energia.mecon.gov.ar>
5. Monsanto, SAGPyA – Seminario Biodiesel "El futuro del Pasado", Sta. Fe, 2001 – Congreso Organizado por la Universidad Argentina de la Empresa y la Vicegobernación de la Provincia de Santa Fe – 18 de Septiembre de 2001 [en línea]
<http://www.sagpya.mecon.gov.ar/0-0/index/institucional/biodiesel/Master.pdf>
6. Ugolini, Jorge Guido – "Nuevo rol para la agricultura" Revista "Super Campo" N° 78 – Editorial Perfil – Marzo 2001 – p.26-29
7. Krahl J., Baum K., U. Hackbarth H., Jeberien E., Munack A., Schütt C., Schröder O., Walter N., Bünger J., Müller M. M., Weigel A. – "Gaseous Compounds, Ozone Precursors, Particle Number and Particle Size Distributions, and Mutagenic Effects Due to Biodiesel" – 2001 – ASAE, Vol 44(2): 179-191
8. Conferencia "Biodiesel: Combustible alternativo de origen vegetal" – Pando, José Luis (Ing. de Petróleos, U.N.Cuyo). – [en línea]
<http://www.fing.uncu.edu.ar/extension/conferencias/biodiesel/Conferencia.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

- CAR; Flora de los andes (Cien especies del altiplano Cundí–Boyacense); 1984.
- Estudio de factibilidad para el desarrollo de un cultivo de Higuierilla y la extracción de aceite para uso industria, Pontificia Universidad Javeriana, facultad de Ingeniería, proyecto curricular Ingeniería Industrial, tesis 1987.
- Conversación personal, con el Ing. Forestal Jaime Moreno. Msc; profesor catedrático de la Universidad Distrital, en el programa de Ing. Forestal, director del proyecto de Carare Opón.
- Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 1991; y descritos en el libro: Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.
- CAR, GTZ, Manto de la Tierra (Guia de 150 especies forestales); tercera versión 1998.
- CAR, GTZ, Manto de la Tierra (Guia de 150 especies forestales); 1995.
- Universidad industrial de Santander, Escuela de ingeniería química Especialización en ingeniería ambiental “Lineamientos para elaborar una propuesta de investigación” Humberto Escalante Hernández Bucaramanga, 2001
- Revista PALMAS año 5 – número2 1984, FEDEPALMA (Federación nacional de cultivadores de palma Africana) Artículo Perspectivas futuras del aceite de ricino Págs. 31-34

*EVALUACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA HIGUERILLA COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA DE
BAJO NIVEL DE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL*

- www.tierramerica.net
- www.cdc.gov.es
- www.colciencias.gov.co
- www.geocities.com
- www.ingenieria.udea.edu.co