

**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA**

AUTORES:

JUAN MANUEL ROJAS PARRA

CÓDIGO: 62022007

LINA CONSTANZA CASTRO MORENO

CÓDIGO: 62022033

HERNAN ALBERTO GONZALEZ MORALES

CÓDIGO: 62022072

**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
BOGOTÁ
2007**

**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LOS
BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA**

PROYECTO No. 544-662

DESARROLLADO POR:

JUAN MANUEL ROJAS PARRA	CÓDIGO: 62022007
LINA CONSTANZA CASTRO MORENO	CÓDIGO: 62022033
HERNAN ALBERTO GONZALEZ MORALES	CÓDIGO: 62022072

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO PRERREQUISITO PARA
OBTENER EL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

DIRECTORES:

**ING. ALFONSO SANTOS MONTERO
ING. PABLO EMILIO BONILLA LUQUE**



**UNIVERSIDAD LIBRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
BOGOTÁ D.C.
2007**

DEDICATORIA

*Dedicado al todopoderoso,
A su divina providencia.
A nuestros Padres y Familiares.
A nuestra Alma Mater,
Fuente de ciencia,
Fuente de libertad.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por obsequiarnos la vida y dotarnos de la capacidad física y mental para llegar hasta este punto, de fortaleza para superar todos los obstáculos que se nos presentaron, además, de los venideros en el camino.

A mis queridos padres, Aurora Moreno Jiménez y Edgar Alonso Castro, por la fortaleza que siempre me demostraron y que hoy sirve de ejemplo para alcanzar tan esperada meta. Gracias por no desconfiar de mis capacidades y por apoyarme en los momentos críticos y ayudarme a superarlos de la mejor manera.

A mis padres Luís Hernando Gonzalez y Paulina Maritza Morales, por que gracias a ellos y al esfuerzo que realicé, en pro de mi futuro, retribuyo la confianza que depositaron en mi.

A mis Amados Padres, Iván Rojas Chavarro y Clara Parra de Rojas, por su abnegado esfuerzo y sacrificio que han logrado que sus metas sean cumplidas, por la incansable lucha siempre en beneficio de nuestra familia, por las enseñanzas de los valores éticos, religiosos y morales, que forjaron en mí un sentido de respeto hacia las personas.

Mis queridos Ángela Liliana, Oscar Iván y Andrés Felipe, admirados Ingenieros e incondicionales personas, que con sus esfuerzos y apoyo lograron el cumplimiento de este objetivo y a los cuales tengo el orgullo de decirles Hermanos.

Al Ingeniero Alfonso Santos Montero y al Ingeniero Pablo Emilio Bonilla Luque, por su constante ayuda, y su valiosa guía para conseguir el éxito del proyecto.

Al Doctor Jairo Romero Torres, por sus importantes consejos y asesoría que demostraron desde el principio su interés en el tema y particularmente en el proyecto.

Al Señor Decano, Ingeniero Nelson Torres Medina y demás docentes por su desinteresado apoyo en la evolución del trabajo, prestando sus conocimientos en el y colaborándonos para llevarlo a buen término.

A nuestros compañeros, nuestros hermanos en el conocimiento, por su amistad y apoyo moral que fueron muy importantes en todo momento en la etapa universitaria de nuestra vida.

Lina Constanza, Hernán Alberto y Juan Manuel.

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS	22
1.1. General	22
1.2. Específicos	22
2. Variables	23
2.1. Dependiente	23
2.2. Independientes	23
2.3. Intervenientes	24
3. JUSTIFICACION	25
4. PROBLEMA	26
4.1. Descripción	26
4.2. Formulación	26
4.3. Sistematización	27
5. DELIMITACION	29
5.1. Temporal	29
5.2. Espacial	29
5.3. Temática	29
6. MARCO DE REFERENCIA	30
6.1. Antecedentes	30
6.2. Marco teórico	33
6.2.1. <i>Biogasolina</i>	35
6.2.1.1. <i>Aspecto técnico</i>	36
6.2.1.1.1. <i>Caña</i>	41
6.2.1.1.2. <i>Remolacha</i>	70
6.2.1.1.3. <i>Yuca</i>	91
6.2.1.1.4. <i>Análisis técnico general de alcohol carburante</i>	112
6.2.1.2. <i>Aspecto social</i>	185
6.2.1.3. <i>Aspecto económico.</i>	203

6.2.2. Biodiesel	236
6.2.2.1. Aspecto técnico	236
6.2.2.1.1. Palma africana	236
6.2.2.1.2. Higuera	249
6.2.2.1.3. Análisis técnico general del biodiesel	263
6.2.2.2. Aspecto social	297
6.2.2.3. Aspecto económico	304
6.2.3. Lectura de la información recolectada y Matrices DOFA	341
6.3. Marco conceptual	410
6.4. Marco metodológico	416
6.4.1. Tipo de investigación	416
6.4.2. Técnicas de recolección de datos	416
6.4.3. Población y Muestra	416
6.4.4. Proceso metodológico	417
6.5. Marco legal y normativo	419
7. CONCLUSIONES	422
8. RECOMENDACIONES	432
9. BIBLIOGRAFIA	433

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 “Uso Actual (Predominante) De La Tierra, IGAC (2004)”	38
TABLA 2 “Áreas Biocombustibles”	39
TABLA 3 “Producción Mundial De Panela”	44
TABLA 4 “Costos De Producción De La Panela 2005”	51
TABLA 5 “Datos Generales De La Industria”	54
TABLA 6 “Rendimiento Del Cultivo De Remolacha”	77
TABLA 7 “Costos De Producción Cultivo De Remolacha En La Sabana De Bogotá”	82
TABLA 8 “Producción Mundial De Remolacha Azucarera”	83
TABLA 9 “Caracterización Del Jugo De Remolacha - Sesquilé”	88
TABLA 10 “Caracterización Del Jugo De Remolacha - Chia”	88
TABLA 11 “Resultados Destilación Del Mosto”	89
TABLA 12 “Organismos Productores De Etanol”	114
TABLA 13 “Tecnologías De Hidrólisis Acida”	120
TABLA 14 “Petratamientos De Hidrólisis Enzimatica”	121
TABLA 15 “Composición Química de La Vinaza Según Proceda De Jugo, Melaza o La Mezcla De Ambos”	142
TABLA 16 “Flujos De Vinaza”	143
TABLA 17 “Resumen De Los Usos De La Vinaza”	145
TABLA 18 “Caracterización De Las Gasolinas Base, El Etanol Y Las Mezclas Optimas De Gasolina Con 10% De Volumen De Etanol”	152
TABLA 19 “Emisiones Contaminantes De Toyota Burbuja En Condiciones Estáticas O Relantí”	163
TABLA 20 “Emisiones Contaminantes De Toyota Burbuja En Condiciones Dinámicas A 2000 RPM”	163
TABLA 21 “Actividades Agropecuarias En El Municipio Por Hectárea”	187
TABLA 22 “Aptitud De Uso Del Suelo Del Municipio En Actividades Agrícolas”	188

TABLA 23	“Costo De La Yuca Industrial En Sucre”	194
TABLA 24	“Precios De La Yuca En La Costa Atlántica”	195
TABLA 25	“Emisiones Contaminantes De La Mezcla E10”	199
TABLA 26	“Precios Anuales De Panela Por Kilo 2002 – 2007”	216
TABLA 27	“Beneficio En Empleo Agrícola”	217
TABLA 28	“Rendimiento yuca vs. Otros cultivos”	218
TABLA 29	“Evaluación Económica Con Tres Escenarios De Productividad”	219
TABLA 30	“Calculo Del Precio Del Galón De Etanol”	225
TABLA 31	“Precios De Fletes Para El Alcohol”	229
TABLA 32	“Estructura De Precios Para La Gasolina Corriente Oxigenada”	230
TABLA 33	“Caracterización Del Biodiesel De Aceite De Palma”	249
TABLA 34	“Características Del Aceite De Ricino”	260
TABLA 35	“Especificaciones Para El Uso De Biodiesel”	266
TABLA 36	“Tecnologías Alternas”	282
TABLA 37	“Cambio En Las Emisiones De Biodiesel Respecto Al Diesel Convencional”	290
TABLA 38	“Especificaciones De Calidad Del Biodiesel Colombiano”	291
TABLA 39	“Especificaciones De Tractor”	292
TABLA 40	“Ensayos De Potencia”	292
TABLA 41	“Hectáreas Requeridas Para El Consumo Nacional”	298
TABLA 42	“Costos De Producción Por Hectárea de La Higuera”	299
TABLA 43	“Costos De Producción / Tonelada”	312
TABLA 44	“Beneficios En Empleo Agrícola”	314
TABLA 45	“Tarifa Equivalente (\$/GI) Según El Punto De Entrega”	323
TABLA 46	“Estructura De Precios Del Diesel”	327
TABLA 47	“Estructura De Precios Del Biodiesel”	328
TABLA 48	“Carga De Crudo En Las Refinerías De ECOPETROL – 2001”	333
TABLA 49	“Plantas De Biodiesel En Construcción 2007-2008”	334
TABLA 50	“Plantas De Biodiesel En Factibilidad 2008-2009”	335
TABLA 51	“Porcentajes De Préstamo Según El Tipo De Productor”	338

TABLA 52 “Tasas De Redescuento Y De Colocación”	341
TABLA 52 “Comparación De Producción De Vinazas”	353

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1 “Uso Actual Tierra”	39
GRAFICA 2 “Presión De Vapor De La Mezcla Etano-Gasolina Regular”	150
GRAFICA 3 “Presión De Vapor De La Mezcla Etano-Gasolina Extra”	150
GRAFICA 4 “IAD De La Gasolina Regular Con La Mezcla 5%, 10% Y 15%.....	153
GRAFICA 5 “IAD De La Gasolina Extra Con La Mezcla 5%, 10% Y 15%”	153
GRAFICA 6 “Solubilidad Del Agua En La Mezcla Etanol Gasolina Regular Con Temperatura”	154
GRAFICA 7 “Solubilidad Del Agua En La Mezcla Etanol Gasolina Regular Con Temperatura”	155
GRAFICA 8 “Mezcla De Gasolinas Barrancabermeja Con 10% De Etanol Evaluación Motor GM366 Carburador Curva De Potencia”	156
GRAFICA 9 “Mezcla De Con 10% De Etanol Evaluación Motor Chevrolet Sprint Curva De Potencia”	156
GRAFICA 10 “Mezcla De Con 10% De Etanol Evaluación Motor Toyota Burbuja Curva De Potencia”	157
GRAFICA 11 “Mezcla De Con 5%, 10% De Etanol Curva De Potencia”	157
GRAFICA 12 ” Potencia Entregada Al Rodillo En (Kw) Evaluación En Vehículos De Prueba En Bogotá Chasis Dinamométrico Sena Complejo Sur”	158
GRAFICA 13 “Mezcla De Gasolinas Barrancabermeja Con 10% De Etanol Evaluación Motor GM366 Carburador Curva De Consumo Específico, Pruebas De Desempeño En Una Flota De Vehículos Empresa Colombiana De Petróleos” ..	159
GRAFICA 14 ” Kilómetros Por Galón Evaluación En Vehículos De Prueba En Bogotá Chasis Dinamométrico Sena Complejo Sur”	160

GRAFICA 15 " Concentración De HC Toyota Burbuja Condiciones Estática Y Dinámica"	163
GRAFICA 16 " Concentración De CO ₂ Toyota Burbuja Condiciones Estática Y Dinámica"	164
GRAFICA 17 " Concentración De CO Toyota Burbuja Condiciones Estática Y Dinámica"	164
GRAFICA 18 " Concentración De O ₂ Toyota Burbuja Condiciones Estática Y Dinámica"	164
GRAFICA 19 " Mezcla De Gasolinas Barrancabermeja Con 10% De Etanol Evaluación Motor GM366 Carburador Variación Emisiones Reguladas"	165
GRAFICA 20 "Consumo Panela vs. Azúcar"	186
GRAFICA 21 "Comportamiento De La Producción Mundial De Etanol Según Su Uso (Combustible, Industrial, Bebidas) En El Período 1975 – 2005 Así Como Las Proyecciones De Crecimiento"	204
GRAFICA 22 "Producción Mensual De Alcohol Carburante (Etanol) En Colombia"	213
GRAFICA 23 "Producción De Azúcar Y Etanol"	214
GRAFICA 24 "Comportamiento Del Consumo Per Cápita De La Panela Y El Azúcar"	214
GRAFICA 25 "Comportamiento En El Mercado Del Azúcar Y La Panela"	215
GRAFICA 26 "Mercado Mundial De Etanol (2005)"	221
GRAFICA 27 "Principales Países Productores De Etanol En El 2005"	222
GRAFICA 28 "Principales Países Productores De Etanol En El 2006"	223
GRAFICA 29 "Evolución Del Precio De Etanol"	225
GRAFICA 30 "Potencias Comparativas"	293
GRAFICA 31 "Consumo L/H"	293

GRAFICA 32 “Consumo Especifico”	293
GRAFICA 33 “Principales Países Productores De Biodiesel”	306
GRAFICA 34 “Distribución Del Costo De Producción Para El 2004”	312
GRAFICA 35 “Distribución Nacional Del Costo De Producción De Aceite De Palma”	313
GRAFICA 36 “Distribución De Los Costos De Producción De Aceite De Higuera”	314
GRAFICA 37 “Porcentajes Del Mercado Mundial De Biodiesel”	329
GRAFICA 38 “Producción De Biodiesel En Colombia Frente A Los Grandes Productores”	330
GRAFICA 39 “Proyecciones Del Mercado Del Diesel En Colombia”	331
GRAFICA 40 “Consumo De Biodiesel Diario En Colombia”	332

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1 “Áreas Biocombustibles”	40
IMAGEN 2 “Preparación Del Suelo”	45
IMAGEN 3 “Selección De Semilla 1”	45
IMAGEN 4 “Selección De Semilla 2”	45
IMAGEN 5 “Siembra”	46
IMAGEN 6 “Maduración”	46
IMAGEN 7 “Cosecha”	47
IMAGEN 8 “Transporte Y Descarga Al Trapiche 1”	47
IMAGEN 9 “Transporte Y Descarga Al Trapiche 2”	47
IMAGEN 10 “Molienda 1”	48
IMAGEN 11 “Molienda 2”	48
IMAGEN 12 “Molienda 3”	48
IMAGEN 13 “Molienda 4”	48
IMAGEN 14 “Cocción Del Jugo De La Caña 1”	49

IMAGEN 15 “Cocción Del Jugo De La Caña 2”	49
IMAGEN 16 “Preparación Cochada 1”	49
IMAGEN 17 “Preparación Cochada 2”	49
IMAGEN 18 “Preparación Cochada 3”	49
IMAGEN 19 “Vertimiento De La Cochada En Las Gaveras”	49
IMAGEN 20 “Esparcimiento De Cochada 1”	50
IMAGEN 21 “Esparcimiento De Cochada 2”	50
IMAGEN 22 “Secado De La Cochada En Gaveras”	50
IMAGEN 23 “Extracción 1”	50
IMAGEN 24 “Extracción 2”	50
IMAGEN 25 “Extracción 3”	50
IMAGEN 26 “Producto Final”	51
IMAGEN 27 “Proceso De Obtención Del Azúcar”	54
IMAGEN 28 “Preparación De La Caña”	55
IMAGEN 29 “Molienda”	55
IMAGEN 30 “Generación De Vapor Y Electricidad”	56
IMAGEN 31 “Calentamiento”	56
IMAGEN 32 “Clarificación”	57
IMAGEN 33 “Filtración”	57
IMAGEN 34 “Evaporación”	58
IMAGEN 35 “Cristalización Y Centrifugación”	59
IMAGEN 36 “Refinación”	60
IMAGEN 37 “Secado”	61
IMAGEN 38 “Proceso De Obtención Del Etanol”	63
IMAGEN 39 “Diagrama De Flujo De Molienda Para La Elaboración De Alcohol”	64
IMAGEN 40 “Preparación Del Sustrato”	64
IMAGEN 41 “Cubas De Reproducción”	66
IMAGEN 42 “Fermentación”	66
IMAGEN 43 “Destilación”	68

IMAGEN 44 “Deshidratación”.....	69
IMAGEN 45 “Tratamiento De Vinazas”	70
IMAGEN 46 “Remolacha”.....	72
IMAGEN 47 “Crecimiento”.....	75
IMAGEN 48 “Superficie”.....	75
IMAGEN 49 “Recolección 1”.....	79
IMAGEN 50 “Recolección 2”.....	79
IMAGEN 51 “Recolección 3”.....	79
IMAGEN 52 “Cultivo 1”.....	80
IMAGEN 53 “Cultivo 2”.....	80
IMAGEN 54 “Cultivo 3”.....	80
IMAGEN 55 “Maquina De Preparación”.....	84
IMAGEN 56 “Corte Remolacha”.....	85
IMAGEN 57 “Evaporadores”.....	85
IMAGEN 58 “Cocción Y Cristalización”.....	86
IMAGEN 59 “Esquema De Producción De Alcohol Carburante A Partir De Remolacha”.....	87
IMAGEN 60 “Corte Transversal De La Raíz De La Yuca”.....	92
IMAGEN 61 “Estacas Dimensión Y Nudos”.....	93
IMAGEN 62 “Diámetro”.....	93
IMAGEN 63 “Proceso General De Extracción De Almidón Agrio Y Nativo De Yuca”.....	97
IMAGEN 64 “Esquema De Las Operaciones De Producción Del Almidón Agrio De Yuca En Una Rallandería Diseñada Con El Aprovechamiento De La Gravedad Que Ofrece El Terreno”.....	97
IMAGEN 65 “Modelos Mas Utilizados De Lavadoras/ Peladoras De Yuca”.....	98
IMAGEN 66 “Métodos De Tamizado Utilizados En Colombia”.....	100
IMAGEN 67 “Producción De Alcohol Agrio”.....	101
IMAGEN 68 “Tanque De Fermentación”.....	103
IMAGEN 69 “Esquema Del Proceso De Extracción De Almidón Nativo”.....	104

IMAGEN 70 “Filtro Anaerobio De Flujo Horizontal”	106
IMAGEN 71 “Proceso De Producción De Alcohol A Partir De Yuca”	108
IMAGEN 72 “Hidrólisis Del Almidón”	109
IMAGEN 73 “Procesos De Obtención De Alcohol Carburante”	110
IMAGEN 74 “Estructura Molecular Del Etanol”	113
IMAGEN 75 “Integración Reacción-Reacción De Producción De Alcohol Carburante A Partir De Almidón”	118
IMAGEN 76 “Estructura Tridimensional De Ácidos Y Alcoholes Fenilpropílicos De La Lignina”	120
IMAGEN 77 “Hidrólisis Enzimática De La Celulosa Y Condiciones Típicas”	122
IMAGEN 78 “Producción De Etanol A Partir De Madera Usando Hidrólisis Ácida Fuerte”	123
IMAGEN 79 “Proceso De Etanol A Partir De Materiales Lignocelulósicos”	125
IMAGEN 80 “Sistema En Cascada De Dos Fermentadores Agitados Y Continuos”	131
IMAGEN 81 “Fermentador De Torre Continua”	133
IMAGEN 82 “Diagrama De Un Rotofermentador”	134
IMAGEN 83 “Fermentación Por Lotes Alimentados (Fed-Batch) Repetida Asociada Con El Reciclaje Completo De Sobrenadantes Usados”	135
IMAGEN 84 “Dispositivo De Destilación Fraccionada”	136
IMAGEN 85 “Diagrama Esquemático De La Destilación Extractiva Con Glicerol”	137
IMAGEN 86 “Esquema Destilación Azeotrópica”	138
IMAGEN 87 “Destilación En Cascada Integrado Con Un Par De Lechos De Tamices Moleculares”	139
IMAGEN 88 “Producción De Etanol Anhidro Por Pervaporación”	140
IMAGEN 89 “Dispositivo Experimental Para Extracción Supercrítica Con CO ₂ ”	141
IMAGEN 90 “Procesos Sin Residuos En Los Ingenios”	143
IMAGEN 91 “Fertilización”	146

IMAGEN 92 “Compostaje”	146
IMAGEN 93 “Reactor IHI-UASB”	147
IMAGEN 94 “Mapa De Flujo Del Sistema IHI-UASB”	147
IMAGEN 95 “Exigencias Técnicas De Mezclas Mayores-Modificaciones Necesarias Ciclo Otto”	167
IMAGEN 96 “Adaptaciones De Los Motores Para Mezclas De 10% A 25% De Etanol”	169
IMAGEN 97 “Adaptaciones De Los Motores Para Mezclas De 25% A 100% De Etanol Flexfuel”	170
IMAGEN 98 “Pistón”	171
IMAGEN 99 “El Sistema Auxiliar De Arranque En Frío”	171
IMAGEN 100 “Bomba Blindada”	171
IMAGEN 101 “Controlador Electrónico Del Motor”	172
IMAGEN 102 “Inyectores Electrónicos”	172
IMAGEN 103 “Sensor De Oxigeno Con Calentamiento”	172
IMAGEN 104 “Vástago De Válvulas En La Culata Motor”	173
IMAGEN 105 “Bujías”	173
IMAGEN 106 “Cauchos Y Sellos En Contacto Con El Combustible”	173
IMAGEN 107 “Cadena De Abastecimiento Del Alcohol Carburante”	175
IMAGEN 108 “Mezcla Y Distribución, Tratamiento De Aguas”	176
IMAGEN 109 “Tratamiento De Aguas En La Estación De Servicio”	178
IMAGEN 110 “Esquema De Los Principales Aspectos Que Debe Considerar El Posible Productor”	179
IMAGEN 111 “Esquema De Los Principales Aspectos Que Debe Considerar El Estado”	180
IMAGEN 112 “Esquema De Los Principales Aspectos Que Debe Considerar El Distribuidor”	181
IMAGEN 113 “Esquema De Los Principales Aspectos Que Debe Considerar El Consumidor”	182

IMAGEN 114 “Aspecto Social”.....	198
IMAGEN 115 “Evolución Del Programa De Etanol En Brasil”.....	205
IMAGEN 116 “Primer Carro Que Opero Con 100% De Etanol (Fiat-1979)”.....	206
IMAGEN 117 “Palma Africana”.....	236
IMAGEN 118 “Fruto De La Palma De Aceite”.....	237
IMAGEN 119 “Zonas Productivas De Palma En Colombia”.....	241
IMAGEN 120 “Procesos Alternativos Del Aceite De Palma Africana”.....	247
IMAGEN 121 “Flores De La Higuera”.....	250
IMAGEN 122 “Cultivo De La Higuera”.....	253
IMAGEN 123 “Semilla Blanca”.....	258
IMAGEN 124 “Semilla Negra”.....	258
IMAGEN 125 “Semilla Negra Jaspeada”.....	258
IMAGEN 126 “Semilla Roja”.....	259
IMAGEN 127 “Transesterificación”.....	264
IMAGEN 128 “Materias Primas Potenciales”.....	269
IMAGEN 129 “Reacciones De La Transesterificación”.....	272
IMAGEN 130 “Reacción De Saponificación”.....	274
IMAGEN 131 “Reacción De Esterificación”.....	275
IMAGEN 132 “Proceso De Transesterificación Discontinuo”.....	277
IMAGEN 133 “Proceso De Transesterificación Continuo”.....	278
IMAGEN 134 “Proceso De Esterificación”.....	278
IMAGEN 135 “Proceso De Catálisis Ácida, Producción De Biodiesel Mediante Esterificación/Transesterificación”.....	279
IMAGEN 136 “Proceso De Producción De Biodiesel Mediante Proceso Supercrítico”.....	281

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

NÚMERO DEL PROYECTO: 544-622

RESUMEN

Considerando la situación de calentamiento global y la firma del protocolo de Kyoto, que compromete a los países participantes a disminuir emisiones de gases de efecto invernadero, se realizó este diagnóstico, con el fin de establecer la situación técnica, económica y social actual de los biocombustibles en Colombia, alternativa de la cual se espera mitigar dicha problemática.

En el estudio se determinaron dos tipos de biocombustibles, Biogasolina y Biodiesel, como principales opciones, ya que, estos a diferencia de los combustibles fósiles, son biodegradables, pues al utilizar las mezclas con la gasolina convencional y el diesel, no solo reducen la contaminación atmosférica, sino, también permiten el desarrollo de una nueva industria que ayuda al desarrollo económico y social del país.

El uso de biocombustibles, permite alargar la vida útil del petróleo, pues los gobiernos de las naciones a nivel mundial, han demostrado su preocupación por el inminente agotamiento de las reservas del crudo y su total dependencia en la economía, lo que hace, que los combustibles de origen vegetal jueguen un papel crucial en el ámbito internacional.

En este documento, se caracterizan las materias primas más importantes en la producción de la biogasolina y el biodiesel, en el caso de la primera, se consideraron la caña de azúcar, la yuca y la remolacha azucarera, con sus

respectivos procesos de obtención, su impacto social y económico. Para el biodiesel se estudio la palma de aceite o palma africana y la higuera o ricino como se conoce internacionalmente, destacando también dichos aspectos.

Una de las determinaciones más importantes que se establecieron luego de recolectar y examinar los estudios realizados hasta el momento en este tema, es la clasificación por generaciones de los biocombustibles, en la primera generación se tiene inicialmente la biogasolina y el biodiesel, en la segunda generación se sitúa el combustible extraído de la celulosa y en la tercera generación el hidrógeno. Si la tecnología que produce las dos últimas generaciones de combustibles se llegara a desarrollar de manera eficiente, los esfuerzos de los gobiernos por implementar completamente la primera generación serían insuficientes, debido a las ventajas que traerían consigo dichos procedimientos.

ABSTRACT

Considering the actual global warming and the signature of Kyoto protocol, where all the countries participant are obligated to diminish gas discharges of green effect, was made it this diagnosis, with the purpose of establishing an actual technical, economic and social situation of the bio-fuels in Colombia, alternative of which it is hoped to mitigate problematic happiness.

In this study two types of bio-fuels were determined as a main options, Bio-gasoline and Bio-diesel, due these unlike fossil fuels, are biodegradable, because when using the mixtures with the conventional gasoline and the diesel, not only reduce the atmospheric contamination, also allow the development of a new industry that helps to the economic and social development of the country.

The use of bio-fuels, allows to extend the use life of petroleum, because the governments of the nations at world-wide level, have demonstrated its preoccupation by the imminent depletion of the reserves of crude and the total dependency in the economy, which does, that the fuels of vegetal origin plays an important role in the international scope.

In this document, the most important raw materials are characterized in the production of the bio-gasoline and bio-diesel, in the case of first, the sugar cane, the yucca and the sugar beet were considered, with their respective processes of obtaining, their social and economic impact. For bio-diesel we study the palm of oil or African palm and "*higuerilla*" or "*ricino*" as it is known also emphasizing these aspects internationally.

One of the most important determinations established after collecting and examining the studies made it until now in this subject, is the classification by generations of the bio-fuels, in the first generation has initially the bio-gasoline and

bio-diesel, in the second generation has situated the fuel extracted of the cellulose and in the third generation the hydrogen. If the technology that produces the two last fuel generations got to develop of efficient way, the efforts of the governments to implement completely the first generation would be insufficient, due to the advantages that would bring with himself these procedures.

1. OBJETIVOS

1.1. General

Realizar un diagnóstico que permita profundizar en el tema de los biocombustibles, mostrando la situación actual y las expectativas de esta industria en el país, en materia de orden técnico, económico y social.

1.2. Específicos

- Seleccionar las fuentes de información disponible, emanada de las instituciones de educación superior y de las entidades gubernamentales y privadas.
- Recopilar la información seleccionada referente a los biocombustibles en el país, de las fuentes secundarias identificadas anteriormente.
- Desarrollar labores de investigación primaria que nos permita contrastar la información secundaria disponible, todo lo cual se realizará mediante la realización de encuestas y entrevistas de manera directa, con entidades del área y con conocedores del tema.
- Clasificar y evaluar la información allegada con el fin de caracterizar la actividad productora de biocombustibles en Colombia, para los fines contemplados en el objetivo general. En este aspecto el grupo de trabajo complementará la evaluación mediante el uso de la metodología DOFA, con lo cual si bien de manera cualitativa se podrá aumentar el nivel de confianza de las conclusiones y recomendaciones.

2. VARIABLES

2.1. Dependiente

- Efectos esperados de clarificar la situación del conocimiento del sector de biocombustibles en el país, en cuanto a aspectos técnicos, económicos y sociales que se han presentado en la producción, desarrollo e implementación de ésta energía alternativa.
- Identificación de las áreas para profundización en los programas de la Facultad de Ingeniería.
- Fortalecimiento de los programas de la Facultad.

2.2. Independientes

- Historia de la industria de los biocombustibles en Colombia.
- Capacidad de producción en toneladas por hectárea de cultivo y extensiones de cultivos necesarios de las materias primas ya mencionadas.
- Estudios realizados en relación de litros de alcohol carburante para biogasolina y aceite vegetal para biodiesel por tonelada de materias primas cultivadas.
- Tecnologías disponibles en el país para los cultivos de las materias primas y para la producción de alcohol carburante y aceite vegetal.
- Investigaciones realizadas sobre el comportamiento de los biocombustibles en los motores.

- Investigaciones acerca de los usos de los residuos generados desde la etapa del cultivo de las materias primas hasta la elaboración del producto final (alcohol carburante y aceite vegetal).
- Comportamiento del mercado nacional e internacional para el alcohol carburante y aceite vegetal y para los biocombustibles.
- Estudios del comportamiento económico del alcohol carburante y aceite vegetal, frente a los productos relacionados con estos.
- Impacto de la industria de los biocombustibles en los cultivadores de materias primas.
- Programas del gobierno nacional para fomentar el cultivo de materias primas.
- Análisis de los aspectos sociales que conllevan al uso de Biocombustibles.

2.3. Intervinientes

Reglamentos técnicos y legislaciones gubernamentales, normas técnicas de empresa, asociación, nacionales, regionales e internacionales.

3. JUSTIFICACION

Debido en parte a la novedad que el tema de los biocombustibles en Colombia, el grupo de trabajo reunió información pertinente con el fin de establecer hasta que punto existe claridad acerca de los aspectos técnicos, económicos y sociales del tema. En ese sentido no fue difícil establecer que existen numerosas y diferentes opiniones acerca del estado del sector y poca claridad acerca del futuro y requerimientos de diverso orden, para satisfacer no sólo las necesidades de materias primas, sino también de cómo producir los combustibles que según cifras de demanda se han podido proyectar. A ese respecto el estudio: “La importancia de los biocombustibles en Colombia” desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía, deja entrever que no hay claridad, particularmente en cuanto hace a que está ocurriendo con el sector en Colombia y la forma como se habrá de satisfacer la demanda de un producto que se menciona como imperioso para cuidar el medio ambiente.

Por otra parte, el grupo de trabajo considera que en particular la Facultad de Ingeniería debe asumir y ofrecer programas cuyo contenido este acorde con la necesidades y tendencias vigentes y previsibles para el futuro. En este sentido se considera que, mediante el desarrollo del estudio propuesto se pueda conocer no solo el estado del arte del sector sino también el valor agregado para los programas que se desarrollan en la Facultad y en general para la Universidad.

Basados en los comentarios precedentes el grupo de trabajo considera que cumpliendo los objetivos antes anotados no sólo está justificado por la realidad que se presume del sector, sino también por la necesidad de hacer un aporte al buen desarrollo del *Alma Mater*.

4. PROBLEMA

4.1 Descripción

La utilización de los biocombustibles en el país ha generado controversias y contradicciones en cuanto al desempeño (eficacia y eficiencia) que tienen sobre los motores y vehículos, el medio ambiente y en los productores de materia prima, a pesar de estudios como los realizados por ECOPETROL *“Efecto del Etanol sobre las Propiedades Físico Químicas de las Gasolinas Colombianas y Desempeño en Motores y Vehículos”* donde en una de sus conclusiones muestra que en un motor de prueba de carburador, se observan reducciones de emisiones de CO (monóxido de carbono) de hasta un 48%, sin pérdida apreciable de potencia. Organizaciones como la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (ASOCAÑA) en biogasolina (mezcla gasolina-alcohol carburante) y la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (FEDEPALMA) en biodiesel (mezcla diesel-aceite vegetal), demuestran que los biocombustibles no desmejoran el funcionamiento del motor y reduce las emisiones de gases tóxicos al medio ambiente, además, genera fuentes de ingresos, alternativas y beneficios para los cultivadores de las materias primas.

Por lo tanto, por medio de este informe se desarrollo un diagnostico que permitió visualizar las ventajas y desventajas que trae la producción y uso de los biocombustibles en el país.

4.2. Formulación

Este diagnostico, trató identificar lo más posible la situación actual de la industria de los biocombustibles en el país, estableciendo los problemas que se han presentado en su desarrollo e implementación, con el fin de esclarecer las inquietudes y falencias que sobre el tema existen a la comunidad.

4.3. Sistematización

- ¿Asumiendo el éxito de esta industria en el mercado, en realidad se cuenta con la extensión de cultivos y capacidad de producción en toneladas por hectárea de materia prima necesarios?
- ¿Qué rendimiento tiene cada materia prima mencionada en relación de litros de alcohol carburante para biogasolina y de aceite vegetal para biodiesel, por tonelada de biomasa cultivada?
- ¿Según estudios realizados, cómo es la calidad y el rendimiento de las mezclas en los motores diesel, inyección y carburador?
- ¿Se requieren modificaciones en los motores para que funcionen las mezclas?, ¿si se requieren, que tipo de modificaciones necesitan?
- ¿Cómo se llevan a cabo los procesos de producción del alcohol carburante y del aceite vegetal?
- ¿Qué dificultades presentan estos sistemas de producción?
- ¿Que tecnología esta disponible en el país y que métodos se utilizan actualmente en cultivos y en la elaboración del producto final?
- ¿Qué otros usos tienen las materias primas que se consideran en este estudio, caña de azúcar, remolacha, yuca, para el alcohol carburante y palma africana e higuera para la producción de aceite vegetal?
- ¿Qué usos tiene los residuos generados desde la etapa del cultivo de las materias primas mencionadas hasta la elaboración del producto final, Alcohol Carburante y de aceite vegetal?
- ¿Qué comportamiento presenta el mercado nacional del producto final, alcohol carburante y de aceite vegetal?
- ¿Que inconvenientes presenta este mercado?
- ¿Como afecta la producción de los biocombustibles a los otros sectores económicos?
- ¿Se verá afectado el mercado de productos de primera necesidad como la panela y el aceite de cocina y otros con la producción de biocombustibles?

- ¿Qué inconvenientes de orden social podrían presentarse a corto plazo en cuanto a la legislación Colombiana con respecto a los biocombustibles?
- ¿Cuál es la situación actual de los cultivadores de las materias primas?
- ¿La legislación existente trae beneficios y opción de progreso a los cultivadores?
- ¿Qué ofrecen las organizaciones privadas dedicadas a esta industria para los cultivadores?
- ¿Cómo ha sido el impacto social de la industria de los biocombustibles con respecto al medio ambiente?
- ¿Se cumplirán las expectativas medio ambientales y de salubridad con el uso de los biocombustibles?

5. DELIMITACION

5.1. Temporal

Junio a Octubre de 2007.

5.2. Espacial

Bogota D.C., Universidad libre, facultad de ingeniería, departamento de investigaciones.

5.3. Temática

Diagnostico de resultados obtenidos con la producción y uso de los biocombustibles en Colombia.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1. Antecedentes

En Colombia desde hace un siglo el gobierno promulgo la Ley 4/1913 *“Ley del monopolio de la producción de alcohol y fabricación de licores”* que cedió a los Departamentos para que hiciera uso de ella, este estatuto dio origen a la creación de destilerías y plantas productoras de licores en 17 Departamentos. En el país hay plantas destiladoras productoras de alcohol etílico con una capacidad de cerca de 40.000.000 millones litros por año, luego de la ley 99/93 *“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”*, estas destilerías casi en su totalidad fueron cerradas al entrar en vigencia las normas ambientales, esto trajo como consecuencia que el país tuviese que importar cerca de 50.000.000 millones de litros de alcohol por año, principalmente del Ecuador.

El 15 de octubre de 1999 a través de la Ley 028 de 1995, Colombia suscribió el Protocolo de Kyoto. Posteriormente es presentado al Congreso de la Republica, por el Senador Amilkar Acosta, el Proyecto de Ley de Alcohol Carburante, que al apostre se convertiría en la Ley 693 / 2001, en donde se dictan las normas sobre la utilización de gasolina que en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes a partir de Marzo del año 2002, en donde se presentan las mayores tasas de contaminación atmosférica, se empezó a implementar la mezcla E10, es decir, 90% gasolina y 10% etanol 98% anhidro con el fin de reducir las emisiones de gases tóxicos como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y el oxido nitroso (N₂O) al ambiente que son algunos de los que provocan el efecto invernadero. Así mismo, se hará con el biodiesel a partir de 2008 con la mezcla B5, 95% diesel y 5% aceite vegetal, luego de que el Congreso aprobara la ley 939 del 2004, por

medio de la cual se subsanaron los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003, *“en la cual se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel y también se dictaron otras disposiciones”*.

Inicialmente en Colombia, la producción de Alcohol Carburante se viene realizando por los ingenios azucareros del Valle, algunos de ellos como INCAUCA, PROVIDENCIA, MANUELITA y MAYAGÜEZ realizan sus procesos de producción a partir de las mieles residuales, extraídas de la caña de azúcar, que diariamente producen cerca de un millón de litros.

Otras materias primas que están en desarrollo de implementación son la yuca y la remolacha: Para la yuca, el GRUPO PETROTESTING DE COLOMBIA (GPC), esta desarrollando investigaciones de las posibilidades de mejoramiento del material genético, y de la coordinación interinstitucional que se logre manejar entre las instituciones de investigación CIAT, CORPOICA, CLAYUCA y PETROTESTING.

El GPC ha venido trabajando desde hace mas de cuatro años en un proceso de investigación-acción con el CIAT y con CLAYUCA, llevando a cabo una serie de pruebas regionales de evaluación de materiales promisorios que sustenten el desarrollo agroindustrial de la yuca en el tema de los alcoholes carburantes¹.

Con la remolacha la empresa MAQUILTEC S.A. ha realizado investigación documentada de las diferentes variables de adaptación y desarrollo en campo, de cada una de las variedades, determinando las ideales de acuerdo a cada zona donde desarrolla los proyectos².

¹ www.petrotesting.com.co

² MAQUILTEC S.A., Folleto informativo.

En cuanto al Aceite Vegetal, FEDEPALMA, esta desarrollando investigaciones documentadas sobre la producción, mercadeo, marco legal y tecnología en la producción de Aceite Vegetal para mezclar con el diesel, en su presentación para “*Biofuels Americas Conference & Expo III*” realizado en Cartagena los días 12, 13 y 14 de Marzo de 2007 llamado “*Biodiesel de palma, una realidad en Colombia*” a cargo de Jens Mesa-Dishington Presidente Ejecutivo de FEDEPALMA³, se muestra las expectativas de esta industria en Colombia.

Otra materia prima que se está analizando y estudiando para esta industria es la Higuierilla, con respecto a la misma HIGUEROIL DE COLOMBIA, ha considerado que la explotación intensiva del cultivo para la extracción de aceite, puede ser una solución a los problemas económicos que viven hoy muchos hogares rurales Colombianos. Partiendo de este punto, se ha iniciado cultivos experimentales en diferentes regiones del país en forma exitosa, en los departamentos de: Casanare, Arauca, Vichada, Huila, Tolima, Nariño, Magdalena, Santanderes, Boyacá, Cundinamarca, Caldas, Antioquia, y Córdoba.⁴

No solamente hay organizaciones que están realizando investigación para encontrar una viabilidad a la naciente industria, encontramos que las instituciones de educación superior han iniciado proyectos que determinan el alcance que estos combustibles tienen, por ejemplo, la Universidad de los Andes con proyectos de grados que nos muestran aspectos técnicos como: “*Evaluación del desempeño de un motor diesel operados con mezclas diesel-biodiesel*” elaborado por Cristhian Fabián Ruiz Ramos en el 2005, en donde muestra el desempeño de un motor diesel operado con diesel-biodiesel en diferentes concentraciones para las condiciones de Bogotá y “*Evaluación del desempeño de motores en vehículos operados con biogasolina*” realizado por David Andrés Delgado Cepeda en el

³ www.fedepalma.org/biodiesel_col.htm

⁴ www.higueroil.com/nuestra_compania.htm

2006, en donde realiza pruebas en motores de carburador e inyección aplicando la mezcla alcohol carburante-gasolina.

Uno de los eventos mas importantes del año fue el “*Biofuels Americas Conference & Expo III*” realizado en Cartagena los días 12, 13 y 14 de Marzo de 2007, en donde se expusieron los avances en: el mercado mundial, tecnología en los procesos de producción y biotecnología aplicadas a las materias primas, con la participación de organizaciones como PETROBRAS, MAQUILTEC S.A., PETROTESTING, ECOPETROL, entre otros y delegaciones de todas partes del mundo como la India, Estados Unidos, Brasil, Argentina, México, Venezuela y por supuesto Colombia.

6.2. Marco teórico

En el ámbito mundial y nacional, los biocombustibles han empezado a jugar un papel determinante en las economías de las Naciones, las estrategias organizacionales de las empresas dedicadas a la agroindustria que producen las materias primas para la producción de biocombustibles, van encaminadas a la búsqueda de los mercados nacionales y extranjeros con el fin de expandir sus actividades económicas a mediano y largo plazo.

Los Gobiernos de las Naciones que desde hace varios años han producido y usado los biocombustibles, vienen desarrollando diferentes proyectos legislativos en lo pertinente a los precios de comercialización, estimulación de la producción con exenciones arancelarias y beneficios tributarios, de igual forma, los que iniciaron en esta industria, están tomando las respectivas medidas legales.

Las materias primas a utilizar para la producción de etanol como el maíz, la caña de azúcar y de panela y la yuca, muestra una afectación en los productos que derivan de éstas, en cuanto a demanda y oferta, además, de la especulación en la

estabilidad de los precios, pues pertenecen a productos básicos de primera necesidad, de igual forma, ocurre con los derivados de la palma africana de aceite con la producción de biodiesel, caso tal que no se podría presentar con la higuera o la jatrofa de los cuales no hay productos derivados que influyan en el mercado de consumo.

La situación en Colombia no es muy distinta, con la diferencia que en la inversión en proyectos de infraestructura realizada por las organizaciones, genera aumento en el empleo directo e indirecto, con múltiples y amplios beneficios tributarios para la producción de biocombustibles contemplados en las leyes que sobre el caso se dictaron.

La siguiente información muestra una recopilación del panorama económico de la producción y uso de los biocombustibles, empezando con un marco mundial de los principales productores, además, de las perspectivas que se proyectan, así como la situación que se presenta en otros países que también formaran parte como actores a nivel internacional, sin embargo, se hará mayor especificidad en Colombia, en cada uno de los aspectos como el manejo de las materias primas en el mercado, la determinación de los precios, los proyectos que se están ejecutando y los viables, finalmente, los programas estatales para el fomento de la inversión, posteriormente, se realizó un análisis de la situación para una mejor comprensión, de la cual, se generaron matrices DOFA para concluir y recomendar según la información obtenida.

6.2.1. Biogasolina

En los países de América Latina y el mundo se está presentando un fenómeno de búsqueda de nuevas alternativas para sustitución del petróleo. Un claro ejemplo es Brasil, que demostró globalmente que el alcohol carburante puede reducir la dependencia a los hidrocarburos, ampliando la canasta energética de los países que implementen esta opción. Esto es cierto incluso en países que desembolsan grandes cantidades de dinero en la importación de combustible, una clasificación que incluye a toda Centroamérica y el Caribe a excepción de Trinidad y Tobago⁵.

El alcohol carburante actualmente es para Colombia, desde el punto de vista económico, una manera de reducir la dependencia del petróleo y la contaminación ambiental, como también una importante fuente de divisas en el futuro. Para las regiones, puede ser el resurgir agrícola que tanto se ha buscado por los gobiernos. Para los industriales colombianos puede ser una gran oportunidad de invertir en un negocio con inmensas proyecciones.

Como primera alternativa de investigación se escogió la caña azucarera, ya que, es actualmente la principal fuente de producción de alcohol carburante en el país. Se mencionaron los usos a través de la historia y la evolución de la creciente industria del alcohol carburante, pasando por la próspera producción azucarera de Colombia, analizando según la bibliografía consultada y los análisis realizados por el grupo de trabajo, los aspectos técnicos, sociales y económicos que rodean al sector al que se hace referencia.

Seguidamente, se examinó la evolución de la remolacha azucarera como materia prima, en la producción azucarera y de alcohol carburante, incluyendo también los aspectos anteriormente señalados en la caña y los respectivos comentarios analíticos por parte del grupo de investigación. Por último se llevó a cabo el respectivo análisis de la yuca brava, sus usos, su historia, y demás aspectos que

⁵ CONSTANCE, Paul, ¿La era del etanol?, Revista virtual, VirtualPRO Edición 59 Diciembre de 2006 "Alcohol Carburante" www.revistavirtualpro.com,

inciden en esta materia prima para la producción de alcohol carburante y las expectativas que se tienen con respecto a la misma.

6.2.1.1. Aspecto Técnico

La utilización de los biocombustibles no reemplazara el petróleo como fuente principal de energía.

El uso de la biomasa como fuente de materias primas para la producción de biocombustibles, trae consigo ventajas, desventajas y limitaciones, que permite esclarecer la idea sobre la utilización de estas alternativas.

Ventajas:

- Balance de producción de CO₂ equilibrado.
- Evita la emisión de azufre e hidrocarburos policíclicos altamente contaminantes, causantes de la lluvia ácida.
- Recurso renovable en periodos cortos de tiempo.
- Canaliza los excedentes agrícolas alimentarios.
- Permite el uso de tierras abandonadas por otros cultivos.
- Obtención de productos biodegradables.
- Incremento de la actividad agrícola y económica.
- Aperturas de frentes de investigación agrícola, pecuaria, de proceso, de uso eficiente de los recursos y de energías alternativas.

Desventajas:

- A menos de que los biocombustibles se produzcan de manera sostenible, podrían existir prácticas intensivas de producción de energía, lo que provocaría daños irreparables en los ecosistemas.
- No todo el petróleo será sustituido por biocombustibles.
- Los elevados costos de recolección de la cosecha y transporte a los distribuidores.

- La escasez de infraestructura vial para el transporte de la materia prima a los centros de producción y de distribución de los biocombustibles.
- La baja inversión en tecnologías que permitan una producción competitiva de agroenergía.
- Estacionalidad de la producción agrícola.
- Energía más barata a partir de combustibles fósiles
- Competencia entre alimentos y bioenergía.
- Impacto directo en los precios de comercialización en productos agrícolas, cuya tendencia es a la baja, perjudicando a los agricultores.
- Menor rendimiento energético de los biocombustibles.
- Variación fisicoquímica del biodiesel por variabilidad de la materia prima.

Limitaciones:

- Falta de consenso con respecto a los verdaderos impactos ambientales y a las externalidades a corto, mediano y a largo plazo que se desprenden de la utilización de estas fuentes de energía.
- Falta de conocimiento sobre las prácticas agropecuarias, pertinentes a las materias primas para la producción de biocombustibles.
- Falta de conocimiento sobre el manejo de los sistemas de producción con visión holística.
- Falta de conocimiento sobre la producción en sistemas agroforestales con fines de producción de energía.
- Falta de programas de difusión de la utilización de agroenergía.
- Falta de un programa especial de fomento en I+D sobre biomasa y agroenergía⁶

Actualmente, el país cuenta con 70.000 hectáreas para la producción de biodiesel y 50.000 hectáreas para la producción de etanol, equivalente al 4% del área

⁶ GARCIA, Hugo, Director Programa Agroenergía Corpoica, Elementos Y Prospectiva De La Investigación Para La Agroenergía, CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria).

cultivada que proyecta el gobierno a 10 años de 3 millones de hectáreas⁷, de igual forma, dispone de un amplio margen para aumentar la frontera agrícola, que hasta la fecha es de alrededor de 3,4 a 3,6 millones de hectáreas cultivadas dentro de una zona predominantemente agrícola de 6 millones de hectáreas en total⁸.

Colombia, cuenta con una ventaja comparativa con otros países productores de biocombustibles, la extensión de terrenos aptos para cultivos y una estacionalidad climática no marcada.

La utilización de la tierra en el país no es aprovechada en su máximo, para tener una visión de lo planteado se muestran los siguientes datos: (Ver tabla 1 y gráfica 1)

TABLA 1 "USO ACTUAL (PREDOMINANTE) DE LA TIERRA IGAC (2004)"

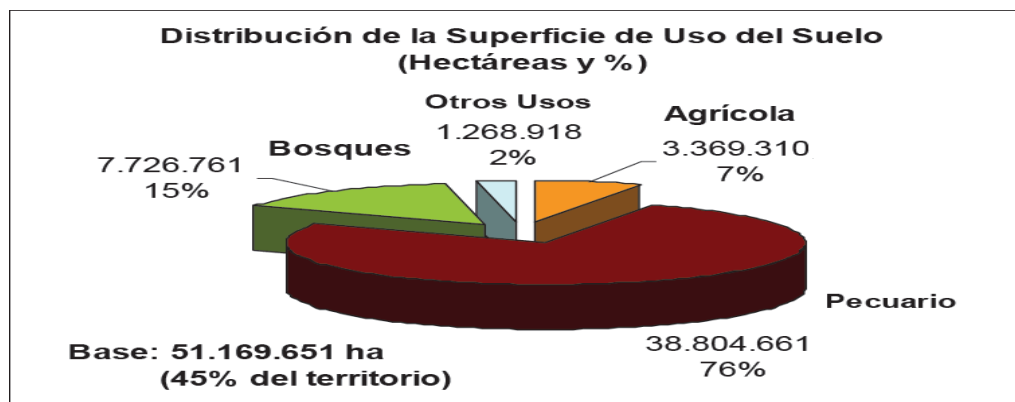
Descripción		AREA (ha)	%
Agricultura cultivos permanente y semipermanente plantaciones palma café platano citricos cacao forestales		2.513.539,00	2,2%
Agricultura cultivos transitorios zonas en descanso y potreros pequeños		3.528.842,00	3,1%
Arboles Agricultura y pastos en transición a potrero		9.753.968,00	8,6%
Areas Forestales y Areas protegidas resguardos y PNN cuerpos de agua pantanos cienagas paramos		53.682.742,00	47,1%
Otros		512.679,00	0,4%
Pastoreo tecnificado		7.732.856,00	6,8%
Pastos con algun tipo de manejo		7.903.604,00	6,9%
Pastos sin manejo		28.328.034,00	24,9%
TOTAL AREA EN MILLONES DE HECTAREAS		113.956.264,00	100,0%
Consolidado Aptitud Agrícola		15.796.349,00	

FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Consulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

⁷ BONILLA, Marcela. Asesora de la dirección de desarrollo sectorial sostenible. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Presentación Seminario taller de Biocombustibles, revista Virtual Pro, 2007

⁸ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Consulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

GRAFICA 1 "USO ACTUAL TIERRA"



FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Colsulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

Descontando las áreas con uso no agrícolas, como páramos, bosques, recursos hidrobiológicos, climas extremadamente fríos o extremadamente secos, se obtienen datos que no necesariamente contienen el área agrícola en su totalidad y cuyo uso predominante se ve a continuación⁹. (Ver tabla 2 e imagen 1)

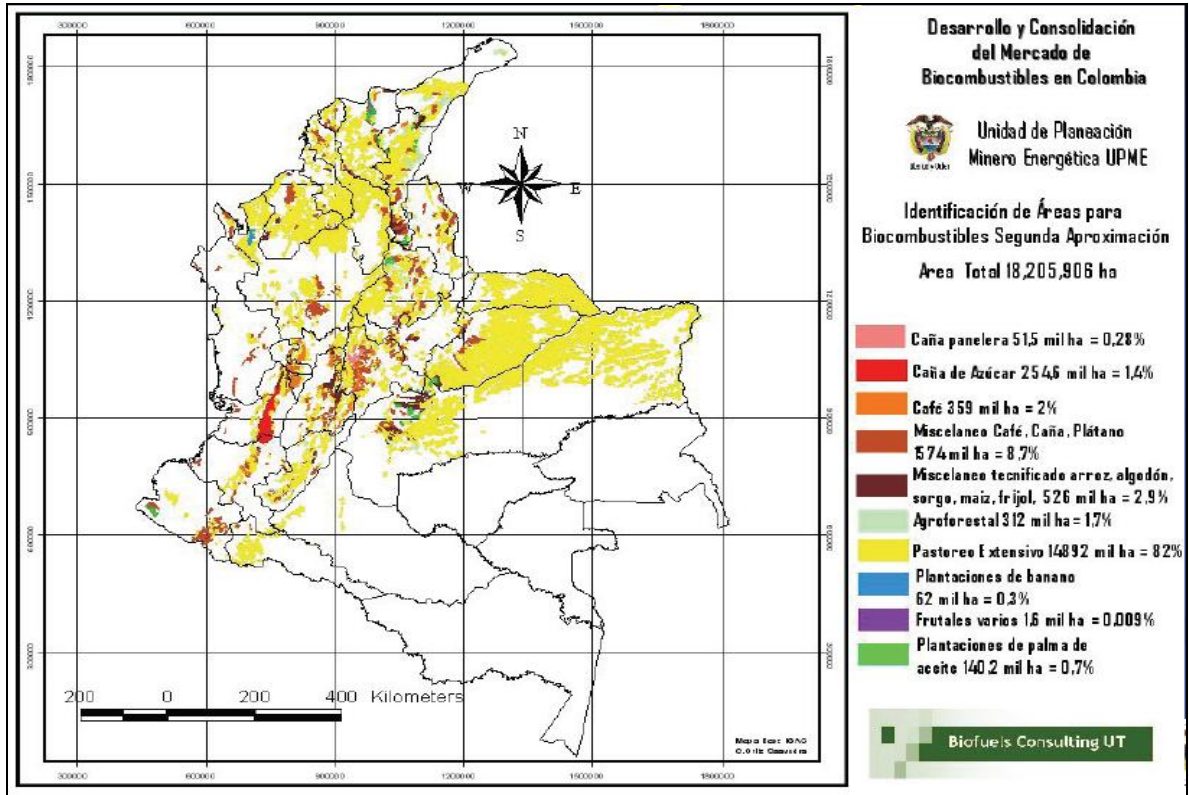
TABLA 2 "AREAS BIOCOMBUSTIBLES"

Uso predominante	Area (ha)	%	Color Mapa
Caña panelera	51.564	0,283%	
Caña de azúcar	254.639	1,399%	
Café	359.083	1,972%	
Miscelaneo Café, Caña, Plátano, Maíz, frutales	1.576.159	8,657%	
Miscelaneo tecnificado arroz, sorgo, yuca, algodón, maíz	526.128	2,890%	
Agroforestal	312.460	1,716%	
Pastoreo extensivo	14.921.265	81,958%	
Banano	62.715	0,344%	
Frutales varios	1.621	0,009%	
Palma de aceite	140.274	0,770%	
Total	18.205.906	100%	

FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Colsulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

⁹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Colsulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

IMAGEN 1 "AREAS BIOCOMBUSTIBLES"



FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Colsulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

Se observa que Colombia tiene un potencial para ser un protagonista en la producción mundial de biocombustibles.

A continuación, se muestra el estado del arte pertinente a los biocombustibles en Colombia, determinando las tecnologías que se utilizan para la obtención, las materias primas que se utilizan y el potencial de biomasa presente en el país.

6.2.1.1.1. Caña

- ***Reseña Histórica***

Caña de azúcar, originaría de Nueva Guinea. En el siglo XIII, en el mercado Europeo, Genoveses y Flamencos controlaban el negocio, distribuían la producción a los puertos de Barcelona, Marsella, Génova y Amberes, desde donde se enviaba a Holanda.

La caña es introducida a América por Cristóbal Colón en el segundo viaje en 1493, quien la sembró en lo que hoy es República Dominicana.

A Colombia es introducida hacia el año de 1510 en Santa María La Antigua del Darién, según historiadores, fue la primera ciudad del continente. Allí sembraron los primeros tallos y de donde consecuentemente se fue distribuyendo a todo el país, empezando por el Caribe cuyo destino fueron las regiones interiores.

Se instalaron trapiches para la producción de panela y azúcar en casi todas las regiones del país. Actualmente en el Valle geográfico del Río Cauca, se encuentran localizados los trece ingenios azucareros que fabrican casi todo el azúcar producido en Colombia. Los trapiches paneleros, se extienden en la mayoría de las zonas cálidas, en Cundinamarca, Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Huila, Nariño, Norte de Santander, Santander, Tolima y Valle.

- ***Generalidades del cultivo de la caña:***

Al cultivar caña, se debe tener en cuenta que, su duración tiene que llevarse por varios años en condiciones adecuadas de producción. Los rendimientos dependen de las propiedades químicas y físicas del suelo, prácticas de cultivo, variedades cultivadas y el ataque a plagas y enfermedades. La mayor integración de estos

factores hace que una zona sea apta o no apta para una zona de cultivo. Hay que tener en cuenta factores ecoclimáticos como: luz, temperatura, precipitación, brillo solar, humedad del aire y vientos.

Temperatura: Experimentos realizados demuestran que la temperatura media mínima mensual, es el factor que controla la elongación de la caña de azúcar, así mismo, la temperatura nocturna afecta la calidad del cultivo. La mayor producción se logra a temperaturas de 25 a 26°C, en temperaturas aproximadas a los 19 °C el crecimiento es mas lento, los entrenudos son mas cortos y los rendimientos disminuyen por hectárea. La temperatura óptima en el suelo es de 29 a 32 °C, por encima de éste límite se puede quemar la raíz y por debajo de los 10°C el crecimiento es nulo.

Oscilación De Temperatura: La oscilación se conoce como la variación de temperatura que se presenta entre el día y la noche, cuán mayor sea (menos de 8°C) la sacarosa se retiene y se forma de manera optima.

Luminosidad: Está relacionada con la función clorofiliana, a mayor brillo del sol aumenta la producción de caña. La luz se expresa en calorías gramo/cm².

La función fotosintética combina al anhídrido carbónico del aire con el agua y la energía radiante produciendo azúcar, considerando la luminosidad como un factor fundamental del crecimiento, tiene influencia en la aplicación del nitrógeno, cuando es buena aumenta la producción de materia seca, disminuyendo la humedad. La intensidad de la luz influye en la floración, cuando la longitud del día es larga, la floración se favorece.

Precipitación: La caña necesita de 8-9 mm. de agua por hectárea en los días calurosos y 3 mm. en días de época fría. Una precipitación de 1500 a 1750 mm. es suficiente para suplir las necesidades del cultivo, siempre y cuando, el suelo no sea suelto. Así mismo el exceso de agua es perjudicial para el cultivo a menos que

posea sistemas de drenajes favorables, ésta labor es muy difícil de lograr en zonas calidas y húmedas.

Vientos: El viento tiene dos efectos, el primero directo, cuando es muy fuerte causa daños mecánicos al cultivo e indirecto a través de cambios en la transpiración, humedad del aire y del suelo.

Zonas productoras de caña en Colombia:

1. **Zona:** desde el nivel del mar hasta 800 m. de altura; temperatura de 27 a 29°C con oscilaciones de temperatura de 5,5 a 10 °C, precipitación anual de 1500 a 2500 mm. entre Abril y Noviembre y entre Diciembre y Marzo sequía; luminosidad buena, suelos planos mas o menos fuertes. Se produce algo de azúcar, panela y abundantes mieles para la fabricación de alcohol. El principal defecto es la baja oscilación de temperatura, ocasiona una disminución en la concentración de sacarosa. Corresponden a esta clase de zona los departamentos de Bolívar, Córdoba, Atlántico, Magdalena, Cesar, Norte de Santander, Nariño y Chocó.
2. **Zona:** entre los 800 y 1200 m.s.n.m., temperaturas entre 23 y 26°C con oscilaciones entre 8 y 13°C, precipitación de 800 a 1800 mm. distribuidas en dos periodos mas o menos regulares: Marzo y Mayo, Septiembre y Noviembre; luminosidad de 6 horas aproximadamente; suelos planos o pendientes suaves, pertenecen a estas zonas los pequeños y medianos Valles de Risaralda, Pie de Cuesta, Girón, Pamplonita, Viotá, La Mesa, y el extenso Valle geográfico del Río Cauca.
3. **Zona:** entre los 1200 y 1800 m.s.n.m, es la más extensa del país y en ellas se encuentran ubicadas la mayoría de las explotaciones paneleras, tiene un temperatura entre 20 y 23°C con oscilaciones entre 8,5 y 13°C y lluvias entre 1000 y 2700 mm., brillo solar entre 4,5 y 6 horas. La topografía es quebrada y la fertilidad del suelo es buena y regular.

- **Industria panelera**

Considerando la importancia de la actividad panelera en Colombia, que es la segunda agroindustria rural después del café, vale la pena incluir el respectivo análisis socioeconómico y de producción, el cual, permitirá detectar las ventajas y desventajas que traería la producción de alcohol carburante en el país para los trapiches que se dedican a la producción de panela. Esta industria generaría 353.366 empleos directos y sería un soporte en el desarrollo de diferentes regiones del país.

- Producción

Según cifras de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 25 países en el mundo producen panela y Colombia es el segundo después de la India. Para el periodo entre 1998-2002, India participó con el 86% de la producción mundial, mientras que Colombia con el 13,9%, lo que significa, que se concentra la producción mundial de panela en estos dos países.¹⁰ (Ver tabla 3)

TABLA 3 "PRODUCCION MUNDIAL DE PANELA"

Puesto	País	1998 (Ton)	2002 (Ton)	Acumulado producción 1998 – 2002 (Ton)
1	India	8.404.000	7.214.000	42.448.000
2	Colombia	1.175.650	1.470.000	6.858.840
3	Pakistán	823	600	2.872
4	Myanmar	183	610	2.486
5	Bangladesh	472	298	2.145

FUENTE: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

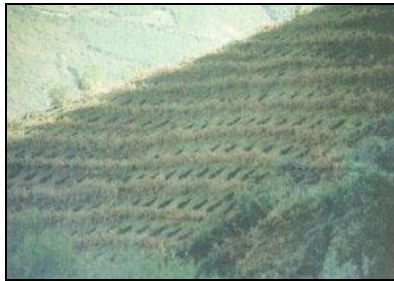
¹⁰ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL .Sector Panelero Colombiano, República de Colombia, 2005.

Proceso de Producción Panelera

Para la siguiente información, se realizó visitas a dos trapiches, ubicados en el municipio de Utica, departamento de Cundinamarca, en donde detallaron como realizan la producción de panela, la siguiente es el proceso relatado:

Primer paso, preparación del suelo: A medida que se deshiera la corteza, se van realizando hoyos de 50 cm. de profundidad para romper estratos o capas compactas del suelo, situadas por debajo del nivel de corte del arado. Se perforan aproximadamente 4000 hoyos para resembrar. (ver imagen 2)

IMAGEN 2 "PREPARACIÓN DEL SUELO"



FUENTE: <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/oregon/imagenes/pag31.JPG>.

Segundo paso, selección de semilla: La semilla se toma del corte de la cosecha anterior (mas o menos un 10 o 15% de la cosecha), se seleccionan los bretones o padrones, que son las cañas mas adecuadas para la siembra, se fragmentan en trozos de 20 cm. aproximadamente. (Ver imagen 3 Y 4)

IMAGEN 3 "SELECCIÓN DE SEMILLA 1"



IMAGEN 4 "SELECCIÓN DE SEMILLA 2"



FUENTE: Autores

Tercer paso, siembra: Según la información suministrada por las personas que laboran en el trapiche, la profundidad de siembra oscila entre 20 a 25 cm., con una

distancia entre hoyos de 50 cm., la semilla debe quedar cubierta con 5 cm. de suelo. (Ver imagen 5)

IMAGEN 5 "SIEMBRA"



FUENTE: Autores

Cuarto paso, maduración: Proceso durante el cual, la planta suspende su crecimiento y comienza a almacenar en el tallo energía en forma de sacarosa. Las condiciones óptimas para su maduración son: poca lluvia, temperatura fresca y bastante luminosidad. Ocurren manifestaciones externas como el acortamiento de entrenudos en el cogollo, presencia de hojas amarillas delgadas y quebradizas, tallos cerosos, brotación de yemas y formación de medula corchosa en la parte superior del tallo. (Ver imagen 6)

IMAGEN 6 "MADURACIÓN"



FUENTE: Autores

Quinto paso, cosecha: La cosecha tiene como meta final entregar al trapiche tallos de caña de buena calidad, medida por el contenido de sacarosa, para esto se debe cortar las puntas o cogollos en la operación de recolección, ya que, las puntas y las hojas de la caña, contienen poca sacarosa disminuyendo el rendimiento de azúcar, la punta se elimina de manera efectiva por el corte a mano que es el método de recolección escogido para el corte. (Ver imagen 7)

IMAGEN 7 "COSECHA"



FUENTE: [www.inta.gov.ar/ins/g SELECCIÓN DE SEMILLA 1aleria/indus/foto04.htm](http://www.inta.gov.ar/ins/g_SELECCIÓN_DE_SEMILLA_1aleria/indus/foto04.htm)

Sexto paso, transporte y descarga al trapiche: Una vez realizada la cosecha se transporta la caña al trapiche en mulas como tradicionalmente se ha realizado por generaciones, lo que se conoce como carga. (Ver imagen 8 Y 9)

IMAGEN 8 "TRANSPORTE Y DESCARGA AL TRAPICHE 1"



IMAGEN 9 "TRANSPORTE Y DESCARGA AL TRAPICHE 2"



FUENTE: Autores

Séptimo paso, molienda: Una vez descargada la caña, se procede a extraer el jugo de la misma por medio de trapiches, con un motor que funcionan alrededor de 750 RPM y que utiliza como combustible el ACPM, el motor trasmite el movimiento por medio de una correa de caucho hasta una polea que hace girar los

rodillos que son fabricados por artesanos fundidores sin técnica específica, obteniéndose como producto el jugo de la caña y como residuo el bagazo, el cual se desaprovecha al quedar un 35 % del jugo en este. (Ver imagen 10, 11, 12 y 13)

IMAGEN 10 "MOLIENDA 1"



IMAGEN 11 "MOLIENDA 2"



IMAGEN 12 "MOLIENDA 3"



IMAGEN 13 "MOLIENDA 4"



FUENTE: Autores

Octavo paso, cocción del jugo de la caña: Una vez extraído el jugo de la caña, se inicia la cocción, en donde se eliminan impurezas y se le dan las características al mismo para volverlo cochada, en este proceso la persona encargada de la cocción, bate el jugo de forma constante mientras se cocina a una temperatura aproximada de 125° C, para espesar y acelerar la solidificación. (Ver imagen 14 y 15)

IMAGEN 14 "COCCIÓN DEL JUGO DE LA CAÑA 1"



IMAGEN 15 "COCCION DEL JUGO DE LA CAÑA 2"



FUENTE: Autores

Noveno paso, preparación de la cochada: La cochada es conducida a otro recipiente, se bate con cuidado hasta que se espese a cierto punto deseado para luego verterla en las gaveras. (Ver imagen 16, 17 y 18)

IMAGEN 16 "PREPARACION COCHADA 1"



IMAGEN 17 "PREPARACION COCHADA 2"



IMAGEN 18 "PREPARACION COCHADA 3"



FUENTE: Autores

Décimo paso, vertimiento de la cochada en las gaveras: Se vierte la cochada sobre una mesa, la cual, tiene las gaveras, es decir, moldes de la panela, el tamaño varían según el peso de cada bloque de panela, en este caso el tamaño de cada cubículo es de 7 por 5cm de lado y de 4cm de alto. (Ver imagen 19)

IMAGEN 19 "VERTIMIENTO DE LA COCHADA EN LAS GAVERAS"



FUENTE: Autores

Luego, se esparce con cuidado, de forma que no se desperdicie la cochada vertida y para no producir burbujas de aire que alteren el volumen del bloque de panela. (Ver imagen 20y 21)

IMAGEN 20 "ESPARCIMIENTO DE COCHADA 1"



IMAGEN 21 "ESPARCIMIENTO DE COCHADA 2"



FUENTE: Autores

Décimo primer paso, dejar secar la cochada en las gaveras: Se deja que la cochada se solidifique, de forma que llegue a un estado en el cual no se deshaga la panela. (Ver imagen 22)

IMAGEN 22 "SECADO DE LA COCHADA EN GAVERAS"



FUENTE: Autores

Décimo segundo paso, extracción de los bloques de panela: Después de media hora aproximadamente, la cochada vertida en las gaveras se solidifica, luego se procede a retirarlas, proceso en la cual, los bloques de panela adoptan su forma final. (Ver imagen 23, 24 y 25)

IMAGEN 23 "EXTRACCION 1"



IMAGEN 24 "EXTRACCION 2"



IMAGEN 25 "EXTRACCION 3"



FUENTE: Autores

Décimo tercer paso, empaque y distribución de la panela: Se empaquen en cajas listas, 40 bloques de panelas de media libra y 20 bloques de una libra según se requiera, la venta se lleva a cabo en la plaza del municipio o en el mismo trapiche. (Ver imagen 26)

IMAGEN 26 "PRODUCTO FINAL"



FUENTE: Autores

Costos de producción

Estudios de este tema, evidencian que la estructura cambia conforme a la zona productora, los rendimientos de la caña y el tipo de tecnología empleada, tradicional artesanal ó tecnificada. La siguiente tabla expone dos zonas disímiles en sus rendimientos (13.2 Ton/Ha vs. 5 Ton/Ha) y tipo de tecnología. (Ver tabla 4)

TABLA 4 "COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LA PANELA 2005"

ACTIVIDAD (\$)	HOYA DEL RÍO SUÁREZ (Tecnología Avanzada)	CUNDINAMARCA (Tecnología Tradicional)
CULTIVO		
Siembra	670.750	
Prácticas culturales	544.000	540.000
Cosecha	1.927.000	1.130.000
Subtotal cultivo	3.141.750	1.670.000
PROCESAMIENTO		
Mano de obra	2.092.000	600.000
Insumos	1.037.000	596.000
Otros gastos	400.000	290.000
Subtotal procesamiento	3.529.000	1486.000
TOTAL COSTOS	6.670.750	3156.000
Costos por kilo de panela	505	631

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Sector Panelero Colombiano, República de Colombia, 2005.

Información del MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, contemplan que existe diferencia entre las capacidades de producción de las zonas comparadas en el cuadro anterior.

La Hoya del río Suárez tiene una capacidad de producción de 100.000 Kg. /Ha y de 13.200 Kg. de panela por cosecha. En las zonas paneleras de Cundinamarca, la capacidad de producción de caña es de 50.000 Kg. /Ha y 5.000 Kg. de panela por cosecha. La diferencia se sustenta en que en la primera se renuevan los cultivos cada cuatro años y en la segunda todavía se encuentran antiguos cultivos de hace 40 años.

En Cundinamarca, se presentan explotaciones caracterizado por bajos rendimientos y uso de tecnología tradicional, el 53% de los costos corresponde al cultivo, mientras que el 47% son atribuibles al procesamiento de la panela. Por su parte en la Hoya del Río Suárez, región con rendimientos altos y uso de tecnología mejorada, los mayores costos son de procesamiento, con un 53% del costo total.

Tanto en el cultivo como en el procesamiento, el mayor aporte lo hace el factor trabajo¹¹.

- **Industria azucarera**

La industria del azúcar en el país se ubica en el Valle Geográfico del Río Cauca, incluyendo 33 municipios desde norte del departamento del Cauca, pasando por el centro del Valle del Cauca y llega hasta el sur del departamento de Risaralda, donde se establecen 13 de los 14 ingenios azucareros existentes en el país: Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, San Carlos, Tumaco, Castilla, Ríopaila, Incauca, Providencia y Sicarare, este último en el departamento del Cesar.

Gracias a las favorables condiciones climáticas del país, puede cosecharse caña durante todos los meses del año.

Producción

Debido al éxito que la industria azucarera tiene en el país, a pesar del efecto negativo visto en diferentes ocasiones por los precios internacionales y la sobreproducción de azúcar en los demás países productores, dicho sector reviste de gran importancia, no solo por su contribución al desarrollo agrícola e industrial, si no, también por su capacidad para generar empleo, además, de la generación y captación de divisas y al suplemento calórico de la dieta alimentaria Colombiana.

En la región azucarera del valle hay más de 200,000 hectáreas sembradas en caña, de las cuales, según el censo de 2002, el 20% corresponde a tierras propias

¹¹ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL .Sector Panelero Colombiano, República de Colombia, 2005.

de los ingenios y el restante 80% a más de 1,500 cultivadores de caña¹². (Ver Tabla 5).

TABLA 5 "DATOS GENERALES DE LA INDUSTRIA"

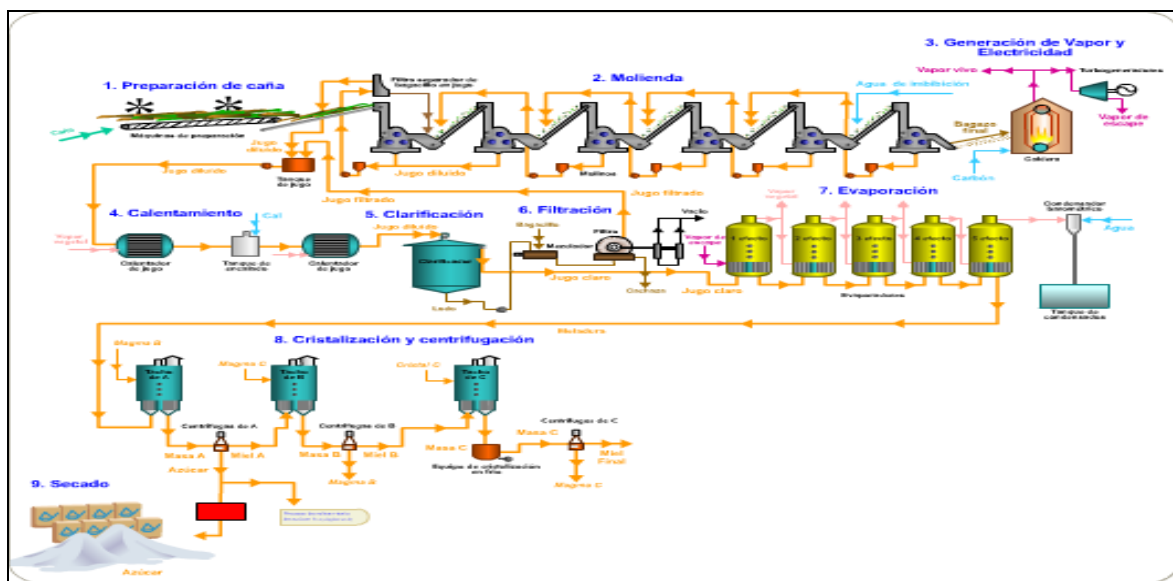
Datos generales de industria		
Producción azúcar total	2.520	Mill ton m
Producción azúcar exportada	1.127	Mill ton m
Ha sembradas en el Valle del Río Cauca	205.460	Ha
Producción caña por Ha	120.66	Ton
Producción alcohol por ton	75	Lt/Ton caña

FUENTE: ASOCAÑA

En este proyecto, se menciona la industria azucarera como antecedente de la industria del alcohol carburante, puesto que en la actualidad, la producción en el país se realiza precisamente en los ingenios azucareros, con una capacidad de más de 1'000.000 de litros diarios que se producen a partir de mieles residuales, lo que no afecta la producción de azúcar y da un uso importante a este subproducto que por décadas se consideró como desecho. A continuación se muestra detalladamente el proceso de obtención de azúcar a partir de caña de azúcar. (Ver imagen 27)

IMAGEN 27 "PROCESO DE OBTENCIÓN DEL AZÚCAR"

¹² www.asocana.com.co/publico/historia.aspx



FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Preparación de la caña: En este proceso, los tallos de la caña son triturados y desfibrados con máquinas de preparación antes de la molienda. (Ver imagen 28)

IMAGEN 28 "PREPARACION DE LA CAÑA"

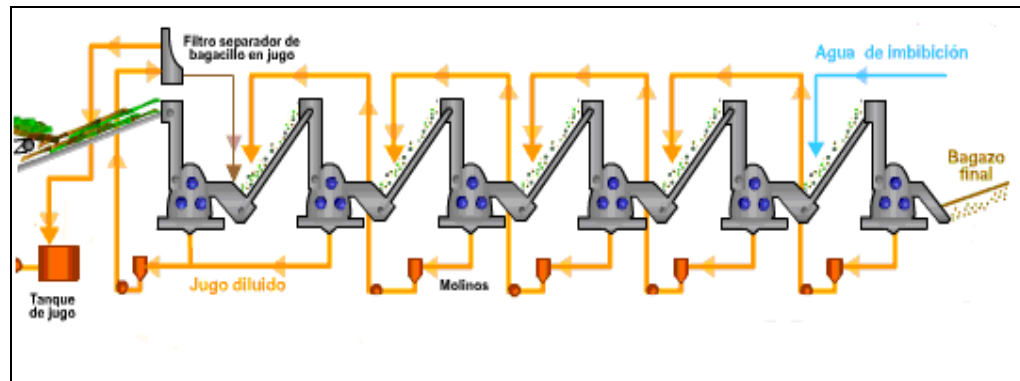


FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Molienda: En este paso, se extrae y separa el jugo de la caña. Se ejecuta en una cadena de molinos. En el primer molino se prepara la caña triturada en el proceso anterior y en los demás molinos se procesa el bagazo proveniente de los molinos que le anteceden, donde se exprime y se lava el colchón de bagazo agregando agua de imbibición para facilitar la extracción de sacarosa de la caña. El residuo del proceso de la molienda se utiliza en las calderas y tiene otros usos como el de fabricación de papel. Luego en el filtro de bagacillo se separan las partículas que

quedan en el jugo y enseguida se almacena en un tanque contenedor. (Ver imagen 29)

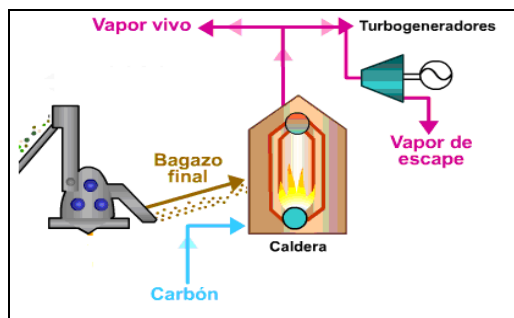
IMAGEN 29 "MOLIENDA"



FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Generación de Vapor y Electricidad: Por medio de vapor vivo o vapor de alta presión que se utiliza en las turbinas de vapor, se activan y mueven los molinos, generando energía eléctrica con los turbogeneradores. En la caldera se genera la combustión del carbón y bagazo permitiendo la producción de vapor de alta presión, del cual se obtiene energías térmica, mecánica y eléctrica. El vapor de escape se utiliza para los procesos de calentamiento y evaporación. (Ver imagen 30)

IMAGEN 30 "GENERACION DE VAPOR Y ELECTRICIDAD"

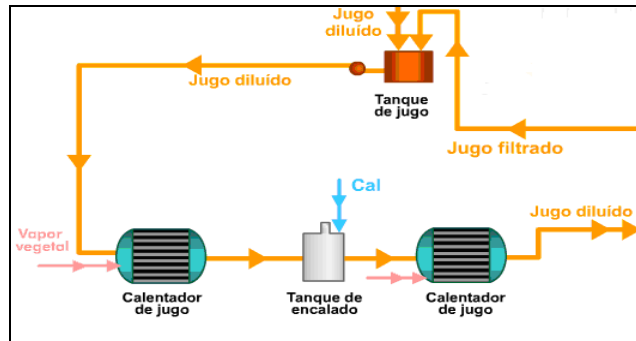


FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Calentamiento: Se eleva la temperatura del jugo filtrado al vacío hasta 105 °C mediante el uso del vapor de escape. En el tanque de encalde se le agrega una solución de cal al jugo para que reduzca la acidez y evitar la inversión de la

sacarosa, precipitando las impurezas en el jugo, pasando a otro calentador y obteniéndose el jugo diluido. (Ver imagen 31)

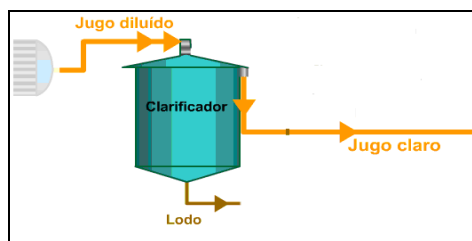
IMAGEN 31 "CALENTAMIENTO"



FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Clarificación: El jugo diluido, que es la mezcla de jugos extraídos de los primeros molinos, pasa al clarificador, el cual, es un equipo que separa los líquidos de los sólidos por medio de un proceso de sedimentación de sólidos insolubles, en este caso se separa el lodo del jugo claro. El lodo sigue a los filtros rotatorios de vacío donde es recuperado el porcentaje de sacarosa que conserva luego de la separación. El jugo claro pasa directamente al proceso de evaporación y presenta un nivel bajo de turbiedad. (Ver imagen 32)

IMAGEN 32 "CLARIFICACIÓN"

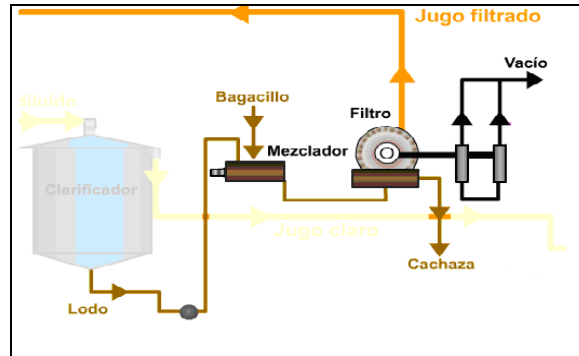


FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Filtración: Las materias primas que entran en el proceso de filtración son el bagacillo residual de la molienda y el lodo que resulta de la precipitación de los sólidos en la clarificación. Estos dos elementos van al mezclador, donde se batan hasta obtener una mezcla homogénea que será enviada a los filtros rotatorios al vacío. Posteriormente se extrae el jugo filtrado contenido en la mezcla anterior y

se obtiene la cachaza como residuo, luego el jugo filtrado recircula hasta el tanque de jugo. (Ver imagen 33)

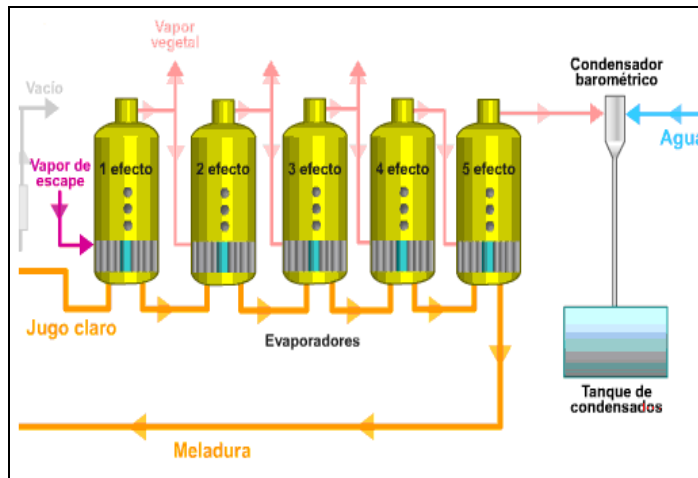
IMAGEN 33 "FILTRACIÓN"



FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Evaporación: Con ayuda del vapor de escape, se lleva a cabo la evaporación del jugo claro. Los evaporadores, que son equipos de intercambio de calor, disipan la mayor cantidad de agua contenida en el jugo hasta obtener una meladura. Dichas maquinas trabajan por efectos, el primer efecto se realiza con vapor de escape, mientras que en los demás se utiliza el mismo vapor generado en los otros dispositivos, llamado vapor vegetal. Luego del último efecto, el vapor pasa por un condensador barométrico, que permite recuperar los líquidos del mismo mediante la adición de agua, este líquido se almacena en el tanque de condensados. (Ver imagen 34)

IMAGEN 34 "EVAPORACIÓN"

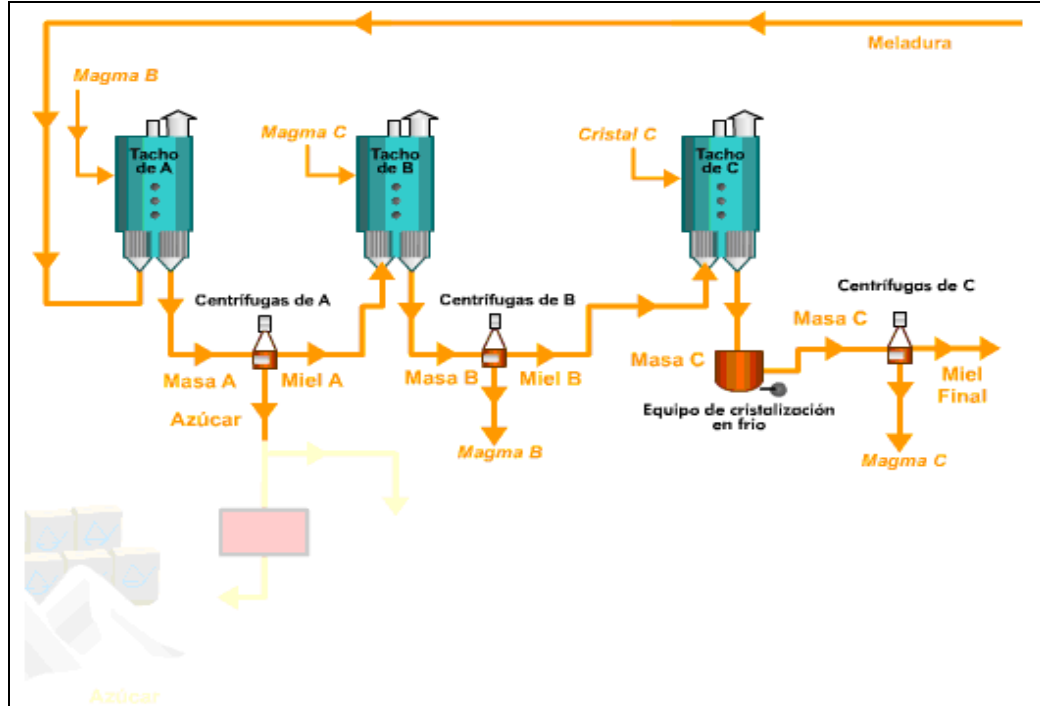


FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Cristalización Y Centrifugación: Después de obtener la meladura, pasa por la estación de tachos, iniciando en el tacho A. Este equipo permite la cristalización de la meladura, se le adiciona magma B, el cual es un compuesto que resulta de la centrifugación de la masa B que sale del tacho B y es utilizado como semilla en la cristalización del tacho A, obteniendo azúcar en forma de licor que se denomina licor madre y miel A que pasará a tacho B.

En el tacho B se utiliza la miel A y el magma C, el cual, se obtiene luego de la centrifugación en el tacho C y tiene la misma función de semilla que el magma B en el tacho A, obteniéndose masa B, ésta masa, pasará por la centrifuga de tacho B, obteniéndose magma B y miel B, esta miel pasará al tacho C, mezclándose con cristal C, que en este caso será la semilla, obteniéndose masa C, luego esta masa es transportada al equipo de cristalización en frío, donde se lleva a cabo un agotamiento de la masa C por falta de solubilidad mediante una caída en la temperatura, obteniéndose después de centrifugar, cristal C, magma C y miel final, siendo esta miel la materia prima que utilizan los ingenios para la producción de alcohol carburante en el país. (Ver imagen 35)

IMAGEN 35 "CRISTALIZACIÓN Y CENTRIFUGACIÓN"



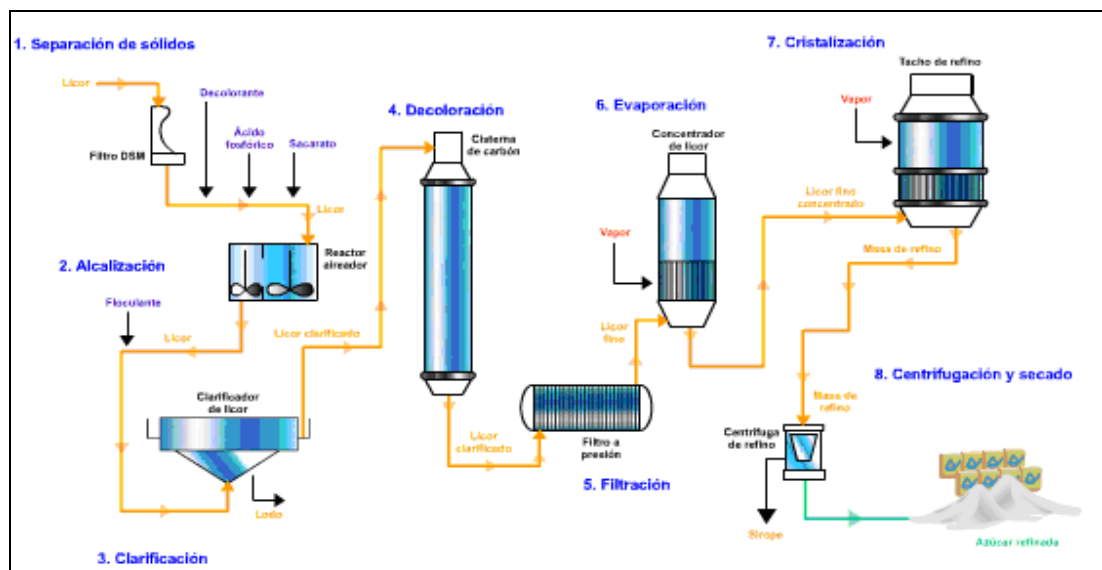
FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Refinación: Este proceso contiene 8 pasos:

- *Separación de sólidos:* En esta etapa el licor madre pasa por un filtro donde se retiene los sólidos insolubles.
- *Alcalización:* Proceso donde se mezclan los insumos que son decolorante, ácido fosforito, y sacarato de calcio, con el licor.
- *Clarificación:* En este paso se separan los sólidos insolubles del licor, extrayendo lodo por la parte inferior del clarificador, mientras que, el extracto clarificado se obtiene en la parte superior.
- *Decoloración:* Es un sistema en el que se elimina el color al licor clarificado por medio de una cisterna de carbón que extrae los agentes de color.
- *Filtración:* Es el proceso donde se separan los componentes indeseados del licor clarificado, por medio de un filtro a presión para obtener un licor fino.
- *Evaporación:* En esta etapa se concentra el licor fino por el efecto de la evaporación de agua contenida en el mismo.

- *Cristalización:* Etapa de la refinación, que por medio de un tacho de refino se lleva a acabo la cristalización de la sacarosa contenida en el licor fino concentrado.
- *Centrifugación y secado:* Proceso en el que se separa el sirope de los cristales de azúcar refinada, que proviene de la centrífuga de refino. Luego se retira la humedad del azúcar mediante aire caliente, dando así el producto final. (Ver imagen 36)

IMAGEN 36 "REFINACIÓN"

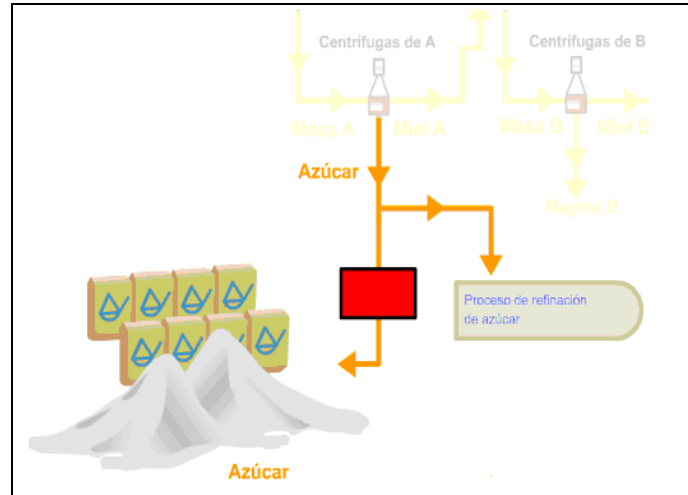


FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

Secado: Proceso que se efectúa con aire caliente para retirar la mayor cantidad de humedad posible del azúcar. En este caso el resultado final es azúcar morena¹³. (Ver imagen 37)

¹³ CENICANA, Proceso de obtención del azúcar 2004, www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.swf

IMAGEN 37 "SECADO"



FUENTE: www.cenicana.org/flash/diagrama_obtencion.sw

• **Industria de alcohol carburante a partir de caña**

Colombia, es privilegiada por tener con las condiciones geográficas y climáticas ya mencionadas, pues, permite la implementación de una agroindustria entorno del alcohol carburante. Aprovechando la tradición y trayectoria de la industria azucarera, los ingenios iniciaron la producción de etanol, de esta forma se suple la demanda de la mezcla E10 en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes (Ley 693 de 2001). Esto generará una activación del sector cañicultor y creará aproximadamente 170.000 empleos directos e indirectos, incluyendo temporales en el área de la construcción, montaje de plantas y en el sector agrícola, siendo la industria de los biocombustibles, no la salvación, pero sí una alternativa de desarrollo agrícola para el país.

- **Producción**

Las cinco recientes destilerías que funcionan en Colombia con el fin de producir alcohol carburante, están adjuntas a los ingenios, específicamente en Mayagüez, que tienen una capacidad de 150.000 litros/día, que representan US\$18'000.000 para el ingenio, en Providencia, con capacidad de 250.000 litros/día por

US\$21'000.000, en el Ingenio de Risaralda, con capacidad de 100.000 litros/día por US\$19'000.000, en Manuelita, con capacidad de 250.000 litros/día representando US\$22'000.000 y por último Incauca, es el ingenio con mayor capacidad en el país, con 300.000 litros/día, a un costo de US\$35'000.000, obteniendo finalmente una capacidad total de 1'050.000 litros/día.

La tecnología que estos ingenios implementaron para la industria del alcohol, es originaria de la India (PRAJ- DELTA T), donde también adquirieron las plantas para la concentración de las vinazas y su posterior uso para la obtención de compost.¹⁴

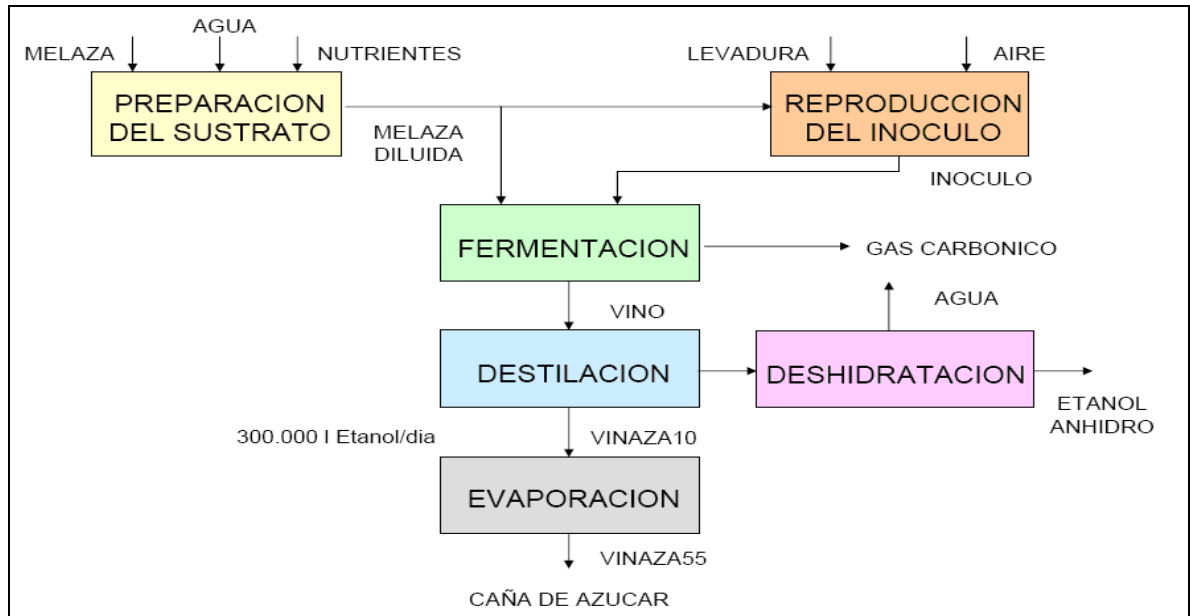
No hay que descartar proyectos que se postulan para el futuro en zonas paneleras como la Hoya del Río Suárez, ya que, ésta es una de las nueve regiones escogidas por los inversionistas privados, con el fin de aprovechar la cultura de la caña en su territorio y efectuar el montaje de plantas de alcohol carburante con una capacidad de producción desde los 150.000 litros/día hasta 300.000 litros/día¹⁵.

¹⁴ BRICEÑO, Carlos O. Cenicafía, "Aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e investigaciones para la producción de bioetanol en Colombia". Julio de 2006.

¹⁵ ZAMBRANO ARROYO, Daniel Enrique, DIAGNÓSTICO DE SENSIBILIDAD POR EL MONTAJE DE UNA PLANTA PRODUCTORA DE ALCOHOL CARBURANTE EN LA HOYA DEL RÍO SUAREZ

- **Proceso de obtención del alcohol carburante a partir de caña de azúcar**

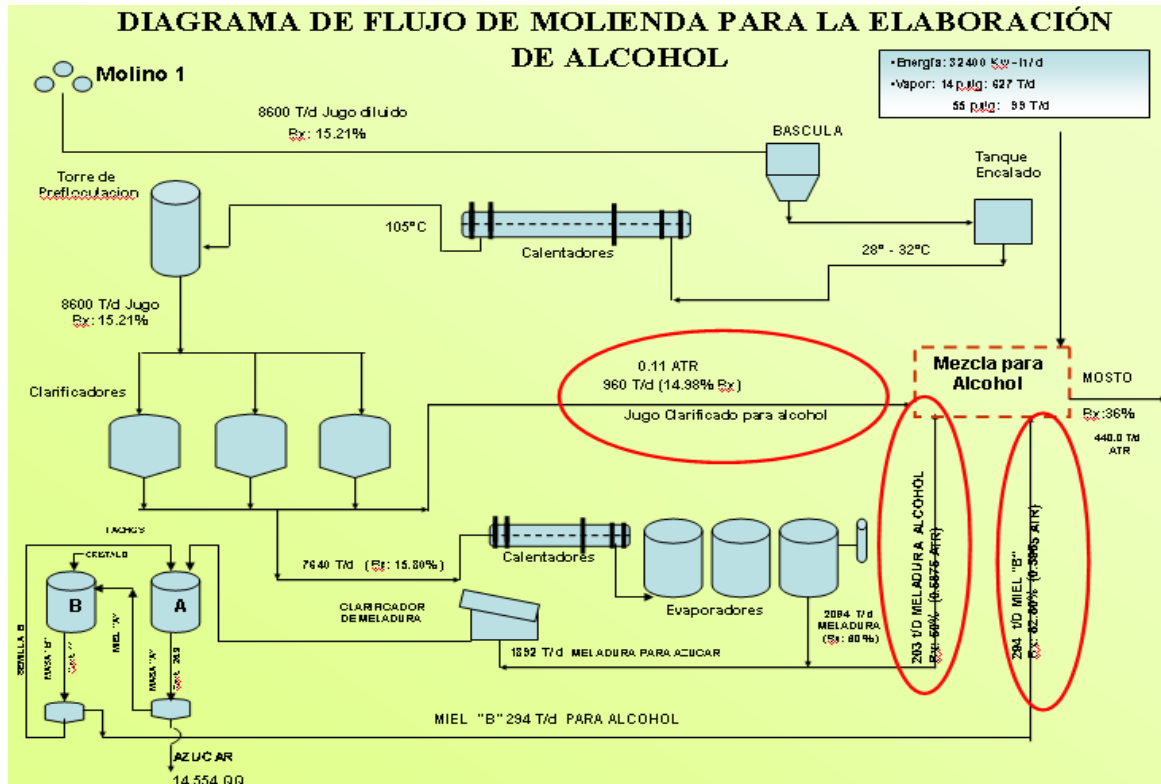
IMAGEN 38 "PROCESO DE OBTENCIÓN DEL ETANOL"



FUENTE: GNECCO MANCHENO, José, Sucromiles, SITUACION DE LA PRODUCCION DE ETANOL EN COLOMBIA, 15 MARZO 06.

Obtención de jugos: El proceso en los ingenios azucareros se inicia en el clarificador, donde un equipo separa los líquidos de los sólidos por medio de un proceso de sedimentación de sólidos insolubles, permite la salida del jugo clarificado, del proceso de evaporación se obtiene la meladura y del proceso de cristalización y centrifugación se consigue miel residual, todos estos componentes se combinan para ir al primer paso de de la fabricación del alcohol carburante. (Ver imagen 39)

IMAGEN 39 "DIAGRAMA DE FLUJO DE MOLIENDA PARA LA ELABORACION DE ALCOHOL"



FUENTE: VIVAS, Adolfo León. Ingeniero Superintendente de Fábrica Ingenio Providencia S.A. CONSTRUCCIÓN Y GESTIÓN PARA UN PROYECTO DE ALCOHOL CARBURANTE.

Preparación del sustrato: Se prepara el jugo de la siguiente manera: el jugo que proviene de la molienda, con la melaza y la miel del proceso azucarero. (Ver imagen 40)

IMAGEN 40 "PREPARACIÓN DEL SUSTRATO"



FUENTE: ASOCAÑA, Programa de Biogasolina 2005

Al jugo se le agrega ácido sulfúrico para que el pH llegue a 4.5 y así facilitar la reproducción de la levadura y la fermentación del jugo. El flujo que sale del tanque se bombea a través de una tubería donde se divide en dos. Uno de los flujos se transporta hacia un mezclador estático, en donde se diluye con agua desionizada hasta una concentración de 6 a 7% en peso de azúcares reductores (°Brix), posteriormente se enfría en un intercambiador de tubo y carcaza, hasta una temperatura de 28 °C. Esta es la condición térmica óptima a la que debe entrar el jugo que se usa como medio de crecimiento para la levadura *Sacharomices cerevisiae*.

El otro flujo se enfría hasta una temperatura de 32 °C en el intercambiador de calor, utilizando agua de pozo como fluido refrigerante. Esta temperatura y la concentración de 14 °Brix, son las condiciones térmicas óptimas para alimentar al fermentador.¹⁶

Reproducción del inóculo: Los cultivos de levadura pura se activan en el laboratorio a una temperatura de 28 a 30 °C, hasta lograr una población de 190 a 200 millones de células por cm³, utilizando como medio de crecimiento el jugo estéril diluido.

Subsiguientemente se realiza un escalamiento a dos cubas de reproducción que contienen jugo diluido. En estas cubas, se introducen elementos necesarios para el crecimiento y reproducción de la levadura, entre los que se tienen: urea como fuente de nitrógeno, fosfato de amonio como fuente de fósforo, oxígeno (aire estéril), además, se agrega antiespumante.

¹⁶ GRISALES, Paola Andrea, RÍOS, Leonardo Andrés y TRIANA Mauricio. Escuela de Ingeniería Química - Universidad del Valle, Diseño de un proceso de producción de etanol anhidro a partir de jugo de caña.

Las cubas deben mantenerse a una temperatura de 28 a 30 °C. (Ver imagen 41)

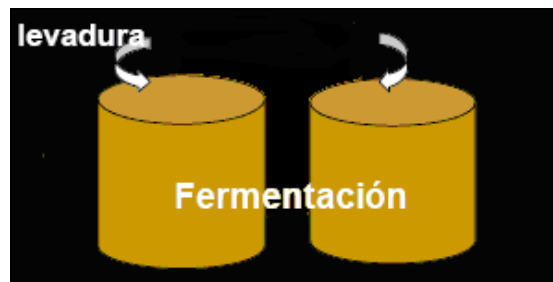
IMAGEN 41 "CUBAS DE REPRODUCCIÓN"



FUENTE: AUTORES

Etapa de Fermentación: Para el proceso de fermentación se utilizan dos reactores tipo tanque agitador (CSTR) en serie, con recirculación de la levadura. Se alimenta continuamente jugo de caña (14 °Brix) al primer fermentador. Este proceso fermentativo se hace bajo condiciones anaerobias a una temperatura de 32 a 35°C y un pH de 4,2 a 4,5. Se adiciona antiespumante y ergosterol, éste último en una relación de 5-40 mg/l de sustrato para hacer la levadura más resistente a las condiciones de concentración de etanol y temperatura del medio. También se agregan pequeñas cantidades de la enzima INVERTASA para ayudar a levadura a hidrolizar la sacarosa. (Ver imagen 42)

IMAGEN 42 "FERMENTACIÓN"



FUENTE: ASOCAÑA, Programa de Biogasolina 2005

Por cada gramo de glucosa consumida se producen 0,51g de etanol y 0,49g de CO₂, obteniendo una fermentación ideal con una conversión del 95% de pureza, pero, debido a la formación de algunos productos secundarios menores como propanol, butanol, metanol, glicerol y ácido láctico, se obtienen conversiones entre 90 y 93%. La reacción es exotérmica y genera -16.000 Btu/lbmol de azúcar fermentada, es por esto, que el fermentador necesita un sistema adecuado de control de temperatura. Para esto se emplea una chaqueta externa de enfriamiento que funciona con agua de la torre de enfriamiento. Las condiciones de temperatura y pH están controladas electrónicamente en los fermentadores, mientras que se realizan muestras periódicas de grado alcohólico y conteo microbiano.

El efluente proveniente del segundo reactor, pasa a un decantador donde se separa la torta de fermentación (levaduras y otros en muy pequeñas proporciones) del caldo de fermentación (etanol, agua y otros ácidos y alcoholes). El CO₂ producido en la reacción, se remueve del reactor por la parte superior y se envía a otro proceso en el cuál, se licua para su posterior venta. El caldo de fermentación se bombea hacia un tanque, en donde pasa al proceso de recuperación de etanol por destilación.

Destilación: El fermentado, alimenta a dos columnas, la de despojo y la de rectificación, la primera, opera a una presión de 0.4 MPa y la segunda, a presión atmosférica.

En la primera, se permite que el dióxido de carbono escape, en ésta columna se retiran las partes que no se fermentaron y el agua restante. El alcohol sale con un 75% en peso y entra a la columna rectificadora. Los subproductos resultantes, como la vinaza no recuperada en la columna anterior, se extraen, y son enviados a la planta de tratamiento, luego, en la rectificadora, el alcohol es llevado a su

punto azeotrópico (96%v) y abandona la torre por la parte superior, como vapor saturado¹⁷. (Ver imagen 43)

IMAGEN 43 "DESTILACIÓN"



FUENTE: ASOCAÑA, Programa de Biogasolina 2005

Deshidratación: El alcohol anhidro, es obtenido por un proceso llamado pervaporación. La corriente de etanol que sale de la destilación con una concentración de 95% V/V se pasa por una bomba en donde se eleva la presión de 1 a 6 atmósferas. A continuación se introduce a un intercambiador de calor de tubo y carcaza, en donde se aumenta la temperatura de 130 a 150°C. Este flujo se bombea al módulo de membrana semipermeable del primer pervaporador. Esta membrana esta hecha de micro poro de poliacrilonitrilo cubierto con una capa de 5 a 20 μm de poli-vinil-alcohol (PVA). La mezcla líquida entra en contacto con la membrana, la cual, selectivamente permite el paso del agua en forma de vapor hacia el otro lado de ésta debido a un gradiente de concentración y presión. Este flujo líquido rico en agua (50-70% V/V) que sale del primer pervaporador como vapor (permeado), se condensa y genera un vacío espontáneo dentro del pervaporador. La corriente líquida rica en etanol ingresa al segundo pervaporador en donde se pone en contacto con la membrana. La corriente rica en agua (permeado) se condensa y se une a la corriente rica del primer pervaporador.

¹⁷ GRISALES, Paola Andrea, RÍOS, Leonardo Andrés y TRIANA Mauricio. Escuela de Ingeniería Química - Universidad del Valle, Diseño de un proceso de producción de etanol anhidro a partir de jugo de caña.

Está se bombea hacia una válvula en donde se lleva a presión atmosférica y se reenvía a la segunda columna de destilación para recuperar el etanol¹⁸. (Ver imagen 44)

IMAGEN 44 "DESHIDRATACIÓN"



FUENTE: ASOCAÑA, Programa de Biogasolina 2005

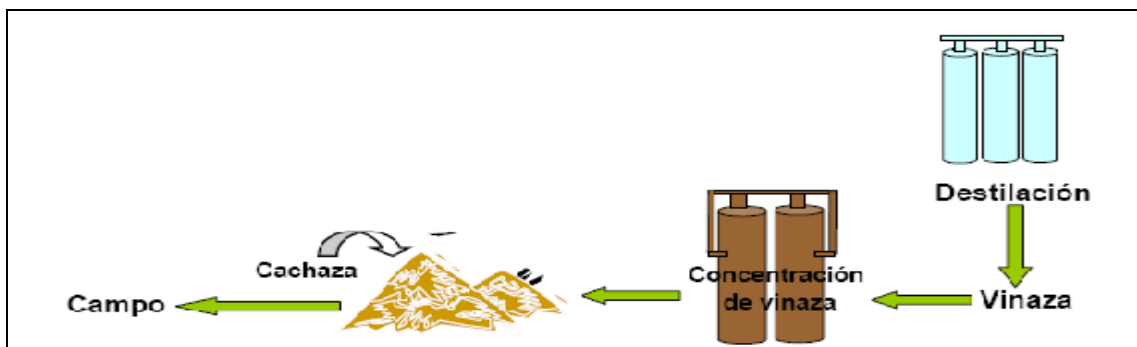
Manejo de vinazas: Las vinazas obtenidas cuando se emplean melazas de caña como materia prima y que son centrifugadas para recuperar los sólidos orgánicos, especialmente las levaduras, retienen hasta un 1,1% de potasio y 3,1% de cenizas. Estas vinazas son transportadas por camiones para irrigar las plantaciones de caña hasta donde sea viable económicamente.

Las vinazas, ayudan a la formación de un buffer inicial del suelo con Ca y Mg, lo que eleva el pH, mejoran las propiedades físicas del suelo y aumentan la retención de agua y sales.

Entre las desventajas del uso de vinazas se encuentran los olores fuertes, la invasión de insectos, aumentos de la acidez del suelo, la lixiviación de sales, la putrescibilidad, la deficiencia de Mn y la inhibición de la germinación de las semillas. (Ver imagen 45)

¹⁸ GRISALES, Paola Andrea, RÍOS, Leonardo Andrés y TRIANA Mauricio. Escuela de Ingeniería Química - Universidad del Valle, Diseño de un proceso de producción de etanol anhidro a partir de jugo de caña.

IMAGEN 45 "TRATAMIENTO DE VINAZAS"



FUENTE: ASOCAÑA, Programa de Biogasolina 2005.

6.2.1.1.2. Remolacha

• *Reseña Histórica*

Las primeras crónicas de la familia botánica denominada *Beta* se encuentran en la literatura griega alrededor del 420 a.C. Aparecían descritas como "plantas de jardín versátiles"; se mencionaban variedades oscuras y claras. Siglos después, en gran medida por la peregrinación de los misioneros de la iglesia y la popularidad que la remolacha logró entre los campesinos, el cultivo se extendió en Francia y España inicialmente, pero para el siglo XV, este cultivo se encontraba distribuido en toda Europa.

Al principio, la planta de la remolacha se cultivaba por sus hojas, que probablemente en aquella época equivalían a las espinacas o las acelgas. Mas adelante, la raíz ganó popularidad, especialmente la de la variedad roja conocida como remolacha tradicional. En 1600, el agrónomo Francés Olivier de Serres relataba: "cuando se cocina este manjar da un jugo almibarado". En esa época nadie se preguntó de dónde provenía el sabor dulce de la raíz.

El primer hecho impactante en la historia del azúcar Europeo fue marcado por un notable descubrimiento del científico Alemán Andreas Marggraf, quien en 1747,

demonstró, luego de muchos análisis, que los cristales de sabor dulce obtenidos del jugo de la remolacha eran iguales a los que se extraen de la caña.

En 1801, se construyó la primera fábrica de azúcar a partir de la remolacha en Cunern, Baja Silesia. A principios del siglo XIX la caña seguía siendo la principal fuente de azúcar, mientras la remolacha no recibía la atención que merecía, hasta que sucedió el bloqueo de las líneas comerciales Francesas durante las guerras Napoleónicas. En 1806, el azúcar extraído de la caña prácticamente había desaparecido de las tiendas Europeas.

Hasta que en 1811, científicos Franceses presentaron a Napoleón dos barras de azúcar obtenido a partir de remolacha. Tal sería la impresión de Napoleón que ordenó plantar 32.000 hectáreas de remolacha, y contribuyó al establecimiento de fábricas en el país. En pocos años, había más de cuarenta fábricas de azúcar de remolacha, especialmente en el Norte de Francia y tiempo después en Alemania, Austria, Rusia y Dinamarca.

Cuando se levantó el bloqueo de los puertos del continente y reapareció la caña, muchos países dejaron de producir azúcar de remolacha. Sin embargo, el Gobierno Francés apoyó la selección y explotación de las variedades con mayor contenido de azúcar y los avances en las técnicas de extracción de éste. La política de fomento, hizo posible que la remolacha se convirtiera en una opción viable para el suministro de azúcar en Europa.

La industria de la remolacha, ha tenido altibajos a lo largo de su historia, pero en la actualidad, Europa produce 120 millones de toneladas de remolacha al año, que se usan para producir 16 millones de toneladas de azúcar blanca. Francia y Alemania siguen siendo los principales productores. Se produce azúcar de remolacha en todos los países de la UE excepto en Luxemburgo.

Casi el 90% del azúcar que se consume en Europa es de producción interna, lo que habría resultado impensable hace doscientos años.¹⁹

- **Generalidades del cultivo de remolacha (*Beta Vulgaris L*)**

La remolacha azucarera es un cultivo bianual, esto significa que requiere dos años para florecer, pero, se debe cosechar en el primer año, es la época cuando contiene la mayor reserva de sacarosa en la raíz.

En el segundo año, aparecen las flores agrupadas en espigas en el extremo de los tallos, lo que se conoce como la semilla, que es en realidad, la acumulación de varios frutos recubiertos con una envoltura leñosa poco permeable.

La flor es hermafrodita, pero la fecundación es generalmente cruzada, debido a que sus órganos femeninos y masculinos maduran en épocas diferentes. Es claro que este hecho presenta una gran importancia, porque al ser muy fácil la hibridación natural, hace difícil la sección genealógica y el mantenimiento de la pureza de cada variedad, ya que, para obtenerla es necesario un aislamiento grande de los cultivos productores de semilla. (Ver imagen 46)

IMAGEN 46 "REMOLACHA"



FUENTE: Dr. BECKERS Ralph, Head Business Development Sugar Beet, SYGENTA, Tropical Sugar Beet an alternative feedstock for sugar and ethanol production in tropical dry climate zones.

¹⁹ THE BEET SUGAR CROP (1993). Editorial, Cooke DA & Scott RK. Chapman and Hall London ISBN, traducido por EUFIC "consejo europeo de información sobre la alimentación.

- *Luminosidad:*

En el cultivo de la remolacha, es muy importante la intensidad de iluminación, permite el buen ejercicio de la función clorofílica y condiciona la importancia de la elaboración del azúcar, mientras más iluminación tenga el terreno, mayor será la acumulación de sacarosa en la raíz.

- *Riegos:*

Las necesidades de agua del cultivo son considerables, La remolacha necesita aproximadamente 20 l/m² para nacer, pero si en un plazo de 15-20 días no ha recibido de nuevo agua, puede perderse la siembra. La superficie foliar de la remolacha, puede considerarse como una de las más desarrolladas entre los diferentes cultivos.

Por el gran tamaño de sus hojas, la planta expulsa cantidades muy importantes de agua que debe tomar previamente del suelo. Se estima que para producir 40 toneladas de raíz, el cultivo puede evaporar 7.000 m³ de agua por hectárea, lo que equivale al agua caída en una lluvia de 700 l/m², a esto hay que sumarle la evaporación natural del terreno, que aumenta notablemente los requerimientos de agua del cultivo, es clara la importancia que tiene para la remolacha el abundante aprovisionamiento de agua en el suelo.

- *Suelos:*

La remolacha requiere suelos francos, que no ofrezcan resistencia al crecimiento de la raíz. En la época seca del año, es condición indispensable que los suelos tengan suficiente capacidad de retención de agua. En el caso de esta modalidad de cultivo, necesariamente han de ser arcillosos, o también arcillo-calizos, que son menos frecuentes que los que tienen mucha arcilla y poca cal, sin embargo, tienen gran capacidad de retención de humedad. No serán aptos los suelos con piedras, que hacen que las raíces

detengan su crecimiento y frenen su penetración, o se bifurquen. También es necesaria que la labor sea de una profundidad tal que la raíz pueda penetrar en el terreno suficientemente.

- *Acidez:*

Se establece generalmente que la remolacha se beneficia de un suelo cuya reacción sea aproximadamente neutral (pH comprendido entre 6,5 y 7,5). No obstante, se ha comprobado que la remolacha se desarrolla bien en los suelos con un pH comprendido entre 8 y 8,5. En tierras muy calizas, es de esperar trastornos en la absorción del hierro, del manganeso y, sobre todo, del boro. La remolacha es propia de terrenos salinos, e incluso le favorece la aportación de sodio, que absorbe en abundancia.²⁰

- *Abonado:*

Las exigencias nutricionales de la remolacha azucarera son elevadas y la fertilización debe tener en cuenta el ciclo vegetativo largo, (entiéndase que la caracterización del cultivo fue hecha en Europa, pero se toma como base técnica para los análisis del presente proyecto). Este tubérculo exige por una parte, fuentes de nutrientes disponibles y asimilables rápidamente, y por otro lado, nutrientes de acción prolongada y persistente. Los suelos que tienden a compactarse deben ser abonados con productos orgánicos para mejorar su estructura. Se recomienda aplicar 22.000 Kg./Ha de estiércol bien curado y bien repartido por el campo en una capa regular. La relación óptima de N: P₂O₅: K₂O es 1: 0.8: 1.2. Esta relación ideal no siempre se puede lograr, pues depende del cultivo anterior, de la calidad del abonado orgánico, de la actividad del suelo y de su grado de productividad. (Ver imagen 47 y 48)

²⁰ GUERRERO García, Andrés. Cultivos herbáceos extensivos. 5a. ed. Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid 1992.

IMAGEN 47 "CRECIMIENTO"



IMAGEN 48 "SUPERFICIE"



FUENTE: Dr. BECKERS Ralph, Head Business Development Sugar Beet, SYGENTA, Tropical Sugar Beet an alternative feedstock for sugar and ethanol production in tropical dry climate zones

- Nitrógeno. El abonado nitrogenado, se debe aplicar en 1/3 del total del fondo y 2/3 en cobertera (efectuando 1 ó 2 aplicaciones dependiendo de la fecha, tipo de abono, suelo y climatología). El exceso de nitrógeno aumenta el desarrollo foliar, pero disminuye la capacidad de movilización de los azúcares hacia la raíz. El nitrógeno de fondo, en caso de utilizar abonos simples, se debe de aplicar con un abono amoniacal o ureico, cuya acción es lenta y, por tanto, con menor riesgo de ser lavado por las lluvias. El nitrógeno de cobertura deberá aplicarse con antelación. La primera aplicación, en caso de realizarse dos, se hará tras la venida de la primavera, y unos 20 ó 30 días después la segunda. En el abonado de cobertura, se puede emplear indistintamente las formas nítricas, amoniacales o ureicas, dependiendo de factores como: fecha de aclareo, tipo de suelo, climatología, maquinaria disponible, entre otros. En ningún caso se realizará aportaciones tardías de nitrógeno, pues alarga el ciclo de la planta, empeora la calidad y disminuye la riqueza.
- Fósforo. El P_2O_5 , no sólo acelera el desarrollo de la primera edad, sino que, mejora el contenido en sacarosa. El valor promedio es de 150 Kg./Ha de P_2O_5 aplicados exclusivamente en abonado de fondo. En

suelos con tendencia a la acidez se empleará fósforo de componente alcalino.

La eficacia del fósforo, se manifiesta principalmente en los estados jóvenes de la planta, por tanto, es recomendable enterrar este elemento lo más temprano posible para que esté disponible y asimilable en los primeros estados de la remolacha.

- Potasio. Es necesario suministrar 200 Kg./Ha de K_2O . Las tierras que puedan tener bajo contenido en potasio son aquellas arenosas y sueltas, susceptibles al lavado.

- Boro. Es uno de los micro- elementos más importantes. Normalmente basta con 20 Kg./Ha de Bórax, repartidos con el abonado antes de la siembra, el inconveniente es conseguir un reparto uniforme, pero se pueden emplear combinaciones con boro, como el superfosfato de boro.

- Magnesio. La carencia de magnesio, se hace visible con manchas amarillas en las hojas, ocurriendo frecuentemente en suelos ligeros (arenosos). Se recomienda pulverizar con abonos líquidos que contengan magnesio.

- Manganeso. Su carencia se manifiesta mediante puntos amarillos en las hojas, se debe pulverizar con abonos líquidos que contengan manganeso.

Rendimientos por hectárea:

En Colombia, la Universidad Autónoma, hizo una investigación en la Sabana de Bogotá, en los municipios de Sesquilé y Chía, a cargo de los investigadores

Quelbis Román Quintero Bertel, director y Henry Hanssen Villamizar (q.e.p.d.), coinvestigador, donde muestran los rendimientos que se obtuvieron en la práctica realizada en su cultivo piloto. Los resultados obtenidos, serán tomados en cuenta para el análisis de los rendimientos debido al origen de los mismos, es de las pocas investigaciones nacionales que se han llevado a cabo con registro profundo de los datos numéricos del cultivo de la remolacha. (Ver tabla 6)

TABLA 6 "RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE REMOLACHA"

Costos de la Tonelada de Remolacha (Variedad Brigadier) – Sesquilé.

Precio producción por hectárea	\$	\$ 3.662.000,0
Producción por hectárea - Sesquilé	Ton	67,0
Costo por tonelada	\$	\$ 54.656,7
Costo por Kilo	\$	\$ 54,7

Costos de la Tonelada de Remolacha (Variedad Brigadier) – Chía.

Precio producción por hectárea	\$	\$ 3.662.000,0
Producción por hectárea - Chía	Ton	192,0
Costo por tonelada	\$	\$ 19.072,9
Costo por Kilo	\$	\$ 19,1

Costos de la Tonelada de Remolacha (Variedad Haya1) – Chía.

Precio producción por hectárea	\$	\$ 3.662.000,0
Producción por hectárea - Chía	Ton	74,0
Costo por tonelada	\$	\$ 49.486,5
Costo por Kilo	\$	\$ 49,5

FUENTE: "QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (beta vulgaris L.) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá".

Se hicieron 20 mediciones de 1m², cada una en ubicación aleatoria, dando los datos anteriores como el promedio de estas mediciones. Mostrándose un promedio de 70 Ton/Ha²¹.

El rendimiento por hectárea conseguido en la Sabana de Bogotá fue de 67.2 Ton./Ha., en el caso de Sesquilé, es muy parecido a los rendimientos obtenidos en producciones a escala de remolacha en países como España, que es de 90 Ton./Ha. y Chile, que es de 70 Ton./Ha.

En el Caso de Chía, se alcanzó producción de 193.2 y 74.3 Ton./Ha., superando producciones como la de España, dando muy buenas expectativas del alcance que podría tener en Colombia la producción de alcohol carburante a partir de remolacha.

En la zona de Cundinamarca y Boyacá, se determino en la investigación de la Universidad Autónoma que la remolacha da 2 cosechas al año, por ser un cultivo de 4 meses en campo abierto y un mes en semillero. La producción en los casos de la Sabana de Bogotá puede llegar a 400 Ton/Ha/Año en el mejor de los casos, que es muy superior a la de caña de azúcar que llega a 120 Ton/Ha/Año.

En 1997, SYGENTA S.A., inicio un proyecto con miras de adaptar la remolacha azucarera en varios países tropicales entre ellos Sudan, India, Pakistán, Kenya, Tailandia, Malawi, México, Republica Dominicana y Colombia. En los estudios realizados, la proporción de productividad va de 80 a 130 Ton./Ha, con contenido de sacarosa por planta de 17 a 20%, rendimiento de azúcar 13 Ton/Ha, de etanol de 15 Ton/Ha y 10.000 plantas por hectárea.

Después de 10 años de investigación, la organización ha desarrollado variedades en climas calidos que dan la misma cantidad de azúcar por unidad de tierra a

²¹ QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (*beta vulgaris* L.) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá

comparación con la caña, utilizando la mitad del tiempo y usando un tercio del agua. (Ver imagen 49, 50 y 51)

IMAGEN 49 "RECOLECCION 1"



IMAGEN 50 "RECOLECCION 2"



IMAGEN 51 "RECOLECCION 3"



FUENTE: Dr. BECKERS Ralph, Head Business Development Sugar Beet, SYGENTA, Tropical Sugar Beet an alternative feedstock for sugar and ethanol production in tropical dry climate zones.

Sin lugar a dudas, la implementación de biotecnología ha permitido desarrollar semillas de excelente calidad, dando como ventajas:

- Alto porcentajes de rendimiento.
- Tolerancia a temperaturas altas.
- Cultivos en suelos salinos y alcalinos.
- Excelente rotación con otros cultivos.
- Ahorro de agua.
- Las raíces profundas recogen agua en capas bajas del suelo.
- Mejora la utilización de activos, funcionando las plantas procesadoras de 8 a 10 meses.
- La pulpa tiene doble destinacion (para la alimentación o el combustible).
- Ayuda a resolver la necesidad creciente del bio-etanol.
- Una hectárea suprimirá 37 toneladas de CO₂ en seis meses, con respecto al de la caña que es de 12 meses²².(Ver imagen 52, 53 y 54)

²² Dr. BECKERS Ralph, Head Business Development Sugar Beet, SYGENTA, Tropical Sugar Beet an alternative feedstock for sugar and ethanol production in tropical dry climate zones

IMAGEN 52 "CULTIVO 1"



IMAGEN 53 "CULTIVO 2"

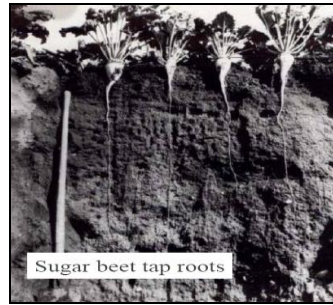


IMAGEN 54 "CULTIVO 3"



FUENTE: Dr. BECKERS Ralph, Head Business Development Sugar Beet, SYGENTA, Tropical Sugar Beet an alternative feedstock for sugar and ethanol production in tropical dry climate zones.

MAQUILTEC S.A., es otra empresa que esta implementando el cultivo de remolacha azucarera en el país, se basa en el desarrollo agroindustrial y de biocombustibles en Colombia: en el mapa de luminosidad en la relación energía solar con producción, la ventaja que da Colombia al ser el quinto país con mas recursos hídricos en el mundo, tener la capacidad de producción agrícola durante todo el año al no tener estaciones marcadas por los cambios bruscos de temperatura, la mayor eficiencia en uso de maquinaria agrícola y de personal, el ahorro en inventarios.

La empresa ha destinado un grupo de investigadores desde 1998, que han evaluado las diferentes variables para el desarrollo del cultivo, determinando cual es la bitácora a seguir:

Respecto a la tierra y al agua:

- Programa de rotación de cultivos.
- Modelo de agricultura limpia.

Desarrollo y capacitación:

- Programa de capacitación continua y desarrollo de competencias agrícolas.
- Sistema de supervisión y control permanente.

Modelo de servicios agrícolas y de infraestructura:

- Disponibilidad y manejo de aguas.
- Servicios de mecanización y tecnificación de cultivos.
- Cosecha y transporte.

Este incluye un modelo de desarrollo agrícola:

- Desarrollo de infraestructura óptima de producción.
- Modelo de plantación y operación centralizada con ordenes de servicio agrícola.
- Estructura de control y gestión permanente de cultivos.
- Modelo de producción continua que maximiza el uso de los activos optimizando el retorno de la inversión.
- Modelo de desarrollo de la comunidad enfocado a mejorar la calidad de vida de las comunidades donde están presentes los proyectos²³.

Costos de producción de cosecha.

Los datos obtenidos también arrojan cifras puntuales de costos de un cultivo piloto, siendo posible que varíen en una producción a gran escala, pero son un punto de referencia muy importante de las expectativas que se tengan de la obtención de alcohol carburante a partir de remolacha azucarera, a continuación se mostrara la tabla de costos del cultivo de la remolacha. (Ver tabla 7)

²³ MAQUILTEC S.A. folleto informativo, Bioetanol a partir de remolacha azucarera tropical en Colombia

TABLA 7 “COSTOS DE PRODUCCIÓN CULTIVO DE REMOLACHA EN LA SABANA DE BOGOTÁ”

ITEM	ACTIVIDAD	UNID.	CANTIDAD	VR. UNITARIO	VR. TOTAL
1	ADECUACIÓN DE TIERRA				
1.1	Preparación terreno (arado, rastrillo)	ha	1	\$ 360.000	\$ 360.000
12	Semillero	m	240	\$ 800	\$ 192.000
	SUBTOTAL				\$ 552.000
2	SIEMBRA				
2.1	Semilla	Kg	20	\$ 10.500	\$ 210.000
	SUBTOTAL				\$ 210.000
3	CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES				
3.1	Fertilizantes	bultos	6	\$ 47.500	\$ 285.000
3.2	Pesticidas	gl	5	\$ 77.000	\$ 385.000
3.3	Herbicidas	gl	1	\$ 160.000	\$ 160.000
	SUBTOTAL				\$ 830.000
4	MANO DE OBRA				
4.1	Semillero	jornal	10	\$ 15.000	\$ 150.000
4.2	Siembra	jornal	20	\$ 15.000	\$ 300.000
4.3	Riego	jornal	16	\$ 15.000	\$ 240.000
4.4	Control de malezas, plagas y enfermedades	jornal	80	\$ 15.000	\$ 1.200.000
4.5	Cosecha	jornal	12	\$ 15.000	\$ 180.000
	SUBTOTAL				\$ 2.070.000
	TOTAL				\$ 3.662.000

FUENTE: “QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (*beta vulgaris* L.)

como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá”.

• **Industria azucarera a partir de la remolacha**

- **Producción**

En la actualidad, aproximadamente el 90% del azúcar que se consume en Europa es de producción interna y se obtiene a partir de la remolacha azucarera.

En la Unión Europea, la remolacha azucarera simboliza el cultivo de mayor valor nutritivo, comparado con la producción en proporción a la unidad de superficie, siendo la prioridad de la agricultura del viejo continente. (Ver tabla 8)

TABLA 8 "PRODUCCIÓN MUNDIAL DE REMOLACHA AZUCARERA"

PAÍSES	PRODUCCIÓN AÑO 2001 (toneladas)
Francia	29.504.000
Alemania	24.397.896
Estados Unidos	23.363.640
Ucrania	15.489.000
Federación de Rusia	14.239.000
Polonia	13.000.000
Italia	12.500.000
China	8.900.000
Reino Unido	7.250.000
España	6.899.100
Países Bajos	5.300.000
Bélgica-Luxemburgo	6.500.000
República islámica de Irán	4.300.000
Japón	4.000.000
Chile	3.169.210
Marruecos	3.106.168
Dinamarca	3.100.000
Egipto	2.900.000

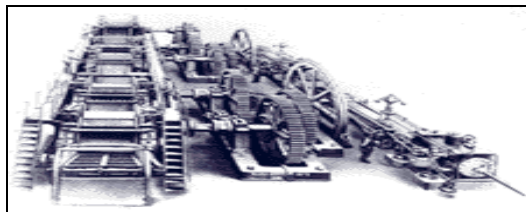
Grecia	2.900.000
Hungría	2.900.000
República Checa	2.800.000
Suecia	2.602.200
Austria	2.559.613
República Federal de Yugoslavia	2.500.000
Irlanda	1.700.000
República de Moldova	1.138.000
Suiza	1.100.000
Finlandia	1.070.000

FUENTE: F.A.O. (Food and Agriculture Organization of the United Nations)

La materia prima ya almacenada en la fábrica, se procesa en varias etapas que son: la preparación o lavado de la remolacha, molienda, difusión, depuración, evaporación, cocción, cristalización, centrifugación, secado, almacenamiento y envasado del azúcar.

Preparación y molienda de la remolacha: La raíz de la remolacha es analizada para conocer su riqueza en sacarosa este proceso recibe el nombre de polarización. (Ver imagen 55)

IMAGEN 55 "MAQUINA DE PREPARACIÓN"



FUENTE: IEDAR (INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AZUCAR Y REMOLACHA, ESPAÑA)

Luego se hace un proceso de lavado en varias fases, se utiliza agua y se retiran las piedras, tierra, hojas y elementos ajenos a la remolacha. En seguida se corta en unas finas tiras denominadas "cosetas".

Difusión: Las cosetas se someten a una corriente de agua con una temperatura y PH determinados, así de esta manera, se extrae la sacarosa de la remolacha. Dicha etapa del proceso se realiza durante un tiempo determinado en la planta. El liquido resultante recibe el nombre "jugo de difusión". (Ver imagen 56)

IMAGEN 56 "CORTE REMOLACHA"

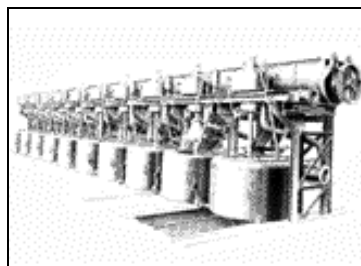


FUENTE: IEDAR (INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AZÚCAR Y REMOLACHA, ESPAÑA)

El jugo de difusión tiene otras sustancias además de la sacarosa, estas sustancias deben ser eliminadas para no tener otros elementos no azúcares. La depuración de estos elementos se ejecuta por un proceso denominado "calcocarbónico", en el cual, se emplea gas carbónico y cal. Dichos compuestos, hacen que se precipiten los no azucares del jugo de difusión, después se filtran y se obtiene el "jugo depurado".

Evaporación: Este jugo es una mezcla azucarada que presenta gran cantidad de agua, que debe ser evaporado. En la fase de evaporación se obtiene, 30% de agua y 70% de una miel, en donde se encuentra la sacarosa y recibe el nombre de "jarabe". (Ver imagen 57)

IMAGEN 57 "EVAPORADORES"



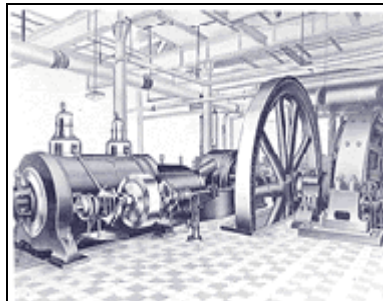
FUENTE: IEDAR (INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AZÚCAR Y REMOLACHA, ESPAÑA)

De aquí en adelante el proceso de obtención de azúcar a partir de la remolacha es igual al de fabricación de azúcar de la caña, ya que, en este punto el jarabe resultante es químicamente el mismo, a pesar de que no tenga que clarificarse, por las propiedades de la remolacha, por lo tanto su tratamiento en los dos casos es igual.

Cocción y cristalización: El jarabe se deposita en unos recipientes llamados "tachos", estos trabajan al vacío, lo concentran hasta un punto de sobresaturación. Para obtener un tamaño ideal se introducen cristales muy pequeños de azúcar, que ayudan a dar la forma que caracterizan a los cristales de azúcar (entre las 450 y 550 micras).

Resulta un producto llamado "masa cocida", que contiene "azúcar" y un líquido denominado "miel madre". (Ver imagen 58)

IMAGEN 58 "COCCION Y CRISTALIZACION"



FUENTE: IEDAR (INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AZÚCAR Y REMOLACHA, ESPAÑA)

Centrifugación: Esta masa cocida se centrifuga sucesivamente separando los cristales de azúcar de la miel madre.

Secado: El azúcar resultante, es secado y enfriado en los secaderos. Subsiguientemente se almacenan en cantidades grandes en silos, con humedad y grados de temperatura controlados, para evitar que se solidifique o se dañe²⁴.

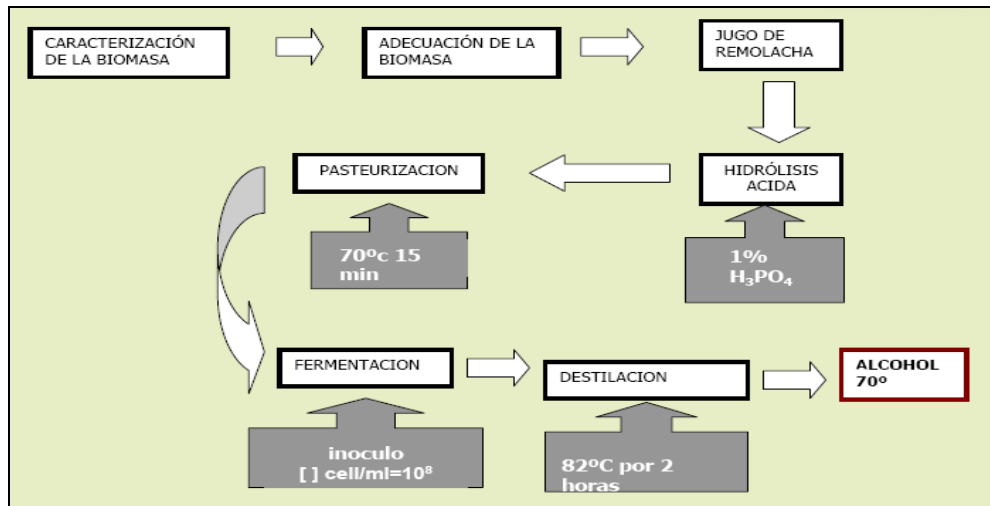
²⁴ IEDAR (INSTITUTO DE ESTUDIOS DE AZUCAR Y REMOLACHA, ESPAÑA)

- **Industria de alcohol carburante a partir de la remolacha azucarera (*Beta Vulgaris L*)**

- **Producción:**

El proceso de producción de alcohol carburante a partir de la remolacha azucarera (*Beta Vulgaris L*), se realiza de la misma manera como en el proceso anteriormente descrito sobre la caña, debido a que las mieles azucaradas, extraídas en el proceso de evaporación, centrifugación y cristalización, siempre y cuando sean de un proceso azucarero, son químicamente iguales. (Ver imagen 59)

IMAGEN 59 "ESQUEMA DE PRODUCCION DE ALCOHOL CARBURANTE A PARTIR DE REMOLACHA"



FUENTE: QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (*Beta vulgaris L.*) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá

Fermentación: La fermentación es un cambio químico en las sustancias orgánicas, que tiene lugar con ayuda de las enzimas, que poseen la capacidad de transformar las sustancias complejas en compuestos más simples. La fermentación alcohólica se lleva a cabo con levaduras que permiten la transformación a alcohol etílico. La levadura más utilizada en este proceso es la

especie *Saccharomyces cerevisiae*, este organismo permite generar el bioetanol satisfactoriamente. En el estudio nombrado, de igual forma, se destacan datos del proceso de investigación, que presentan los siguientes resultados, determinando un punto de partida en la caracterización de la obtención de alcohol carburante a partir de remolacha azucarera:

Caracterización físico química del jugo: (Ver tablas 9, 10 y 11)

Sesquilé:

TABLA 9 "CARACTERIZACION DEL JUGO DE REMOLACHA - SESQUILE"

PARÁMETRO	VALOR
pH	6.15
°Brix	19°
Temperatura	18°C
Masa Rayada	4.8Kg
Volumen Extraído	2L

FUENTE: "QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (*beta vulgaris* L.) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá".

Chia:

TABLA 10: "CARACTERIZACION DEL JUGO DE REMOLACHA - CHIA"

Componente	Contenido
°Brix	°14
Densidad (20°C)	1.036
Azúcares reductores (g/l)*	20.5 - 52.25
pH	5.2 - 5.6
Peso promedio remolacha (Kg.)	1.7 - 5.7
Masa promedio pulpa (Kg.)	0.5 - 2.2
Volumen promedio de jugo obtenido (L)	1.2 - 3.8

FUENTE: "QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (*beta vulgaris* L.) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá"

TABLA 11: "RESULTADOS DESTILACION DEL MOSTO"

Descripción	Valor
Peso Remolacha (Kg.)	47,289
Peso Corteza raíces (Kg.)	15,148
Peso de Pulpa (Kg.)	6,192
Volumen de jugo (L)	33,1
Porcentaje de extracción (%)	80,735

Volumen total de alcohol obtenido:	1,3 Litros
Grados alcohólicos (mezcla):	45%
Pérdidas por evaporación	(5%)
Rendimiento total:	1,3 litros de alcohol / 100 litros de jugo: 1,3%

FUENTE: "QUINTERO BERTEL, Quelbis Roman. HANSEN VILLAMIZAR, Henry, la remolacha forrajera (beta vulgaris L.) como fuente azucarada para la obtención de bioetanol carburante en la sabana de Bogotá".

MAQUILTEC S.A., está desarrollando 7 proyectos para la producción de 300.000 Ltrs/día de alcohol carburante, se enfoca a la alta competitividad y calidad del producto. La productividad mostrada por la empresa es la siguiente:

- 124 Ton/Ha/cosecha.
- Contenedote azúcar 24° Brix.
- 125 Lts de alcohol carburante/ tonelada de remolacha.
- Lts de vinaza/Litro de alcohol.

En Colombia el proceso de extracción de jugo de la remolacha, se limitaría exclusivamente a la fabricación de alcohol carburante, la industria azucarera a partir de la caña por largo tiempo ha sido muy reconocida en el país y en el exterior, no sería viable crear una competencia para dicha industria azucarera, determinando la necesidad de utilizar la remolacha inicialmente como fuente para la producción de alcohol carburante, por esta razón, no se analizara el aspecto

social de la industria azucarera a partir de remolacha en el país, por que la posibilidad de que este aspecto se desarrolle en Colombia aún no es evidente.

6.2.1.1.3. Yuca

- **Reseña histórica**

Se dice que el nombre “yuca” proviene de la lengua de los Indios Caribe, los cuales la llamaban también por el nombre de “yog ca”, cuyo significado es "que se amasa molida"²⁵, La yuca ha estado presente en América Latina desde mucho antes de la colonia, haciendo parte importante de la dieta alimenticia de las tribus que allí habitaban.

Según la corporación PROEXANT de Ecuador, se cree que la yuca es originaria de Brasil²⁶.

La yuca es de gran importancia para los agricultores, tanto social como económicamente, pues, para las personas de escasos recursos de países tropicales representa un producto básico para la canasta familiar, ocupando el cuarto lugar en importancia como fuente de energía después del arroz, el maíz y la caña de azúcar²⁷.

La evidencia más antigua del cultivo de yuca proviene de datos arqueológicos Incas, dicen que se cultivó en el Perú hace 4.000 años y fue uno de los primeros

²⁵ JOAN, Sisa Sentis. Naturópata. Artículo YUCA (Manihot esculenta Crantz), revista virtual Mi Farmacia. Septiembre 28 de 2002

²⁶ CORPORACIÓN PROEXANT, Promoción de exportaciones Agrícolas no Tradicionales. Manual, Manejo del Cultivo de la Yuca, Ecuador, 2005.

²⁷ MEJÍA, De Tafur Maria Sara. Fisiología de la yuca (*Manihot Esculenta Crantz*), Clayuca. Mayo 31 de 2005.

cultivos domesticados en América²⁸, también, está comprobado que los indígenas Mayas, que habitaban en el salvador, mas precisamente en la ciudad Maya de Cerén, cultivaron la yuca y era uno de los alimentos primordiales en el desarrollo de su cultura. Igual que ocurrió con la ciudad de Pompeya, en Italia, La Villa de Cerén, a unos 24 kilómetros de San Salvador, quedó sepultada tras la súbita erupción del volcán Loma Caldera, en el año 600 D.C. lo que hizo posible 1400 años después, el hallazgo de varios cultivos de yuca que fueron encontrados a tres metros de profundidad entre las cenizas y las ruinas de otros edificios mayas que tuvieron auge en dicha época.

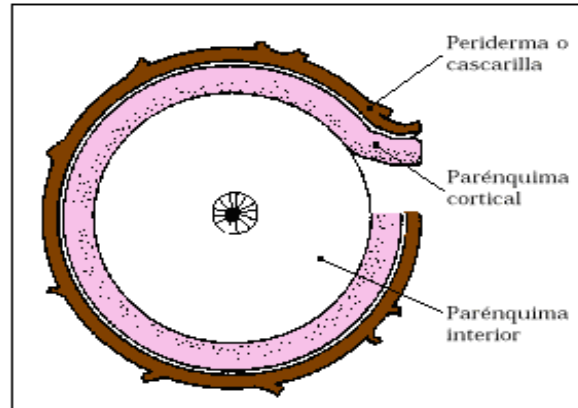
- **Generalidades del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta*)**

La yuca, mandioca, casava o casabe (*Manihot esculenta*) es un tubérculo de continua cosecha de la familia de las *euforbiáceas*, autóctona y extensamente cultivada en Sudamérica y el Pacífico por su raíz almidonosa de alto valor alimentario. La yuca es endémica de la región subtropical de Brasil, Argentina y Paraguay, aunque se estima que las variedades hoy conocidas son efecto de la selección artificial.

En términos generales, la yuca es una raíz de forma alargada, formada por tres tejidos: el primero es de color café llamado *periderma* (cascarilla), la segunda de color rosado llamada *parénquima cortical* (corteza) y por último el *parénquima interior* (pulpa), ninguna de las dos capas exteriores son comestibles, su densa y fibrosa pulpa, que puede alcanzar hasta un metro de largo y diez centímetros de diámetro es de color blanco o amarillento según la variedad, siendo la parte de la yuca donde se concentra la mayor cantidad de almidón. (Ver imagen 60)

²⁸ FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), Utilización de alimentos tropicales. Alimentos y Tubérculos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición. Roma, 1990.

IMAGEN 60 "CORTE TRANSVERSAL DE LA RAÍZ DE LA YUCA"



FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOR, Dominique, "almidón agro de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

La mejor forma para reproducir la yuca, se logra cuando se hace de los esquejes de la planta, que si se hiciera por medio de semillas de la misma. El crecimiento de la planta en los primeros meses de vida es muy lento, lo que hace completamente necesario, el control de hierbas para un correcto desarrollo.

En su uso normal, la planta entera se retira al año de edad para extraer las raíces comestibles; de llegar a alcanzar la mayoría de edad, la raíz se endurece hasta hacerse incomedible. De las plantas retiradas se extraen los recortes para la replantación.

El cultivo cuenta con altísima tolerancia al estrés biótico (plagas y enfermedades), por ello más del 80% de las hectáreas sembradas no requieren de agroquímicos para su control, la fertilización química en la Costa es de niveles bajos, y en la Selva, generalmente, se fertiliza haciendo uso de las épocas adecuadas de siembra y la realización de labores culturales oportunas, es la mejor manera de manejarlas y producirlas²⁹.

²⁹ UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, "Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas" Perú. 2004

Suelos. El cultivo requiere suelos de preferencia sueltos, profundos y con algo de materia orgánica. La preparación del suelo debe tener una profundidad de 20 a 30 cm. en el arado.

Densidad de siembra. Los distanciamientos deben ser entre surcos de 0.90 a 1.10 mts, dependiendo de si tiene ramificaciones.

Estacas. Son las semillas extraídas de los esquejes, el tamaño promedio apropiado para la siembra es de 10 a 20 cms., deben ser yemas hinchadas provenientes de plantas maduras de no más de 8 a 12 meses y muy productivas, si las plantas son mas antiguas se tomará la semilla de la parte superior de la planta. Se deben escoger las estacas que estén libres de plagas y enfermedades, también evitar estacas con una mezcla de fungicidas e insecticidas y reducir al mínimo el almacenamiento de las mismas. (Ver imagen 61 y 62)

IMAGEN 61 "ESTACAS DIMENSIÓN Y NUDOS"

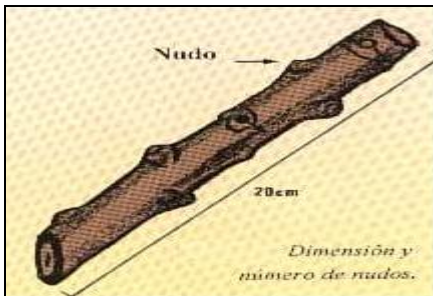
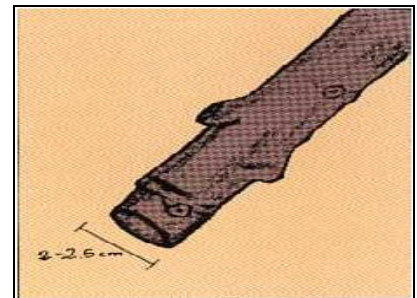


IMAGEN 62 "DIAMETRO"



FUENTE: Corporación PROEXANT, PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES AGRÍCOLAS NO TRADICIONALES. MANUAL, Manejo del Cultivo de la Yuca, Ecuador, 2005.

Es aconsejable tratar las estacas con un baño químico, en la siguiente forma: tratar con fungicida más insecticida en un lugar bajo sombra. Mezclar primero el insecticida con agua; agregar después fungicida, luego preparar 100 a 120 litros/tanque. Tratar primero la mitad de estacas atadas durante 5 minutos y luego la otra por igual tiempo. Agitar la solución cada vez que se traten nuevas estacas,

este procedimiento debe llevarse a cabo con los elementos de seguridad necesarios, un forro plástico, guantes y máscara.

Las ventajas de este tratamiento son:

- Protege las estacas contra organismos patógenos del suelo.
- Acelera y aumenta la germinación de las yemas.
- Induce el enraizamiento.
- Prolonga el período de almacenamiento³⁰.

Plantación. Plantar las estacas de fórmula oblicua, debajo del suelo entre 3 a 5 cms. en el costillar del surco. Tener cuidado en la dirección de los brotes, éstos deben de apuntar hacia el surco.

Manejo y control de malezas. Los 2 o 3 primeros meses después de la plantación son críticos, es necesario mucho esfuerzo para su control y se deja de hacer cuando las ramificaciones han formado el "parasol".

Cosecha. En el transcurso de la cosecha pueden ocurrir variaciones que determinan el tiempo de desarrollo de la planta. Precoces (de 6 a 7 meses), semitardías (de 8 a 10 meses) y las tardías (de 18 a 24 meses); para la cosecha, las plantas deben estar maduras, también se debe deshojar el tallo, luego se cortan los estacones, después proceder con el arrancado o jalado, en un suelo preferentemente húmedo para producir menor daño a las raíces preservantes³¹.

Enfermedades que atacan al cultivo. Aunque el cultivo de la yuca demuestra ser muy resistente a las condiciones extremas de los terrenos, puede sufrir

³⁰ Corporación PROEXANT, PROMOCIÓN DE EXPORTACIONES AGRÍCOLAS NO TRADICIONALES. MANUAL, Manejo del Cultivo de la Yuca, Ecuador, 2005.

³¹ UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, "Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas" Perú. 2004

básicamente de tres enfermedades, el *añublo bacteriano* (en hojas y tallos), las pudriciones de la raíz y el virus del *mosaico africano* (solamente en África).

También pueden afectar el desarrollo de la planta insectos “chupadores” como el ácaro verde, el piojo harinoso y la mosca blanca, algunos *fitófagos* como el gusano cachón, que atacan a las hojas, además, organismos como el chinche y el piojo subterráneo que pueden dañar las raíces.

Aunque el cultivo de yuca, presente notables ventajas, se teme que su expansión tenga efectos erosivos en el suelo, pues esta planta es capaz de extraer el agua del suelo en épocas de sequía hasta a 2.5m. de profundidad, lo que empobrece y debilita la capa productora del terreno, particularmente, en aquellos suelos que se consideran marginales en la agricultura.

La yuca contiene un glucósido cianogénico llamado *linamarina*, que en presencia de una enzima (linamarasa) y en medio ácido, se hidroliza y libera ácido cianhídrico, compuesto altamente tóxico. Este glucósido está presente en todas las especies, pasando de la dosis mas inocua hasta una tóxica y mortal. Esta sustancia, reacciona generalmente en los tejidos descompuestos de la planta o en el sistema digestivo de los animales que la consuman. De hecho la forma de clasificar las especies de la yuca es según el nivel de contenido de *linamarina* que posea.

- ***Industria del almidón***

La industria del almidón en Colombia, se separa en dos productos que tienen propiedades y usos diferentes. El almidón agrio de la yuca (almidón fermentado), es un polvo blanco y fino que se obtiene mediante una fermentación natural y posterior secado, es una materia prima que se utiliza principalmente en la industria de alimentos, sobretodo, en productos de panadería, ya que tiene propiedades de expansión, que son agradables al consumidor. El proceso de obtención de dicho

producto, en general, ha estado a cargo de agroindustrias familiares, en las áreas rurales del país.

La extracción de este tipo de almidón de yuca, como actividad agroindustrial, comenzó en los años 50's, siendo el proceso dichamente artesanal. Años más tarde, luego de inducirse algunas innovaciones mecánicas en algunas partes del proceso, se aumentó la capacidad de las pequeñas fábricas y comenzaron a llamarse "*rallanderías*" o "*ralladeros*", ayudando al desarrollo socioeconómico de las familias que poblaban el norte del Departamento del Cauca inicialmente.

En Colombia, existen fábricas que producen el llamado almidón dulce, natural o nativo (almidón sin fermentar), cuya industria, tiene un nivel más alto de tecnificación, existiendo fábricas con capacidades a gran escala y están ubicadas en los Departamentos de Atlántico y Sucre. Este tipo de almidón nativo se emplea en el sector industrial principalmente en la producción de papel, en la preparación de pegantes, en la industria textil para engomado de las telas de algodón, en la industria de alimentos preparados, en la perforación de pozos petroleros y en la fabricación de dinamita.

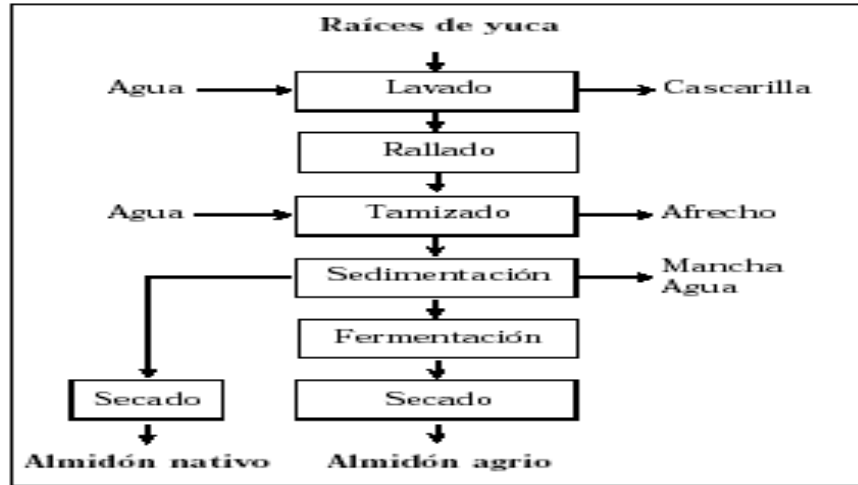
- ***Producción de almidón***

Producción de almidón agrario

A diferencia de los almidones extraídos de cereales, que necesitan un alto desarrollo tecnológico en los procesos, los almidones de raíces y tubérculos como la yuca, son más fáciles de obtener. En el medio rural, la obtención de almidón solo requiere de molienda, tamizado, separación con agua, sedimentación y secado.³² (Ver imagen 63)

³² ALARCÓN, Fredy. DUFOUR, Dominique, "almidón agrario de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

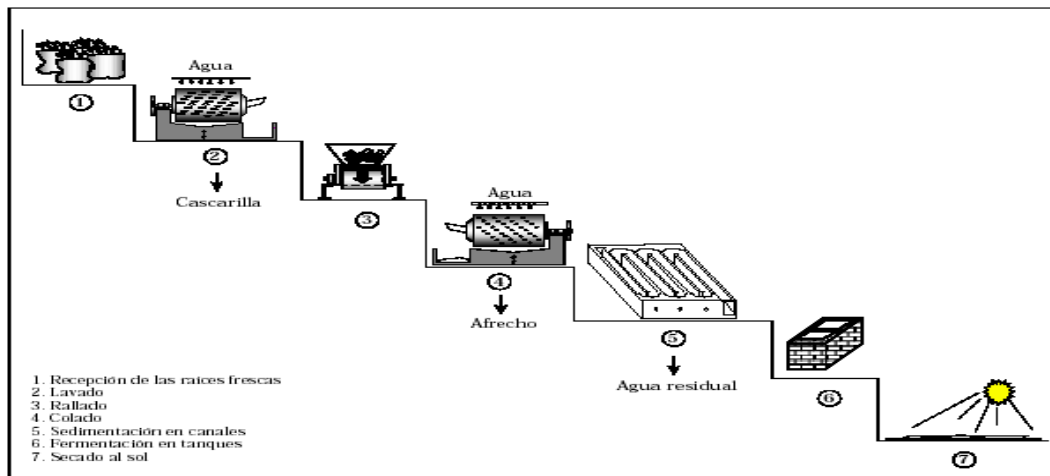
IMAGEN 63 “PROCESO GENERAL DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN AGRIO Y NATIVO DE YUCA”



FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOR, Dominique, “almidón agrio de la yuca en Colombia” tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

La investigación y desarrollo tecnológico en la producción del almidón agrio de yuca, ha sido realizada principalmente por el programa de utilización de yuca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), ubicado en la ciudad de Cali, Colombia.³³ (Ver imagen 64)

IMAGEN 64 “ESQUEMA DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN DEL ALMIDÓN AGRIO DE YUCA EN UNA RALLANDERÍA DISEÑADA CON EL APROVECHAMIENTO DE LA GRAVEDAD QUE OFRECE EL TERRENO”



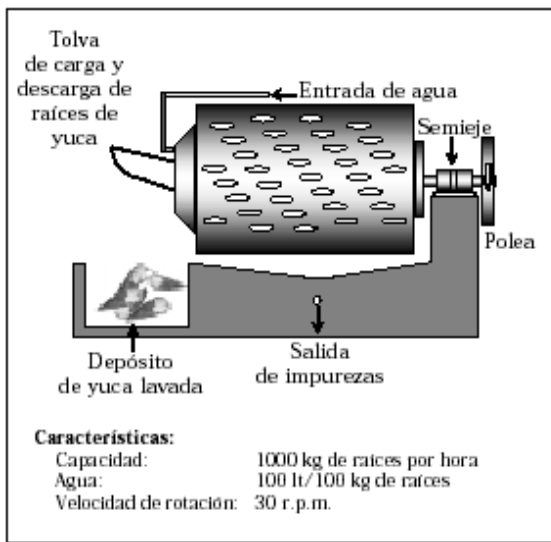
FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOR, Dominique, “almidón agrio de la yuca en Colombia” tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

³³ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN Fichas técnicas. “almidón agrio de yuca” 2006

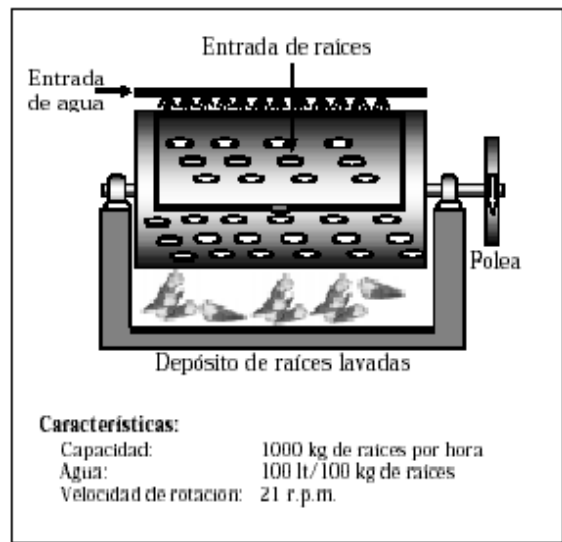
Recibo y selección. La yuca fresca se recibe en sacos que se pesan a su llegada a la planta. Se eliminan aquellas raíces con podredumbre o coloraciones extrañas.

Lavado y descascarado. Este procedimiento se realiza en el interior de un tambor cilíndrico, donde las raíces de la yuca reciben la presión del agua, la fricción de las raíces y de la lámina del tambor, que tiene agujeros rectangulares para facilitar la evacuación de las impurezas y la corteza de la yuca de la lavadora. Las lavadoras tradicionales utilizan cargas desde 80 a 150 Kg., utilizan de 30 a 45 ltrs/min. de caudal y con un tiempo de 5 a 15 minutos de lavado por bache (ver imagen 64). En algunas rallanderías este proceso todavía se ejecuta con las manos, de la forma tradicional con cuchillos, aunque en algunas zonas del Departamento del Cauca, este se realiza con los pies, pero esta forma de descascarado presenta el mismo principio de la fricción para retirar la corteza de la raíz, que se lleva a cabo en la manera mecanizada con el tambor. (Ver imagen 65)

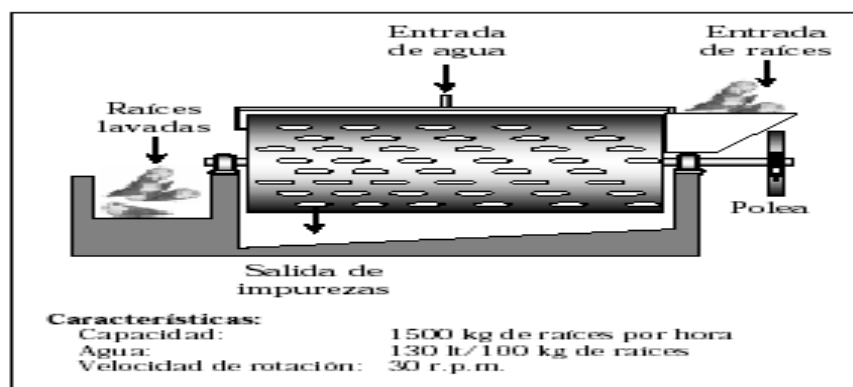
IMAGEN 65 "MODELOS MAS UTILIZADOS DE LAVADORAS/ PELADORAS DE YUCA"



Lavadora/peladora de raíces de yuca, de cuerpo cilíndrico (tambor) y semieje, para carga lateral.



Lavadora/peladora de raíces de yuca, de cuerpo cilíndrico (tambor) y eje central, para carga frontal.



Lavadora/peladora de raíces de yuca, de cuerpo cilíndrico (tambor) y eje central, de acción semicontinua.

FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOR, Dominique, "almidón agro de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

En esta operación, generalmente se presentan pérdidas en las raíces y por lo tanto de almidón, estas pérdidas dependen básicamente de tres variables, la variedad de la yuca que se está utilizando, el estado en que se encuentran las raíces y el diseño de la lavadora, este último, dependiendo de la duración del lavado, si el tambor tiene los orificios muy grandes pueden romperse los tejidos de la raíz completa, triturándola en fragmentos pequeños.

Rallado de las raíces. En esta parte del proceso, es donde se lleva a cabo la liberación del almidón de la raíz. Sin especificar el proceso que se realice, en este paso, la eficiencia del mismo recibe el nombre de "efecto rallador" que se ha calculado de la siguiente manera:

$$E_R = \left\{ 1 - \frac{A_A * F_R}{A_R * F_A} \right\} * 100$$

Donde:

A_A = Almidón recuperado en el afrecho (%)

F_R = Fibra cruda en las raíces frescas (%)

A_R = Almidón en las raíces frescas (%)

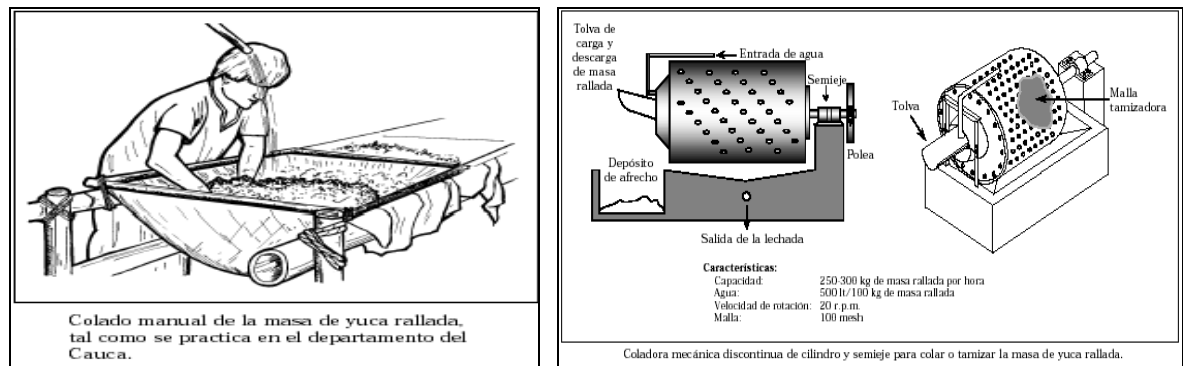
$F_A =$ Fibra cruda en el afrecho (%)³⁴

Un aspecto a tener en cuenta en esta operación, es que se liberan los gránulos de almidón contenidos en las células de la raíz, la eficiencia de esta operación puede ser un factor determinante en el rendimiento del almidón final.

El rallado no debe hacerse muy fino, por que si esto pasa, los pequeños granos de almidón sufrirán daño físico, que más tarde repercutirá en daño enzimático, haciendo que la sedimentación sea mas lenta y se forme mayor cantidad de mancha.

Colado o tamizado. Esta operación puede realizarse de tres maneras: manualmente, por método mecánico continuo o mecánico discontinuo (ver imagen 66). El rendimiento de esta operación depende de la variedad de la yuca que se utilice, el tipo de rallador empleado, el número de personas que intervienen en ella y la destreza de las mismas, en el caso del tamizado manual, también depende de la tela con que se tamiza, ya sea, en el cilindro de los métodos mecanizados o en los marcos de madera que se utilizan en el método manual, la tela mas recomendada para la operación es de mínimo 120 mesh³⁵ o mas fina si es necesario.

IMAGEN 66 "MÉTODOS DE TAMIZADO UTILIZADOS EN COLOMBIA"



FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOUR, Dominique, "almidón agrio de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

³⁴ ALARCÓN, Fredy. DUFOUR, Dominique, "almidón agrio de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

³⁵ Número de pasos de malla en una determinada unidad de longitud.

El colado, es la operación más lenta del proceso, por lo tanto, es la limitante principal para el rendimiento del mismo. El afrecho, que es un subproducto del proceso de extracción de almidón de yuca, es utilizado como complemento alimenticio para animales.

El análisis químico revela que el afrecho seco, tiene un contenido de materia seca del 80 al 85%, también contiene un considerable porcentaje de almidón de 60 al 70% y otro porcentaje de fibra del 12 al 14 %. (Ver imagen 67)

En algunas rallanderías se lleva a cabo un segundo colado, que podría permitir la extracción de las fibras finas que hubiesen asado por el primer tamiz, aumentando la calidad del almidón, pero, como en el primer caso, se estaría perdiendo un porcentaje más alto del mismo, la decisión es del fabricante si considera necesario o no este procedimiento.

IMAGEN 67 "PRODUCCIÓN DE ALCOHOL AGRIO"

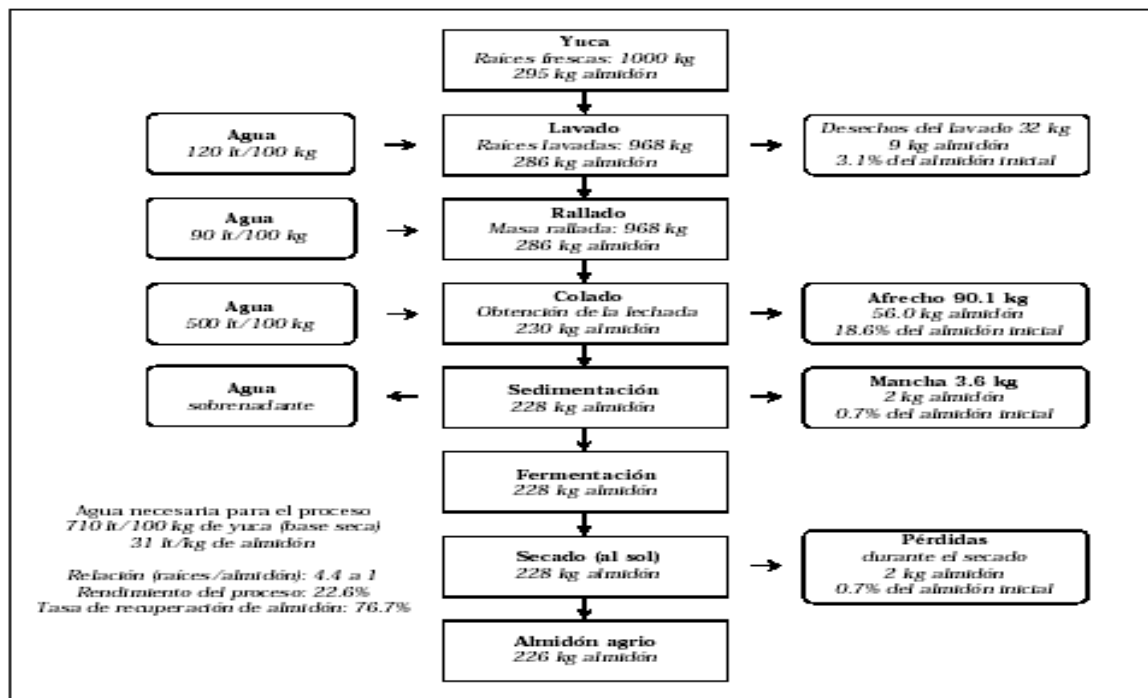


Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón agrío de yuca (variedad M Ven 25 con 35% de M.S.) en la rallandería La Agustina, en el departamento del Cauca, Colombia, y balance del rendimiento de almidón. El almidón inicial, en este ejemplo, está representado en los 295 kg contenidos en los 1000 kg iniciales de yuca fresca; de este contenido se recuperan 226 kg de almidón agrío, o sea, 76.7%.

FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOR, Dominique, "almidón agrío de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

Sedimentación. Cuando la lechada sale de la coladora, contiene almidón, fibra fina y material proteínico en suspensión, lo que se denomina *mancha*.

La lechada, se conduce hacia unos tanques o unos canales dependiendo de la capacidad de producción de la rallandería. De este material se precipita hacia el fondo el componente más denso que es el almidón.

Este proceso puede durar tres horas en los canales o de seis a ocho horas en los tanques, luego se desecha el agua sobrante, dándole tratamiento posterior de purificación en los tanques de aguas residuales.

Cuando la sedimentación se realiza por medio de tanques, se convierte en una limitante grande del proceso, por que las rallanderías no poseen el número suficiente para atender su propia capacidad de producción de yuca rallada, además, el tiempo que requiere la operación realizada es demasiado. Por otra parte, los tanques presentan deficiencias al permitir que se mezcle el almidón con la mancha, perdiendo hasta un 2% del almidón sedimentado cuando se “desmancha”, en este paso se retira el material proteínico de color oscuro.

Al realizarse la sedimentación por canales, se precipita gradualmente el almidón de la lechada, este crea una ligera pendiente que facilita el flujo de esta materia, permitiendo que se deslice de forma ininterrumpida para evitar la precipitación de la mancha, de la arena y de otras impurezas que presenta en el proceso. Al final de la operación, se obtiene:

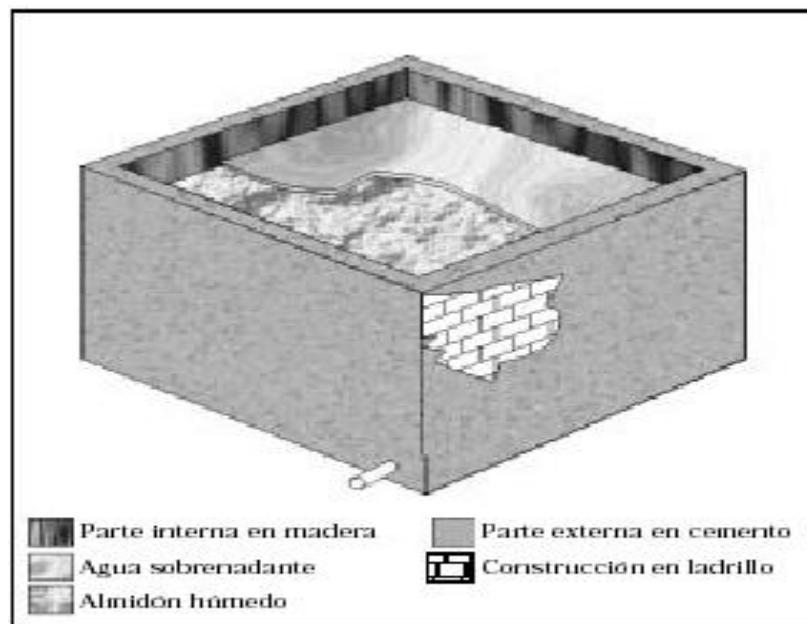
- La capa inferior que es el almidón.
- En el intermedio, la mancha, que es almidón suspendido mezclado con material proteínico.
- En la última capa, hay agua sobrenadante o residual, esta se separa del proceso abriendo las válvulas superiores al final del recorrido.

Fermentación del almidón. Luego de la sedimentación, el almidón es llevado a los tanques de fermentación, se le agrega una capa delgada de agua y allí se conserva de 20 a 30 días, este tiempo varía según las condiciones climáticas. Los

tanques tienen diferentes dimensiones, según la capacidad de la fábrica y están recubiertos de madera en su interior. Los tanques pequeños son los más recomendables por su facilidad de llenado y su permisibilidad en la operación diaria de secado.

Se utiliza como semilla de fermentado el agua empleada para este proceso, también se aprovecha la rápida descomposición de la yuca para su fermentación o una porción de almidón ya fermentado, luego de esto se debe hacer un control de pH, el cual debe estar entre 3,5 y 4,0. (Ver imagen 68)

IMAGEN 68 "TANQUE DE FERMENTACIÓN"



Tanque de fermentación del almidón agrio de yuca.

FUENTE: ALARCÓN, Fredy. DUFOUR, Dominique, "almidón agrio de la yuca en Colombia" tomo I producción y recomendaciones. CIAT. Diciembre de 1998

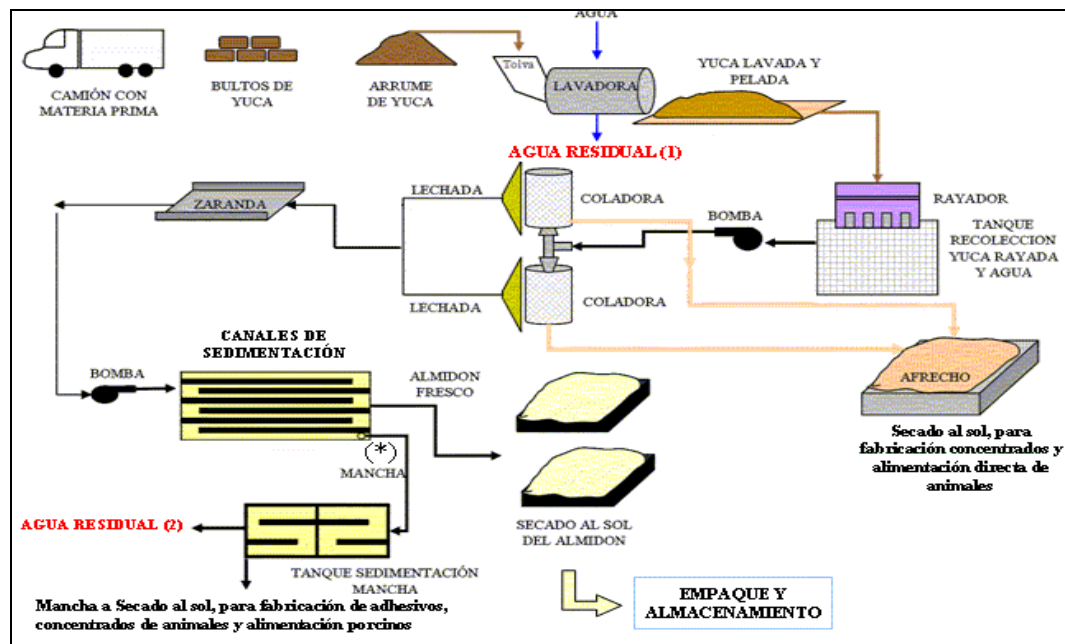
Secado del almidón. En esta operación se busca la deshidratación de la masa que se obtiene de la fermentación, el almidón dulce o nativo se puede secar por métodos artificiales o utilizando la luz solar, el almidón agrio, solo se puede secar por exposición solar.

En este paso, el almidón fermentado se lleva a los patios, donde el suelo está cubierto por un polietileno de espesor N° 6 de color negro, el cual ayuda a captar la mayor cantidad de radiación solar, allí se desmenuza el almidón para facilitar la operación y se deja secar al sol. Para secar una tonelada de almidón se necesita aproximadamente 1000m² de superficie de secado, la cual se determina según la capacidad de producción de la fábrica. Luego del secado, el almidón se recoge, se empaqa y se alista para su comercialización.

Producción de almidón dulce o nativo

El almidón nativo tiene el mismo procedimiento que el agrio, eliminando la parte final de fermentación como lo indica el siguiente esquema, (Ver imagen 69) en donde se muestra el proceso y los puntos donde existen subproductos y desecho de aguas residuales.

IMAGEN 69 "ESQUEMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN NATIVO"



FUENTE: P TORRES, J RODRÍGUEZ y O ROJAS. Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. Universidad del valle, facultad de ingeniería. Cali, Colombia, julio 17 de 2005.

En el Departamento del Cauca al sur occidente del país, es donde hay la mayor concentración de rallanderías³⁶, la mayoría se concentra en el Municipio de Santander de Quilichao y repercute en que los ríos de la zona se encuentren con altos niveles de contaminación, lo que hace importante crear conciencia de realizar tratamientos adecuados de las aguas residuales en las fábricas antes de verter residuos y desechos a los ríos, con el fin de establecer un desarrollo sostenible. Este residuo líquido contiene altos contenidos de carga orgánica (DQO y DBO) que causa un impacto negativo sobre el ambiente al ser descargados directamente.

En la universidad del valle se realizó un estudio que muestra los resultados de la aplicación de la tecnología de *filtro anaerobio*, en escala real, para tratar los efluentes de la sedimentación del almidón de yuca. Contiene un material de soporte que garantiza el crecimiento de la población biológica que se adhiere al espacio acuático, la cual, junto con la población presente en el mismo, garantiza la degradación de la materia orgánica biodegradable. En este caso, puede utilizarse cáscara de coco que sirve para facilitar la operación de descomposición anaerobia.

Especificaciones del filtro anaerobio:

En esta etapa se evalúa la influencia del flujo ya sea vertical u horizontal, para un alcance de menores tiempos de retención hidráulico, minimización de problemas hidrodinámicos y conformación de una población microbiana más estable. (Ver imagen 70)

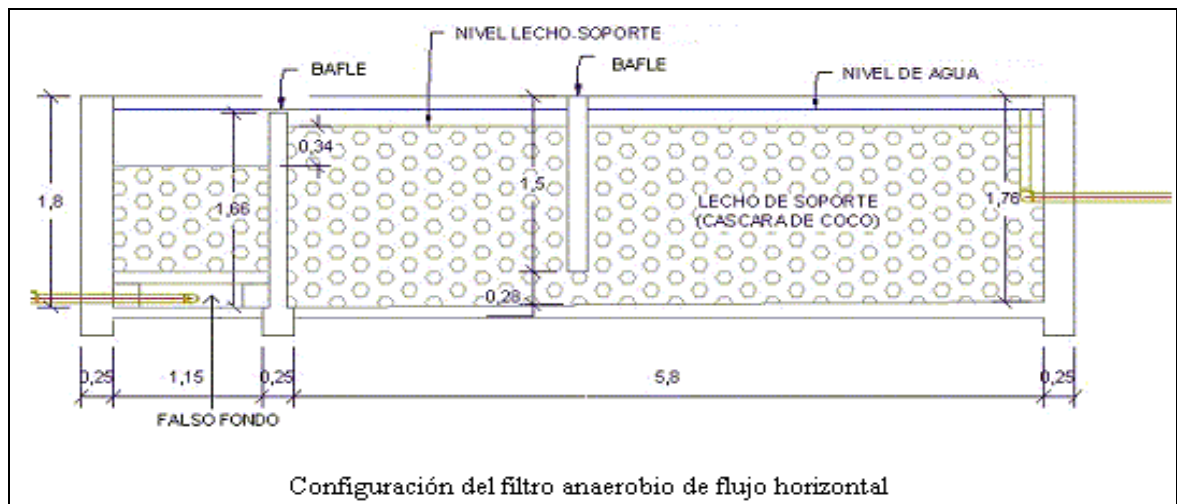
³⁶ P TORRES, J RODRÍGUEZ y O ROJAS. Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. Universidad del valle, facultad de ingeniería. Cali, Colombia, julio 17 de 2005.

Materiales de construcción

Se han evaluado tres tipos de materiales de construcción, con el objetivo de proponer una alternativa tecnológica que permita minimizar costos, sea fácil de construir y de operar, y que en términos generales sea accesible a la comunidad rallandera. Los materiales evaluados han sido concreto, mampostería y taludes impermeabilizados con geomembrana, que es el nombre genérico que recibe la lámina impermeable hecha a partir de polietileno de alta densidad, que se utiliza como base de las pilas de Lixiviación.

En el caso del almidón extraído de la yuca, uno de los elementos más dañinos para las cuencas es la sustancia cianogénica, dependiendo de la variedad que se utilice dicha sustancia puede hacer un mayor daño a la fauna que habita en las aguas de los ríos. (Ver imagen 70)

IMAGEN 70 "FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO HORIZONTAL"



FUENTE: P TORRES, J RODRÍGUEZ y O ROJAS. Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. Universidad del valle, facultad de ingeniería. Cali, Colombia, julio 17 de 2005.

La configuración del filtro anaerobio de flujo horizontal con baffles³⁷, ha sido la mejor alternativa que se ha presentado a nivel industrial, porque favorece la separación de fases y el control operacional del proceso anaerobio para el tratamiento de las aguas residuales *acidificables*.

Al examinar el proceso de la industria del almidón, es pertinente marcar el momento en que este producto se convierte en una fuente energética por medio de la producción del alcohol carburante.

Luego de extraer el almidón nativo, será transportado a la planta de fabricación del alcohol, proceso que se describirá a continuación.

- ***Producción de Alcohol a Partir de Yuca (Manihot esculenta)***

Si se habla internacionalmente de esta industria, el mayor precursor de la producción de alcohol carburante a base de yuca en el mundo es Nigeria, pero su producción no alcanza niveles competentes en el exterior.

Se sabe que la producción de yuca como cultivo básico de la canasta familiar, se atribuye a los países en vías de desarrollo, como algunos de América Latina y el Caribe, los subsidios y los precios locales en las zonas productivas son bastante deficientes, probablemente debido a este aspecto es que la yuca se ha tenido en cuenta como una posible fuente de energía, pero no es fuerte competidora en la industria de biocombustibles debido a los problemas descritos anteriormente, en el manejo de aguas residuales y la inestabilidad en los precios, sobretodo, para los productores de yuca industrial.

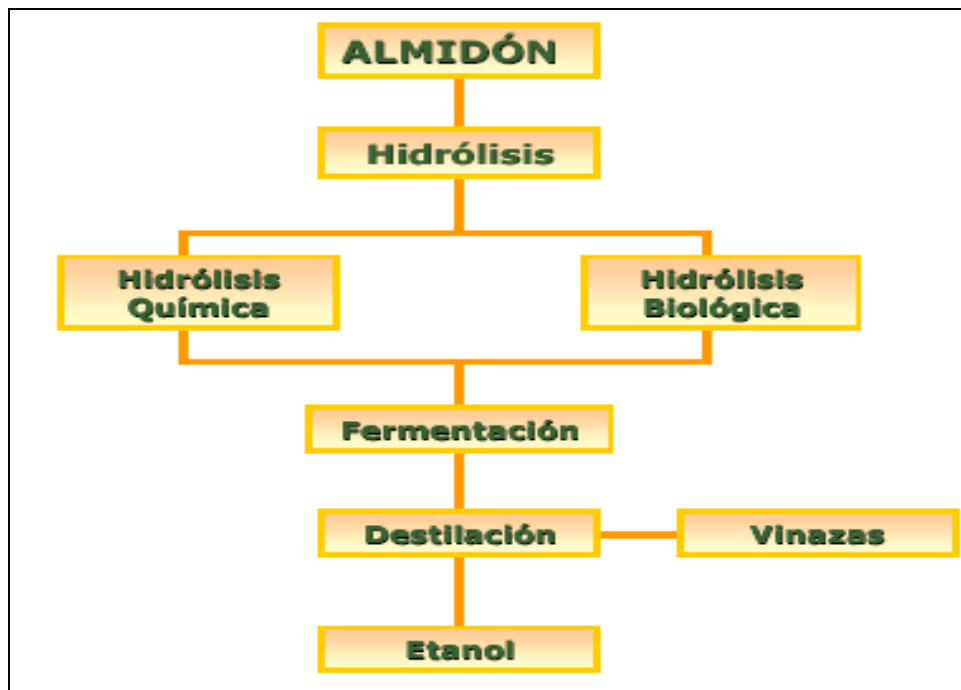
En cuestiones de costos, la yuca no es del todo despreciable, por cada Kg. de yuca se obtiene 0.53 litros de alcohol, a un precio de \$250/Kg. la yuca comestible,

³⁷ Baffles: son muros contenedores que permiten el movimiento del agua dentro del filtro, lo que permite mayor oxigenación.

alrededor de US\$0.11 y \$150/Kg. la yuca industrial, aproximadamente US\$0.071³⁸, se halla gracias a esta relación que la yuca es viable para producir alcohol carburante, la Costa Atlántica Colombiana es donde mejor tecnología y adaptabilidad del cultivo existe, se ha establecido como zona para implementar la primera planta de producción de alcohol carburante a base de yuca.

A continuación se describirá el proceso de extracción de alcohol carburante a base de yuca: (Ver imagen 71)

IMAGEN 71 "PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL A PARTIR DE YUCA"

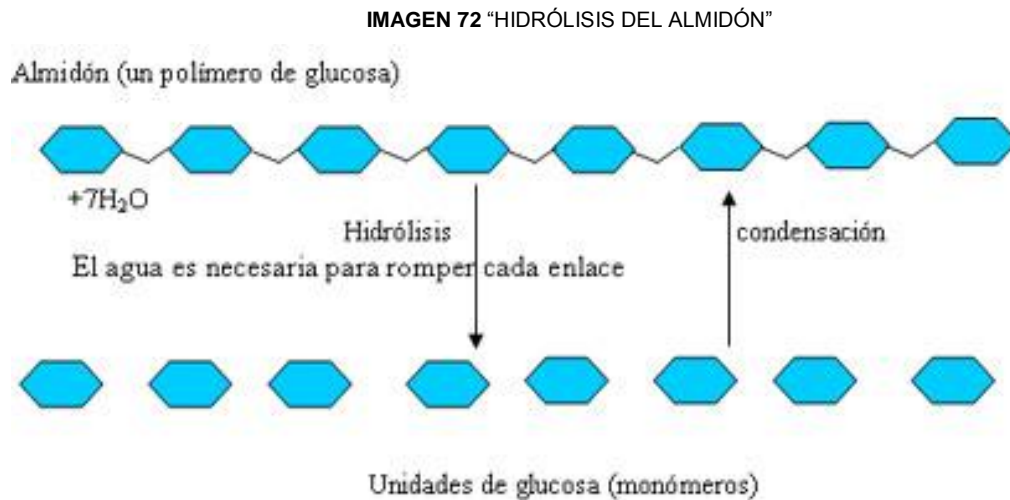


FUENTE: OCHOA, Martines, MIRANDA Iván. HERAZO, Greys. Bioetanol, Alcohol Carburante marzo de 2007

1. *Hidrólisis*. El almidón es un polisacárido que recibe el nombre de amilasa y funciona como sustancia de depósito en las células de las plantas. Formada por 1000 o más unidades de glucosa unidas por enlaces glicosídicos.

³⁸ Precios, Banco de datos del sistema FINAGRO. Mayo de 2007, Tasa de cambio = \$2200, definido por los autores.

La hidrólisis, es una reacción que rompe grandes moléculas para pasar a pequeñas con la adición de agua. La condensación es la reacción que construye grandes moléculas a partir de otras más pequeñas al eliminar las moléculas de agua. (Ver imagen 72)



FUENTE: BIOLOGÍA NIVEL SUPERIOR. BIOLOGY BOOKS.

En la hidrólisis del almidón, cada enlace glicosídico se rompe utilizando una molécula de agua. Un almidón con cuatro unidades de glucosa necesita tres moléculas de agua para la hidrólisis de los tres enlaces.

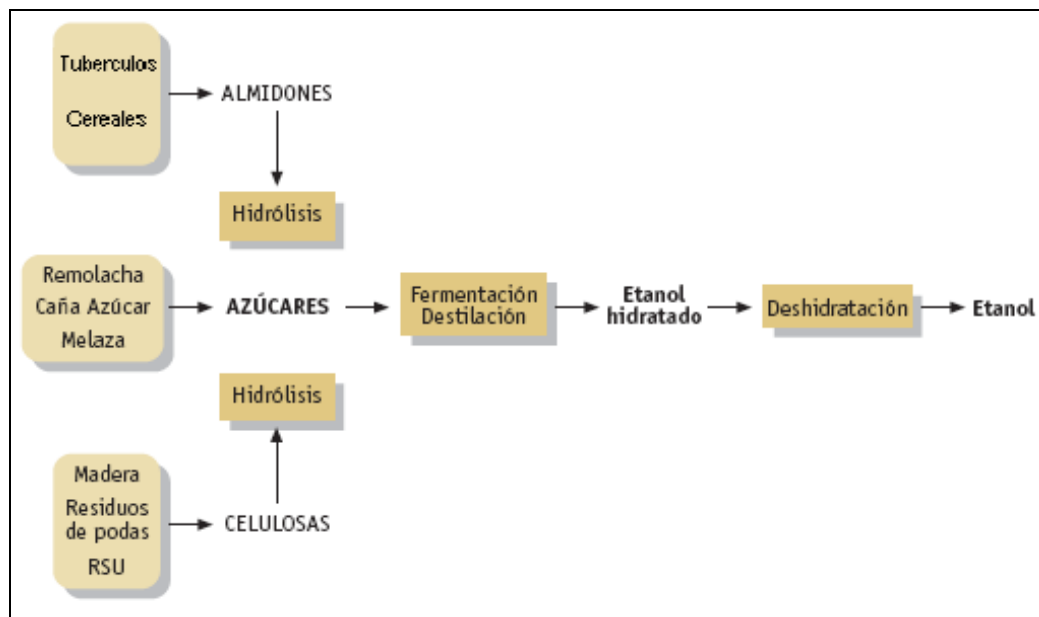
En la actualidad, los procesos más utilizados son la hidrólisis enzimática o biológica y la hidrólisis ácida o química, aunque no tan rentables para la obtención de etanol a partir de almidón, son necesarios realizarlos para transformar este último a glucosa y posteriormente fermentar hasta convertirlo en etanol mediante levaduras.

Se ha intentado, con resultados prometedores, eliminar el paso de sacarificación y licuefacción enzimática mediante el empleo de un cultivo simbiótico de organismos *amilolíticos* y fermentadores de azúcar,

disminuyendo así, los tiempos de producción, pero hasta el momento el proceso se realiza con dichos preámbulos.³⁹

2. *Fermentación.* En este punto del proceso, cuando ya se ha logrado extraer la glucosa del almidón, el proceso de extracción del alcohol es el mismo que se lleva a cabo con la caña o con la remolacha (ver imagen 73), ya que, posteriormente a la hidrólisis, se obtiene del almidón la glucosa contenida en el mismo en forma de licor, permitiendo su fermentación, destilación y por último deshidratación del etanol, obteniendo como producto final el llamado alcohol anhidro o alcohol carburante.

IMAGEN 73 "PROCESOS DE OBTENCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE"



FUENTE: MILIARIUM AUREUM, S.L. ESPAÑA2001, 2004.

³⁹ LEÓN Téllez, Amleto. ÁLVAREZ, Graciela Chalela. ROA, Alba Lucia. SISTEMA SEMICONTINUO DE PRODUCCIÓN DE ETANOL, Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander. Enero de 2007.

6.2.1.1.4. Análisis técnico general del alcohol carburante

- **Reseña Histórica**

El etanol es uno de los productos más antiguos elaborados por el hombre. Desarrollado por los Egipcios y las diferentes civilizaciones Mesopotámicas (Sumerios, Asirios, Babilonios, entre otros) en forma de bebidas alcohólicas⁴⁰.

El origen de la destilación se remonta a una época no determinada, se hace mención a dispositivos destilatorios muy primitivos en la Antigua Grecia, estos aparatos consistían en marmitas calentadas a fuego descubierto, encima se colocaban esponjas que recogían los vapores condensados, enseguida se estrujaban para extraer el líquido.

Otra noción de alcohol la tenían los Romanos, que conocían el vino pero sus discernimientos no pasaban de cierto nivel rutinario y desconocían la naturaleza del alcohol.

En la cultura Árabe, se tenía un conocimiento de la destilación más avanzado, de su idioma se deriva la palabra *alcohol* y *alambique*. Utilizaban el alcohol para preparar sus medicinas, *Avicena*, médico árabe del siglo X, muestra en sus escritos una descripción de aparatos de destilación bastante complejos en sus partes más esenciales, aunque todavía primitivos y rudimentarios.

Arnoldo de Villanueva, profesor de la Universidad de Montpellier, en 1240, escribió el primer tratado de destilación, según parece, fue el primero que fabricó aguardiente.

⁴⁰ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

En el siglo XIII, *Raimundo Lulio*, habló de aparatos destilatorios y de rectificación de alcohol, al que le daba el nombre de “espíritu muy sutil”, perfecciono los procedimientos de *Arnaldo de Villanueva*, su tutor, verificaba hasta siete rectificaciones, pero él decía que a partir de la tercera el líquido ya era alcohol y era inflamable.

En 1440, *Miguel Sanavorola*, publicó otro tratado de alcohol en el que describe el primer alambique de metal con serpentín del mismo material.

Hacia fines del siglo XVI, *J.B. Porta*, Napolitano, escribió también un tratado bastante completo acerca de esta materia.

En el siglo XVII, *Nicolás Lefevre*, el doctor *Arnauld*, de Lyon, y el químico *Glaubero*, dirigieron sus investigaciones hacia la destilación, la fabricación del aguardiente y la fabricación de medicinas a base de licores.

En 1661, *Santiago Sanchez*, dio a conocer una curiosa obra acerca de la vida, del arte fabricar vino y de los procedimientos que entonces se habían perfeccionado para obtener aguardiente, en 1663, el sabio Jesuita *Atanasio Kircher*, trató de igual forma este tema, pero desde un punto de vista más científico.

Boerhave, médico Holandés, trabajó activamente y se puede considerar su trabajo como la transición entre los alquimistas y el arte de producir alcohol industrialmente.

En 1780, *Argand*, de Lyon, inventó el calentamiento de vinos: empleando calor de condensación para calentar el vino, este proceso en apariencia modesta, fue un gran paso hacia el aparato de destilación continua, que permite obtener a voluntad aguardientes o alcoholes según especificaciones exigidas por el comercio.

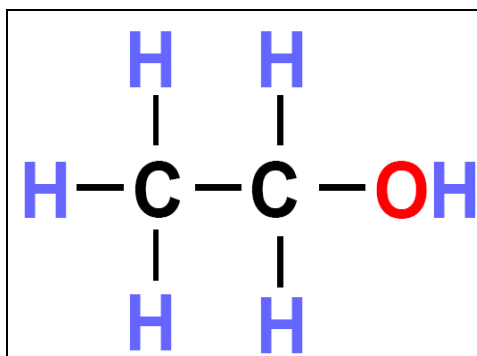
En 1801, *Edward Adam*, inventó el aparato de destilación continua, su descubrimiento fue adoptado con entusiasmo por sus contemporáneos, que sin

embargo pensaron en sacar el mayor partido posible, procurando al mismo tiempo de despojar a su creador, esta invención constituye el verdadero punto de partida de la gran industria moderna, que a partir de aquella época adquirió un desarrollo prodigioso, a *Adam* le robaron su invención y murió de miseria en 1807, en 1837 el consejo municipal de Roen, queriendo hacer justicia al genio menospreciado, decidió colocar una placa conmemorativa en la casa donde había nacido.

El aparato de destilación continua presentaban grandes imperfecciones de detalle, *Cellier-Blumenthal*, reemplazo los recipientes por bandejas que contenían una delgada capa de vino y eran calentadas por vapores resultantes de la operación. *Carlos Derosne*, que adquirió el conocimiento de *Cellier-Blumenthal*, modificó el aparato de destilación continua de su tutor, dispuso las bandejas en forma de columna encima de la caldera, formando la continuación de la misma, este aparato es el mas perfeccionado que ha empleado la industria, seleccionado como prototipo de todas las columnas destilatorias modernas, solo ha tenido modificaciones en sus proporciones y en sus accesorios.⁴¹

- **Generalidades del Alcohol Carburante**

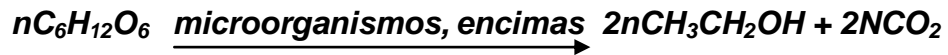
IMAGEN 74 "ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ETANOL"



FUENTE: GNECCO MANCHENO, José, SITUACION DE LA PRODUCCION DE ETANOL EN COLOMBIA, Sucromiles, 15 MARZO 06.

⁴¹ C. STEINER, ALCOHOMETRIA (PREPARACION DE ALCOHOLES), EDITORIAL GLEM, impreso 14 de marzo de 1947 en los talleres Gráficos Macagno, Landa y Cía. Aráoz 162, Buenos Aires Argentina

La fermentación incluye una serie de reacciones biológicas y químicas, en donde microorganismos producen una serie de enzimas o se agregan artificialmente, éstas realizan una transformación de azúcares para convertirlos en alcohol carburante y CO₂. La reacción del proceso de fermentación es:



En la obtención de etanol se utilizan levaduras, aunque existen hongos y bacterias que son capaces de sintetizarlo en cantidades considerables. La fermentación se realiza sin presencia de oxígeno, excepto en la inoculación, proceso durante el cual, se introduce a soplos una pequeña cantidad para permitir un crecimiento limitado de los microorganismos.

Cuando las levaduras comienzan a actuar toman el azúcar del medio, inicia una serie de reacciones, que se conocen como la ruta glicolítica o ruta Embden-Meyerhof, las levaduras rompen los azúcares en energía, además, son intermediarias para el crecimiento de las células y de una gran cantidad de productos finales (dióxido de carbono, calor, y etanol).⁴²

Estos son algunas de las levaduras, mohos, hongos y bacterias utilizados para la producción de etanol:

Entre 1982 y 2002, se han concedido 281 patentes en aspectos relacionados con organismos productores de etanol. (Ver tabla 12)

⁴² REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

TABLA 12 "ORGANISMOS PRODUCTORES DE ETANOL"

LEVADURAS	<ul style="list-style-type: none"> - Saccharomyces cerevisiae - Saccharomyces ellipsodides - Saccharomyces carlsbergensis - Saccharomyces fragilis - Saccharomyces ovaru - Saccharomyces pastorianus - Schizosaccharomyces pombe - Kluyveromyces marxianus IMB3 - Pichia stipites
MOHOS / HONGOS	<ul style="list-style-type: none"> - Aspergillus oryzae - Aspergillus awamori - Candida shehatae
BACTERIAS	<ul style="list-style-type: none"> - Escherichia coli - Zymomonas mobilis - Thermoanaerobacter mathrani - Clostridium acetobutylicum - Clostridium beijerinckii

FUENTE: BRICEÑO, Carlos O. Cenicaña, "Aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e Investigaciones para la producción de bioetanol en Colombia". Julio de 2006.

Materias Primas: La biomasa, son materias primas de las cuales se puede producir alcohol carburante, por medio de fermentación alcohólica, son proveedores que contienen glucosa, fructosa, xilosa o polisacáridos como almidón, celulosa y hemicelulosa.

Se pueden clasificar en tres tipos: con alto contenido de azúcares, fuentes con alto contenido de almidón y con alto contenido de celulosa.

Materias primas con alto contenido de azúcares:

Contienen azúcares simples y fermentables (la glucosa, la fructosa, la galactosa y la sacarosa). Las más utilizadas son: caña de azúcar, frutas, sorgo dulce y remolacha, cuyo resultado son jarabes oscuros de una alta viscosidad, llamados *melazas*.

Con este tipo de fuentes no son necesarios realizar tratamientos previos para obtener azúcares fermentables.

El concepto de melaza se concebía en un principio al subproducto obtenido luego del procesamiento de los jugos de la caña de azúcar o de la remolacha para obtención de azúcar, después de la evaporación, cristalización y centrifugación; en el momento de la elaboración de alcohol carburante, se obtiene melaza cuando el líquido resultante contenga más de 43% de azúcar.

Se identifican al menos cuatro tipos de melazas para la elaboración de etanol:

- Melazas de caña de azúcar
- Melazas high-test
- Melazas de remolacha
- Melazas cítricas

Las melazas hay que prepararlas para el proceso de fermentación alcohólica.

Método de preparación:

Esterilización. Hay la posibilidad de que las melazas contengan microorganismos que afecten negativamente la fermentación. Uno de ellos es la bacteria *Leuconostoc mesenteroides*, ésta polimeriza las moléculas de sacarosa en sustancias gomosas no fermentables. Se encuentra también en las melazas la bacteria *Zymomonas mobilis*; que puede convertir los azúcares en alcohol carburante, pero reduce los compuestos azufrados provocando un olor a sulfuro de hidrógeno, esto da como consecuencia una mala calidad en el producto final.

Dilución. Concentraciones altas de azúcares en las melazas dificultan la fermentación de la mismas, debido a la gran presión que generan sobre las paredes celulares, las melazas con alta viscosidad dificultan su manipulación. En estas condiciones se tiene que diluir las melazas agregándole agua, obteniendo

soluciones de 25° Brix, lo ideal sería lograr diluciones de menores grados Brix, debido a que teniendo más grados Brix en la solución se dificulta la fermentación alcohólica.

Adición de nutrientes. En algunos casos se agregan nutrientes complementando los nutrientes necesarios para realizar la fermentación. Se puede observar en las melazas de caña de azúcar, en donde es necesario añadir algo de fósforo, el cual, se adiciona con fosfato de diamonio y nitrógeno, para suministrarlo en forma de urea.

Previo a la fermentación también hay que preparar las melazas de forma que no halla sólidos suspendidos que se interpongan en el proceso de fermentación, algunas de esas medidas son las siguientes:

- Las melazas con 45° Brix se diluyen en agua caliente, se mantiene la temperatura a 70°C por algunas horas, así, se sedimentan los sólidos suspendidos.
- Se utilizan los fermentadores con fondo inclinado, mejorando la separación de sólidos.
- Se debe hacer una segunda decantación en el beerwell, que es el recipiente donde se encuentra el caldo de fermentación listo para ser destilado.
- Tener un control de prueba en la sección de rectificación.
- Tener un diseño apropiado de columna de despojamiento, que sea menos susceptible a problemas de incrustaciones.
- En vez de utilizar ácido sulfúrico se debe usar ácido hidroclicóric, esto evita que en la melaza las sales que reaccionan con el ácido sulfúrico formen sulfato de calcio, teniendo como característica, la insolubilidad, aumentando la temperatura. Representando un problema cuando la solución para fermentar se destila y el sulfato de calcio se precipita.

Materias primas con alto contenido de almidón:

La biomasa que tiene alto contenido de almidón son los cereales: maíz, arroz, trigo, centeno, cebada, entre otros, también tubérculos como la yuca y la papa. Para obtener alcohol carburante de este tipo de materia prima se debe realizar un tratamiento previo.

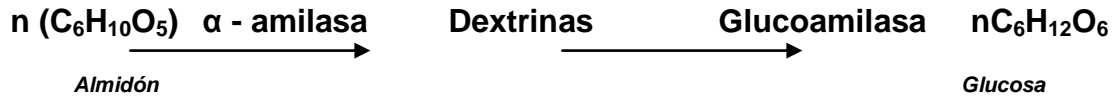
El primer tratamiento que se le aplica a los cereales es el más viable, por menores costos de inversión y por la facilidad de construcción, como de operación de la planta, es la llamada molienda seca, que comprende los siguientes pasos:

- *Molienda.* En esta etapa se obtienen harinas de los cereales a partir de sus granos. Con el fin, de realizar una ruptura al menor tamaño de partículas posible, obtener una gran área superficial y facilitar la penetración del agua en la posterior etapa de cocción. Para esta operación, existe una amplia variedad de equipos a utilizar, sin embargo, los más comúnmente empleados son los molinos de martillo y de rodillos, estos últimos especialmente para granos pequeños de cereales.

- *Cocción.* Es la etapa que comprende desde la mezcla de la harina del cereal con agua, hasta la obtención de una pasta húmeda y lista para la fermentación. En este procedimiento, se añaden diversos tipos de enzimas, para hidrolizar los almidones a dextrinas con amilasas y luego para romper éstas a glucosa, con glucoamilasas. Los sistemas de cocción pueden ser en lotes o continuos⁴³.

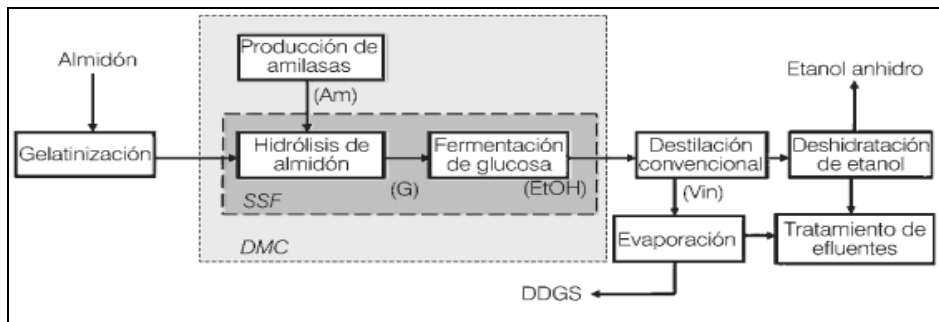
⁴³ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Para los cereales, se realiza un proceso llamado hidrólisis del almidón, con el fin de romper este biopolímero en azúcares fermentables, la hidrólisis se puede resumir en la siguiente ecuación:



Se desarrolló la tecnología de sacarificación y fermentación simultáneas (SSF por sus siglas en inglés), en donde se combinan en una unidad, la etapa de degradación enzimática de la celulosa o del almidón y la fermentación de la glucosa obtenida de la hidrólisis de estos polisacáridos. La clave del proceso de SSF a partir de biomasa lignocelulósica es su habilidad para convertir rápidamente los azúcares en alcohol tan pronto como se forman, disminuyendo su acumulación en el medio. La tecnología SSF fue asimilada para la producción industrial de etanol a partir de almidón, obteniendo rendimientos altos y sostenibles del orden de 2,75 gal/saco de maíz.⁴⁴ A continuación se muestra la grafica del proceso de integración reacción-reacción de producción de alcohol carburante a partir de almidón. (Ver imagen 75)

IMAGEN 75 "INTEGRACIÓN REACCIÓN-REACCIÓN DE PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE A PARTIR DE ALMIDÓN"



FUENTE: SÁNCHEZ, O.J. y CARDONA, C.A. (a): Producción Tecnológica de Alcohol Carburante I: Obtención a partir de Diferentes Materias Primas. Interciencia. Noviembre de 2005.

⁴⁴ SÁNCHEZ, O.J. y CARDONA, C.A. (a): Producción Tecnológica de Alcohol Carburante I: Obtención a partir de Diferentes Materias Primas. Interciencia. Noviembre de 2005

La obtención de alcohol carburante a partir de materias primas ricas en almidón da como ventaja que las altas temperaturas utilizadas en el proceso, permiten una alta eficacia en la sacarificación del almidón, también, permite tener un ambiente estéril en donde los microorganismos indeseables para la fermentación alcohólica no prosperan.

Materia primas con alto contenido de celulosa:

En la naturaleza, la biomasa con alto contenido de celulosa para la obtención de alcohol carburante es más abundante que las otras dos mencionadas. Pero su composición química, hace más complejo la obtención de etanol, lo que establece retos tecnológicos con altos niveles de dificultad.

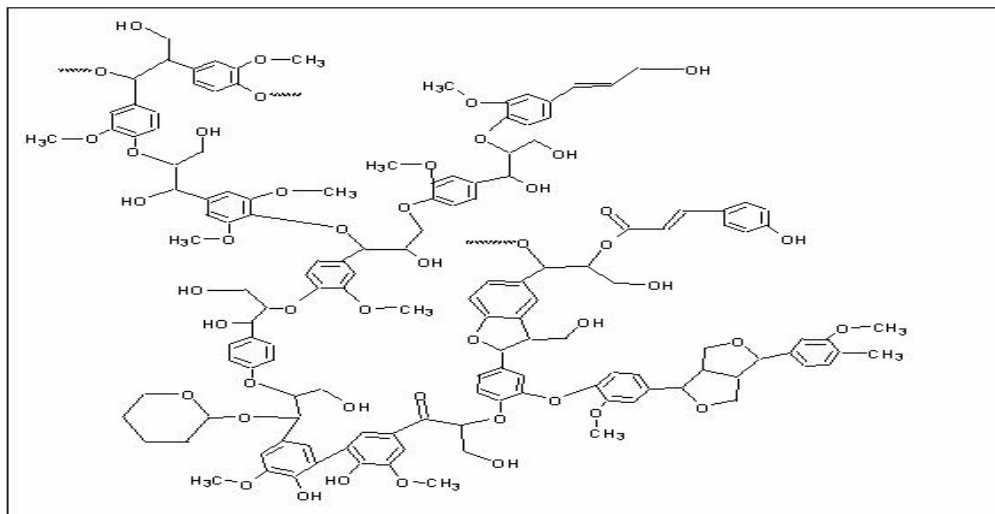
Las principales fuentes de este tipo de biomasa son:

- Madera: Selvas, bosques y plantaciones.
- Residuos agrícolas: Bagazo de caña de azúcar y de sorgo dulce, residuos de maíz y de cereales como cebada, trigo y arroz.
- Residuos de centros urbanos.
- Residuos de papel.

Las fuentes con alto contenido de celulosa contienen un 90% de lignocelulosa, que a su vez, están conformada por lignina, hemicelulosa y celulosa.

La lignina, es constituida por la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico), todos ligados entre si, en una estructura tridimensional. (Ver imagen 76)

IMAGEN 76 "ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL DE ÁCIDOS Y ALCOHOLES FENILPROPÍlicos DE LA LIGNINA"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán.

El proceso de fermentación a partir de materias ricas en celulosa requiere de tres pasos:

1. *Deslignificación para liberar la celulosa y la hemicelulosa.* Las prácticas utilizadas son de dos tipos: pretratamientos para hidrólisis enzimática y ácida. *Hidrólisis ácida o química:* Utiliza ácidos concentrados, en la práctica se emplea ácido sulfúrico con mayor regularidad, por ser más económico. Se disuelven los polisacáridos (hemicelulosa y celulosa) con los ácidos utilizados, separando la lignina, en seguida, se hidroliza la celulosa y hemicelulosa, en el momento que se diluyen los ácidos, se calientan para obtener los azúcares que se pueden fermentar. (Ver tabla 13)

TABLA 13 "TECNOLOGÍAS DE HIDRÓLISIS ACIDA"

Tecnologías de hidrólisis ácida		
<u>Ácido sulfúrico</u>	<u>Ácido hidroclicórico</u>	<u>Orgánica (Autohidrólisis)</u>
Concentrado - Etapa simple	Concentrado - Fase líquida	Vapor - Presión
Diluido - Etapa simple	Concentrado - Fase vapor	Vapor - Presión mecánica
Diluido/Concentrado - Dos etapas	Diluido	
Diluido/Diluido - Dos etapas		

FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007,

Hidrólisis enzimática o biológica: Rompe la estructura cristalina de la lignocelulosa y separa la lignina, con el fin de permitir el acceso de los polisacáridos a las enzimas. En los pretratamientos químicos se utilizan la pre-hidrólisis ácida (hidrólisis de los polisacáridos), emplean bases como hidróxido de sodio o amoníaco (solubilizan parcialmente la lignina y cristalizan la celulosa), además, de solventes orgánicos u organosolv, como etanol, metanol, butanol, fenol y hexameten-diamina (remoción de la lignina). Los pretratamientos físicos pueden usar altas presiones y temperaturas, también, molienda, radiación o congelamiento; por tal razón, tienen un alto consumo de energía y pueden resultar costosos. Pueden agruparse en pretratamientos de autohidrólisis (como las tecnologías de Dietrich y Stokes, entre otras) y mecánicos (molinos de atrición, molinos de rodillos, entre otros).⁴⁵ (Ver tabla 14)

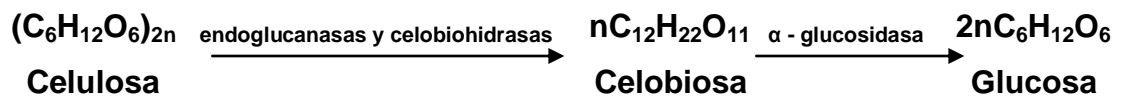
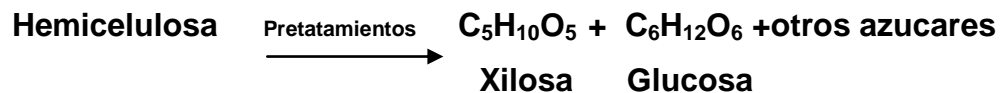
TABLA 14 "PETRATAMIENTOS DE HIDROLISIS ENZIMATICA"

Pretratamientos de hidrólisis enzimática				
Pretratamientos químicos			Pretratamientos físicos	
<u>Pre-hidrólisis ácida</u>	<u>Empleo de bases</u>	<u>Empleo de solventes orgánicos (organosolv)</u>	<u>Autohidrólisis</u>	<u>Mecánicos</u>
Ácido sulfúrico diluido	Hidróxido de sodio	Metanol	Vapor – Presión (Dietrich)	Molino de atrición
Ácido hidrocórico diluido	Amoniaco	Etanol	Vapor – Presión mecánica (Stokes)	Molino de rodillos
Ácido acético		Butanol	Explosión de vapor (Iotech)	Molino triturador de barras vibratorio
Ácido sulfúrico concentrado (frío)		Hexameten-diamina		Extrusor
Ácido hidrocórico concentrado (frío)		Fenol		

FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán. Tomado de LYONS, T.P: *The Alcohol Textbook*. First Edition. Nottingham [Reino Unido].
Nottingham University Press.

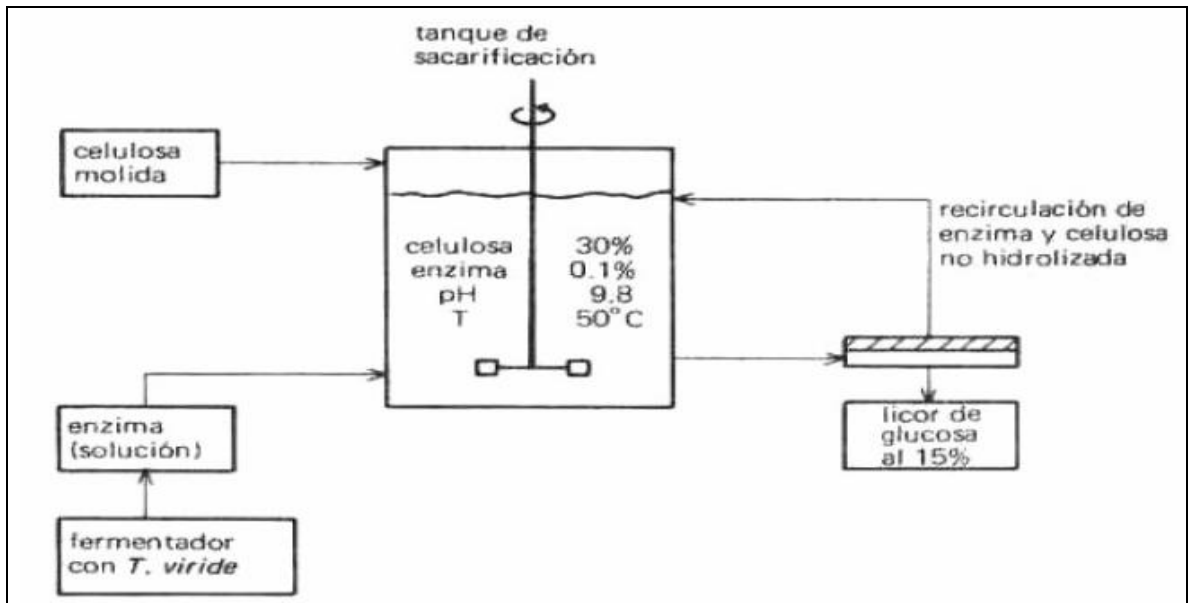
⁴⁵ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

2. Despolimerización, hidrólisis de la celulosa y hemicelulosa. A través de este procedimiento, se obtendrán los azúcares que se fermentan por medio de tratamientos enzimáticos. Se utilizan celulasas, provenientes de diversos microorganismos como el hongo *Trichoderma viride* y *M. verrucaria*, el proceso se describe con las siguientes ecuaciones:



Y se esquematiza en el siguiente bosquejo: (Ver imagen 77)

IMAGEN 77 "HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE LA CELULOSA Y CONDICIONES TÍPICAS"



FUENTE: QUINTERO, R.: *Ingeniería Bioquímica. Teoría y Aplicaciones*. Primera Edición. México. Alhambra Mexicana. 1981.

Se emplea tecnología de sacarificación y fermentación simultáneas para evitar que las celulasas se inhiban en la presencia de glucosa y cadenas cortas de celulosa al inicio del proceso de la hidrólisis enzimática. De esta forma se convierte en

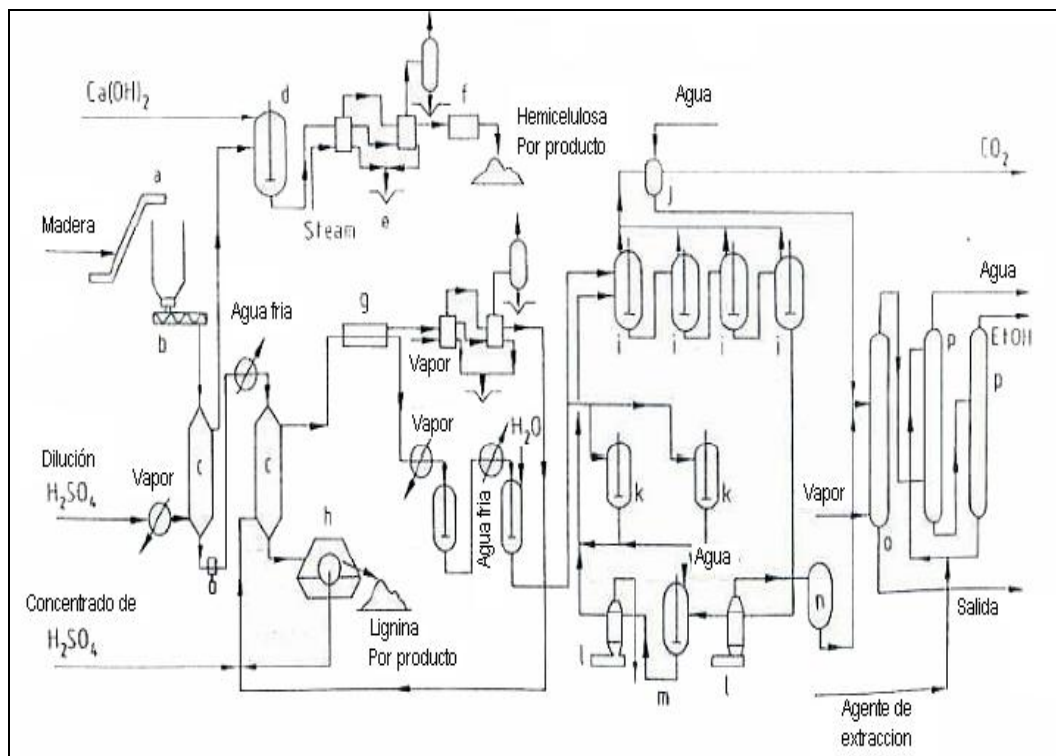
alcohol carburante la glucosa generada; como resultado, se incrementa la velocidad de la celulosa en la conversión de etanol.

3. Fermentación de la mezcla de hexosas (i.e. glucosa) y pentosas (i.e. pentosa, xilosa): La celulosa es conformada por unidades de glucosa, la hemicelulosa, a diferencia de la celulosa, es un polímero ramificado, está conformado por hexosas que son azúcares de 6 carbonos y pentosas que están constituidas por azúcares de 5 carbonos, su estructura se da de acuerdo a la biomasa de origen.

Las levaduras son incapaces de fermentar azúcares como la xilosa, por esto, se utilizan diversas cepas de bacterias Gram negativas modificadas.

El siguiente es el esquema de la producción de etanol a partir de materias primas con alto contenido de celulosa, en este caso con la madera. (Ver imagen 78)

IMAGEN 78 "PRODUCCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE MADERA USANDO HIDRÓLISIS ÁCIDA FUERTE."



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán. Tomado de KOSARIC, N. et al: Ethanol. Vol A 9 de Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, bajo la edición de Hans-Jürgen Arpe. Weinheim [Alemania]. Fifth Edition (First International Edition in English). John Wiley & Sons. 1987

Los elementos de esquema se identifican a continuación: (a) tolva de alimentación, (b) alimentador, (c) digestor, (d) recipiente de neutralización, (e) evaporadores de efecto múltiple, (f) secador, (g) membrana de electrodiálisis, (h) filtro, (i) fermentador, (j) despojador de dióxido de carbono, (k) fermentador de semillas, (l) centrífuga, (m) recipiente de lavado de levadura, (n) recipiente de compensación, (o) fondos y (p) columna de alcohol.

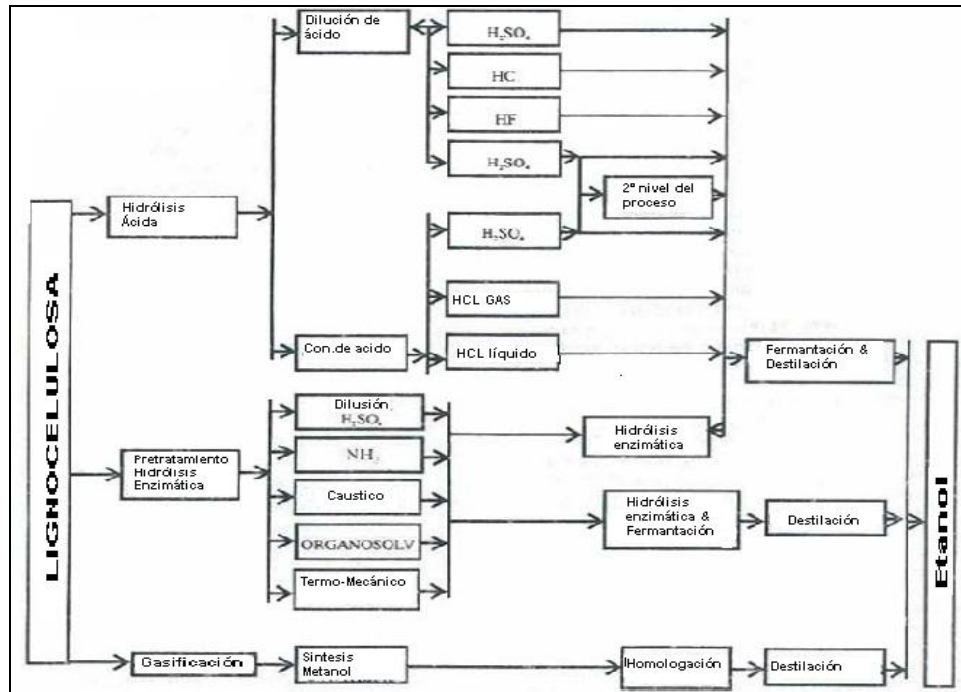
Existe otra tecnología para obtener alcohol carburante, es una tecnología donde los compuestos lignocelulósicos son termoquímicamente gasificados, convirtiéndose en una mezcla de hidrogeno y monóxido de carbono llamada *gas de síntesis*, consecuentemente se induce una reacción catalítica trasformando el gas en metanol, para después producir etanol con sistemas catalíticos de reacciones de homologación.

Esta tecnología tiene una ventaja grande: la gasificación se efectúa sobre la lignina, la hemicelulosa y la celulosa, aprovechando todos los compuestos para obtener etanol.

Las desventajas son: en la etapa de homologación se producen una gama alta de alcoholes, no repercute en algún tipo de problema si el objetivo es obtener combustible, para otros usos es distinta la situación, otra situación, es que se requiere un gran consumo energético, para mejorar éste problema, se combinan procesos termoquímicos y de fermentación en donde se obtiene gas.

A continuación se evidencia el proceso de etanol a partir de materiales lignocelulósicos.⁴⁶ (Ver imagen 79)

IMAGEN 79 "PROCESO DE ETANOL A PARTIR DE MATERIALES LIGNOCELULÓSICOS"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán. Tomado de LYONS, T.P. et al: *The Alcohol Textbook*. First Edition. Nottingham [Reino Unido]. Nottingham University Press. 1995.

Introduciéndose en el caso Colombiano, el banano representa una buena oportunidad para la obtención de alcohol carburante, al encontrarse compuesta la cáscara principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina.

La cáscara de banano es una fuente abundante de material celulósico, es el constituyente externo del banano y representa alrededor del 40% en peso.

⁴⁶ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

En el país, es producido principalmente en Antioquia, en la zona de Urabá y se rechazan en promedio el 20% de la producción anual, unas 200.000 Ton/año aproximadamente, convirtiéndose en un problema de contaminación ambiental en las regiones productivas.

El tratamiento aplicado a la cáscara de banano es el siguiente: se reduce a un tamaño de partícula entre 0,1 y 0,5 mm, posteriormente se realiza el método básico de eliminación de lignina, sumergiéndolo en una solución de NaOH 0,1N, a los 15 minutos se adicionan 0,816 gr. de sulfato de calcio y se deja en reposo por 3 horas, se separa el material particulado de la solución. La hidrólisis ácida se lleva a cabo adicionando 50 ml de ácido sulfúrico al 5% por cada 100 gramos de cáscara de banano, a una temperatura de 125°C y 15 psi, durante 15 minutos.⁴⁷

Fermentación: En la industria, se tiene ciertas condiciones para que se lleve a cabo correctamente el proceso:

- *Disipación del calor:* En el proceso de fermentación a nivel industrial, se generan alrededor de 17000 BTU (British Thermal Unit, equivalente a 252,2 calorías ó 1.055 julios) por cada 50 lb. de alcohol producido aproximadamente entre la hora 10 y 30 de fermentación.⁴⁸ En este caso se planea e implementa un sistema de enfriamiento que disipe el calor evitando calentamiento.
- *Manejo de la temperatura de fermentación.* Los microorganismos utilizados en la fermentación, no soportan las altas temperaturas, por eso hay que tener un

⁴⁷ MONSALVE G., JOHN F., MEDINA DE PEREZ, VICTORIA ISABEL y RUIZ COLORADO, ANGELA ADRIANA. Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. Dyna rev.fac.nac.minas, nov. 2006.

⁴⁸ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007, tomado de LYONS, T.P. et al: The Alcohol Textbook. First Edition. Nottingham [Reino Unido]. Nottingham University Press.

sistema de enfriamiento efectivo, las levaduras tienen temperatura óptima de fermentación de 32°C y su temperatura óptima de reproducción es de 28°C.

Estas temperaturas altas provocan el crecimiento de *Lactobacillus*, bacteria que compite con las levaduras por la glucosa, produciendo ácido láctico e inhibiendo la fermentación.

- *Contaminación.* El ácido láctico que inhibe a las levaduras es de del 1,4% en peso, para determinar el grado de contaminación se deben construir curvas de titulación de ácido láctico, empleando desviaciones estándar y determinando el límite de titulación. Esto se evita introduciendo antibiótico a base de penicilina, otros compuestos que sirven son amoniaco líquido y dióxido de cloro.
- *Nivel de alcohol.* No puede haber alcohol en medio del proceso de fermentación para que no la inhiba. El alcohol impide el crecimiento de la levadura y la producción de alcohol, concentraciones por encima de 110 gr/Lt los detienen totalmente, aunque con las levaduras más tolerantes es posible una producción de etanol (más no crecimiento) con una concentración de un 20%.⁴⁹
- *Concentración del sustrato.* En la fermentación, se hace necesario que haya concentraciones de azúcares, para que los microorganismos realicen su trabajo de una forma correcta, no pueden ser muy bajas, esto provoca que se requiera de mayores volúmenes aumentando los costos, ni muy altas, debido a que se pueden presentar inconvenientes en la respiración de los microorganismos.
- *Control de pH.* El pH óptimo para que los microorganismos trabajen es alrededor de 4,4 y 5,0. Si el pH es alto, provoca el crecimiento de bacterias

⁴⁹ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tomado de KOSARIC, N. et al: Ethanol. Vol A 9 de Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, bajo la edición de Hans-Jürgen Arpe. Weinheim [Alemania].

acidolácticas, y si es bajo, inhibe el crecimiento de las levaduras. Tener controlado el pH es fundamental para evitar el crecimiento de microorganismos contaminantes y para tener una actividad óptima de las enzimas.

- *Microorganismos empleados.* Las levaduras son las más utilizadas para la fermentación. Son hongos unicelulares y uninucleados. Producen a temperaturas de 35°C alcohol, con altos niveles de alcohol en el medio y contaminación leve, lo cual demuestra que son muy resistentes para trabajar en condiciones no favorables. Las levaduras más utilizadas son:
 - *Saccharomyces cerevisiae.*
 - *S. uvarum* (anterior *S. carlsbergensis*).
 - *Candida utilis.*
 - *Saccharomyces anamensis.*
 - *Schizosaccharomyces pombe.*
 - *Kluyveromyces.*
 - *Escherichia coli.*
 - *Klebsiella oxytoca.*
 - *Zymomonas mobilis.*
 - *Escherichia coli.*

También se emplea hongos filamentosos en fermentaciones alcohólicas como:

- *Monilia sp.*
- *Neurospora crassa.*
- *Neurospora sp.*
- *Zygosaccharomyces rouxii.*
- *Aspergillus sp.*
- *Trichoderma viride.*
- *Paecilomyces sp.*

La utilización de los hongos trae ciertas desventajas consigo:

- Tiempo de fermentación tardíos (de 3 a 12 días).
 - Producción baja de etanol (entre 0,8 y 60 gr/Lt de etanol).
 - Producción en el proceso de ácido acético y ácido láctico
- *Aireación.* La aireación es indispensable para la fermentación cuando hay: fermentación por lotes y con niveles de azúcares elevados, así requieran un crecimiento prolongado de la levadura y en procesos continuos, por razón a que las levaduras están en un prolongado tiempo en ausencia del aire. Para esto se debe implementar un sistema de agitación constante, que permita producir aire en el proceso, también se debe retirar el dióxido de carbono producido, evitando que se inhiba el crecimiento de las células.

Los procesos de fermentación tienen cuatro operaciones: *fermentación por lotes (batch)*, *fermentación continua*, *fermentación intermitente (fed-batch)* y *fermentación semi-continua*.

Fermentaciones por lotes (batch): Las fermentaciones alcohólicas se clasifican dentro de los procesos tipo I, donde la obtención del producto final está relacionada con el uso del sustrato.⁵⁰ Esta operación consta de cuatro fases:

- *Fase lag:* El crecimiento del microorganismo se realiza mediante la inoculación. Se da un ajuste metabólico, en donde, puede haber cambios de pH, baja en los inhibidores de crecimiento y aumento en los nutrientes.
- *Fase exponencial:* El porcentaje más alto de producción de etanol se realiza en esta operación.

⁵⁰ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tomado de QUINTERO, R.: Ingeniería Bioquímica. Teoría y Aplicaciones. Primera Edición. México. Alhambra Mexicana. 1981.

Depende de la concentración de azúcares y la duración de este periodo determina la calidad del alcohol carburante.

- *Fase estacionaria:* Se van acabando los nutrientes del sustrato y se frena el crecimiento. La masa de los microorganismos permanece constante en esta fase, por el equilibrio que se da entre los que permanecen vivos y los muertos.
- *Fase de muerte:* El punto de equilibrio entre los microorganismos vivos y muertos se rompe y la proporción de población baja. Gran parte de los procesos acaban antes de esta fase.

Las operaciones para producir etanol tienen las siguientes ventajas:

- Producto final más concentrado.
- Sencillez en la implementación y mantenimiento de la planta.
- Con el uso de un bioreactor se logra una gran flexibilidad para realizar varias especificaciones del producto.

Presenta las siguientes desventajas:

- Baja productividad.
- Dificultad en automatizar.
- Tiempos muertos largos y frecuentes.
- Costos altos en mano de obra.

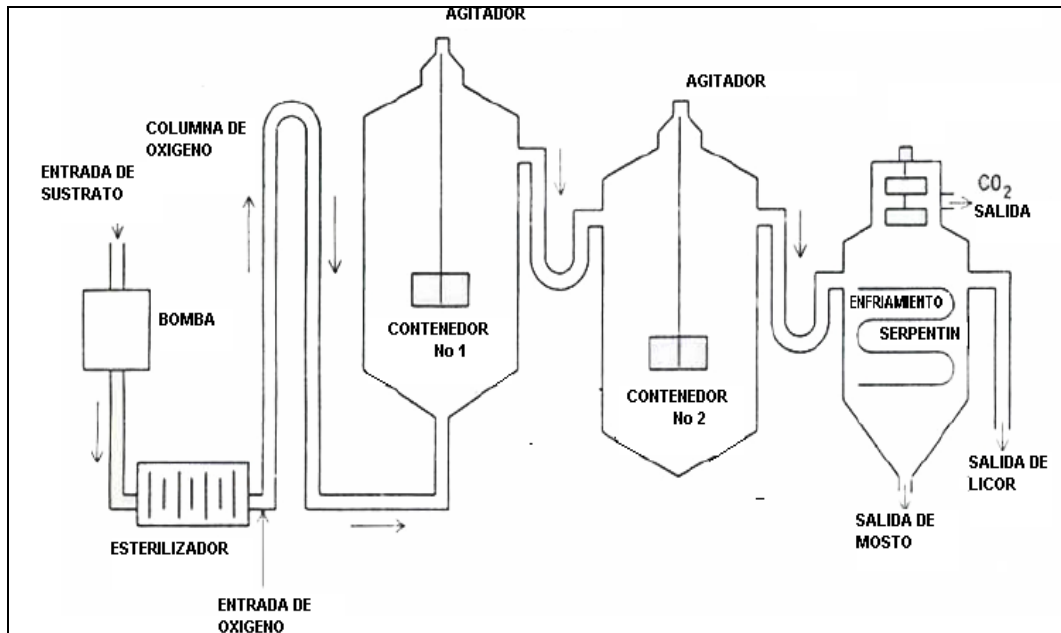
Fermentaciones continuas: Se alimenta con sustrato el bioreactor, algunos de los nutrientes requeridos son utilizados como medio de cultivo y oxígeno. Paralelamente se retiran células, alcohol y azúcares residuales, con el crecimiento de microorganismos en el bioreactor, se balancea la pérdida de células en el flujo de salida.

La productividad en esta etapa es tres veces más alta que la de los procesos por lotes y es superior en 6 gr/Lt*Ha, de esta forma la cantidad de sustrato con que se

produce una proporción de etanol, es igual que la de la fermentación por lotes, que es tres veces mas pequeña. Un sistema de cascada, es de los procedimientos continuos con mayor acogida.

A continuación se mostrará el esquema: (Ver imagen 80)

IMAGEN 80 "SISTEMA EN CASCADA DE DOS FERMENTADORES AGITADOS Y CONTINUOS"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán. Traducida por autores.

Las ventajas de los procesos continuos frente al de lotes son las siguientes:

- Menores costos del bioreactor, en razón de los menores volúmenes de sustrato que se requieren.
- Menores exigencias de mantenimiento y de operación.
- Control mejorado del proceso y mayor productividad.

Las densidades celulares óptimas se logran con la utilización de los siguientes métodos:

Recuperación y reciclaje de biomasa: Se puede lograr producciones diez veces mayores que en las fermentaciones continuas sin reciclaje de biomasa. Este proceso tiene dos operaciones: centrifugación y lavado, en la última se utiliza ácido fosfórico con un pH de 2,2 ó de 2,4.

Tiene las siguientes desventajas:

- Los altos costos de operación.
- Mantenimiento de los equipos de centrifugación.

La inmovilización de células: Se concentran los microorganismos y se introducen dentro del bioreactor en una matriz. Este proceso se consigue con dos operaciones: encapsulamiento en una matriz gelatinosa en alginato de calcio ó carragenato, obteniendo producciones alcohólicas de 53.8 gr/Lt, la otra operación, son los enlaces covalentes en superficies de diversos materiales de soporte, también existen la adsorción sobre un soporte, entre otros.

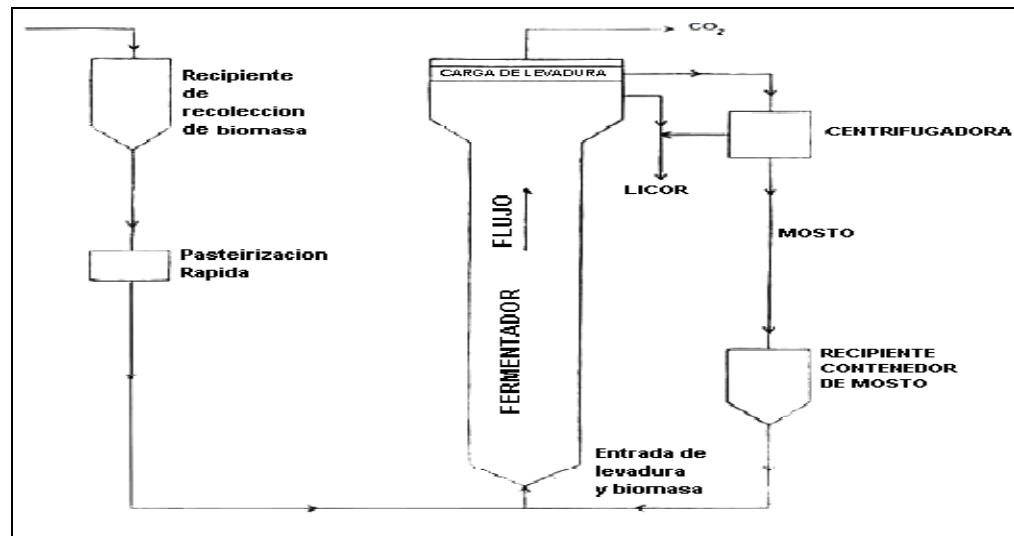
Este método presenta las siguientes desventajas: se limita la propiedad de difundirse, ocasionada por la matriz gelatinosa, en consecuencia hay una variación de producto dentro de las perlas y el sustrato.

Hay otros métodos para fermentación continua de alcohol carburante, aunque en la actualidad no se utilizan en la industria por diversos inconvenientes que aun no han sido resueltos, estos métodos se nombraran a continuación:

Torre continua: Consta de un cilindro vertical, además, en la parte inferior se constituye de un fondo en forma cónica y una zona de asiento de materia prima en la parte superior. No tiene en sus componentes un dispositivo de agitación mecánica, lo que le permite alcanzar concentraciones celulares de hasta 100 gr/Lt,

logra producciones de 30 a 80 veces más altas que otros procesos, con la desventaja que para el arranque se necesita de 2 semanas.⁵¹ (Ver imagen 81)

IMAGEN 81 "FERMENTADOR DE TORRE CONTINUA"

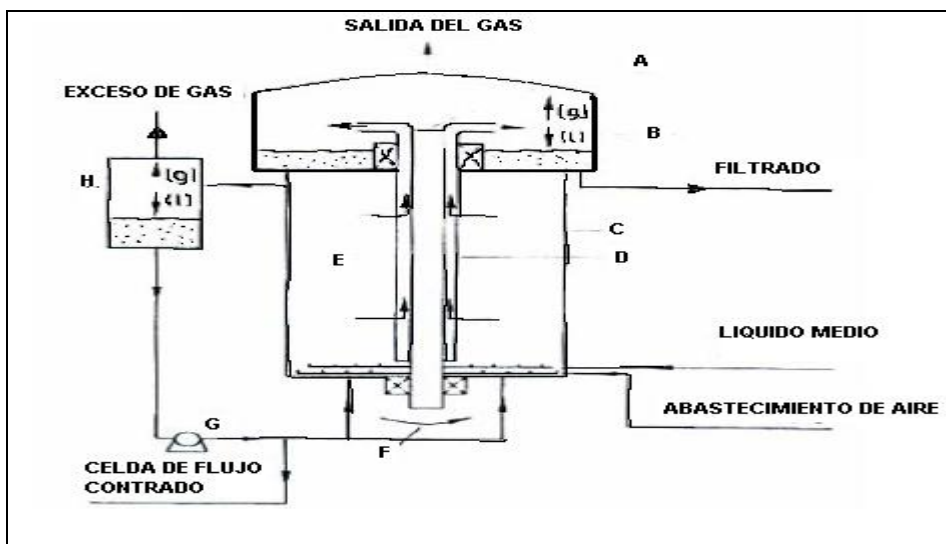


FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán. Traducido por autores.

Bioreactores de membrana y rotofermentadores: Se divide en dos cámaras que a su vez se separan por una membrana de diálisis, que permite la entrada de nutrientes y que la materia prima no se escape. Existe un problema con este tipo de dispositivo, es que la membrana se ensucia con materiales como propinas, la solución radica en reemplazar la membrana por un rotofermentador, que es cilindro compuesto de una membrana microporosa y rotatoria, este cilindro maneja presiones entre 115 y 170 kPa. Este sistema permite la eliminación de productos como el alcohol. Un rotofermentador, logra tener una de producción alcohólica de 26.8 gr/Lt, con niveles de materia prima de 24.8 gr/Lt y de etanol de 50.4 gr/Lt. (Ver imagen 82)

⁵¹ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tamado de KOSARIC, N. et al: Ethanol. Vol A 9 de Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, bajo la edición de Hans-Jürgen Arpe. Weinheim [Alemania].

IMAGEN 82 " DIAGRAMA DE UN ROTOFERMENTADOR."

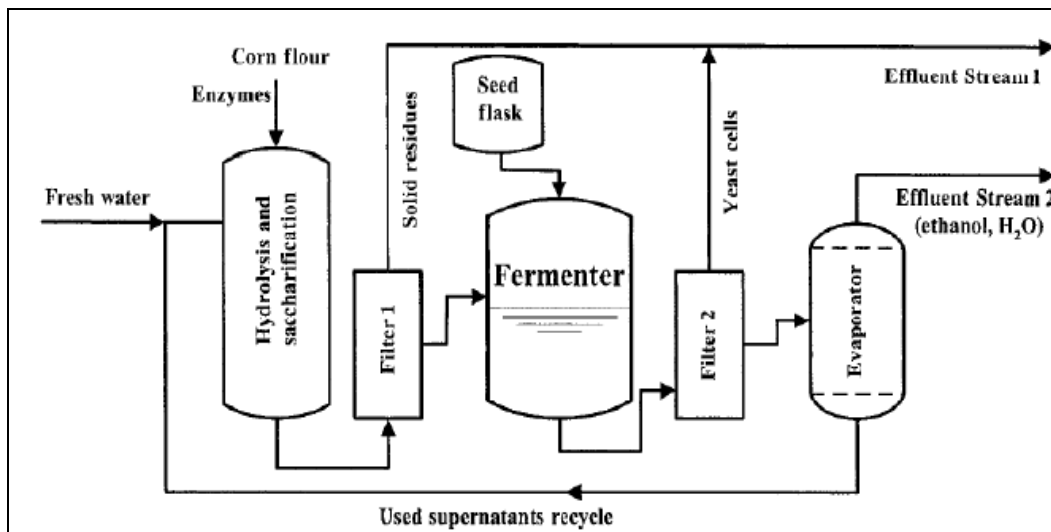


FUENTE: KOSARIC, N. et al: Ethanol. Vol A 9 de Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, bajo la edición de Hans-Jürgen Arpe. Weinheim [Alemania]. Fifth Edition (First International Edition in English). John Wiley & Sons. 1987. Traducida por autores.

Las partes del rotofermentador son: (A) Rotor, (B) cámara de filtración, (C) fermentador, (D) membrana microporosa rotatoria, (E) crecimiento de células concentradas, (F) motor de impulsión, (G) bomba de reciclo y (H) separador gas-líquido.

Fermentaciones por lotes alimentados (fed-batch): La alimentación del bioreactor se da en forma intercalada, en tiempos establecidos, se retira el producto solamente al final del tiempo de la fermentación. La alimentación del sustrato es baja, una ventaja es el control de la alimentación, ya que, se evita la inhibición que representan las concentraciones altas de etanol y sustrato. Se ha determinado que añadir azúcares en forma exponencial o lineal decreciente aumentan la producción entre un 10% y un 14%. (Ver imagen 83)

IMAGEN 83 "FERMENTACIÓN POR LOTES ALIMENTADOS (FED-BATCH) REPETIDA ASOCIADA CON EL RECICLAJE COMPLETO DE SOBRENADANTES USADOS"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán.

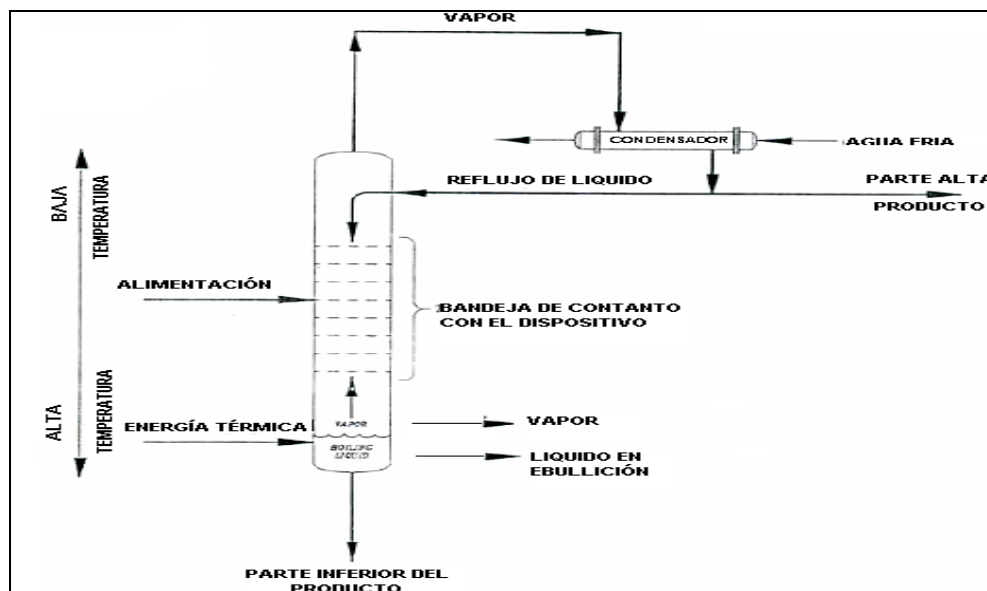
Procesos de separación.

Los métodos de separación se emplean para obtener etanol en la mayor concentración posible, la destilación es el más utilizado y conocido, obteniendo una concentración alcohólica del 90% en una operación convencional, para la utilización del etanol para la mezcla con gasolina es necesario desnaturalizarlo y deshidratarlo.

Destilación: En los dispositivos modernos, la destilación es continua, contracorriente, multietapa y de relación vapor-líquido, aprovechando que los compuestos tienen su punto de ebullición a distintas temperaturas⁵². (Ver imagen 84)

⁵² REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tamado de LYONS, T.P. et al: The Alcohol Textbook. First Edition. Nottingham [Reino Unido]. Nottingham University Press. 1995.

IMAGEN 84 "DISPOSITIVO DE DESTILACIÓN FRACCIONADA"



FUENTE: LYONS, T.P. et al: The Alcohol Textbook. First Edition. Nottingham [Reino Unido]. Nottingham University Press. 1995. Traducida por autores.

El producto de la fermentación en la columna de destilación, se obtiene fraccionándola en dos secciones:

- La sección de agotamiento, la cual esta por debajo del punto de alimentación.
- La sección de rectificación, que se ubica por encima del punto de alimentación.

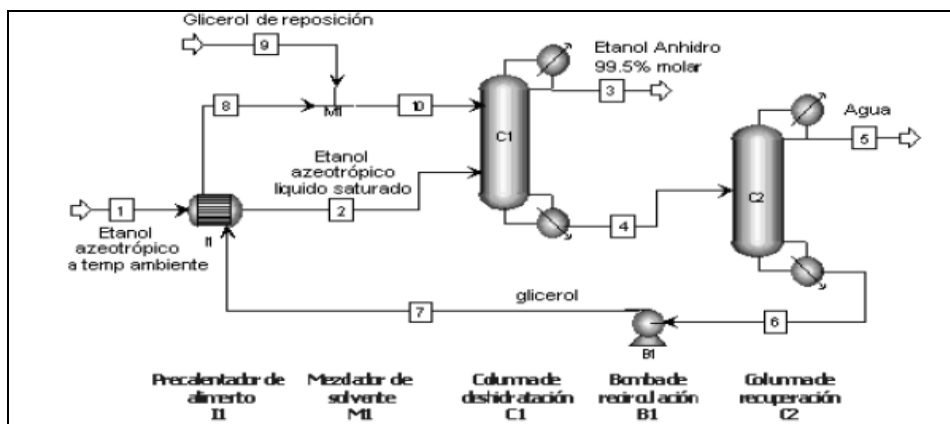
El líquido procede bajando progresivamente por la sección de agotamiento, se concibe vapor desde la parte inferior de la columna, así mismo, este arrastra el alcohol de la disolución descendente, aumentando la proporción de etanol gradualmente a medida que sube por la columna. Al final, la mezcla de alcohol se condensa y se divide en dos, el producto de cabeza y el reflujo, este reflujo va a la cima de la columna de nuevo, para alimentar el producto que se requiere para la sección de rectificación.

La destilación consigue un porcentaje en peso de etanol del 95,6% de pureza, el cual, a 1 atmósfera, su punto de ebullición es de 78.2°C, en este momento, la mezcla alcohol-agua alcanza la composición azeotrópica.

Destilación extractiva: En esta operación, se ingresa un solvente cuya particularidad es que no presenta la formación de azeótropos con ninguno de los componentes de la mezcla a separar.⁵³

El solvente altera de manera conveniente las volatilidades relativas de los componentes de la mezcla, por tal razón, debe tener baja volatilidad para asegurar su permanencia en la fase líquida, además, para garantizar el contacto con la mezcla a lo largo de toda la columna debe tener un punto de ebullición superior al de los componentes a separar y se debe adicionar en una de las etapas cercanas al condensador por encima de la etapa de mezcla azeotrópica.⁵⁴ (Ver imagen 85)

IMAGEN 85 “DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE LA DESTILACIÓN EXTRACTIVA CON GLICEROL”



FUENTE: UYAZÁN, A.M. et al: Producción de Alcohol Carburante por Destilación Extractiva: Simulación del Proceso con Glicerol. Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos - Departamento de Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.

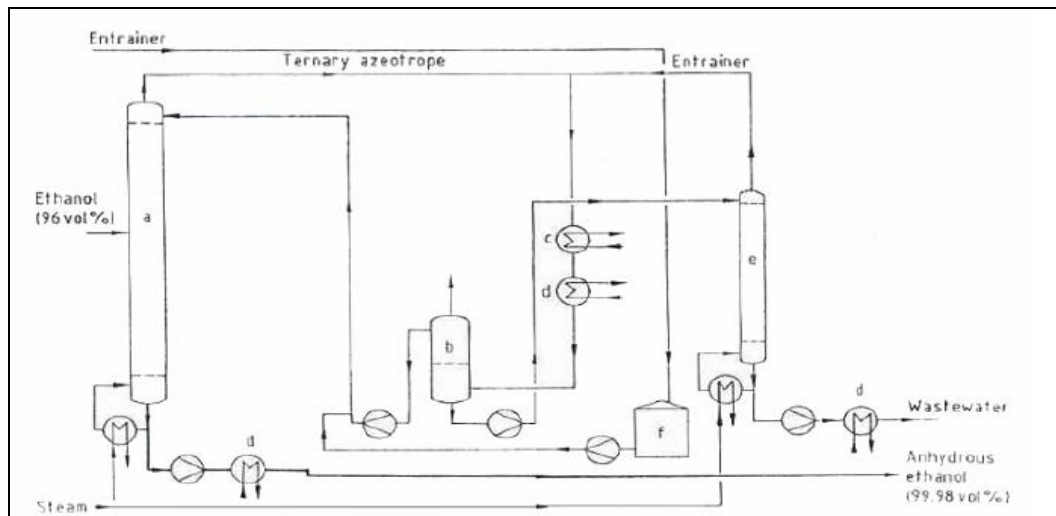
⁵³ Es una mezcla líquida de dos o más sustancias que se comporta como una sustancia única, ya que el vapor producido por la evaporación de esta sustancia tiene la misma composición que el líquido, luego las sustancias primarias comparten un mismo punto de ebullición.

⁵⁴ UYAZÁN, A.M. et al: Producción de Alcohol Carburante por Destilación Extractiva: Simulación del Proceso con Glicerol. Grupo de Procesos Químicos y Bioquímicos - Departamento de Ingeniería Química Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia

Destilación azeotrópica: La columna de deshidratación es nutrida con una corriente de alcohol de 95%, en la cual se agrega un agente que puede ser benceno, hexano, ciclohexano, tolueno, n-pentano, entre otros, en la zona de rectificación de la columna. En la parte inferior sale alcohol de 99,98%, que contiene menos de 200 mg/Kg de agua y menos de 20 mg/Kg de otras impurezas.⁵⁵

La desventaja de este tipo de destilación es el alto costo energético y económico, la destilación implica entre el 70 y el 85% de la energía para la obtención de alcohol anhidro, todas estas variables llevan a tratar de buscar otras alternativas que permitan una reducción en la cantidad de energía necesaria para llevar a cabo la separación de etanol de una manera azeotrópica. (Ver imagen 86)

IMAGEN 86 "ESQUEMA DESTILACIÓN AZEOTRÓPICA"



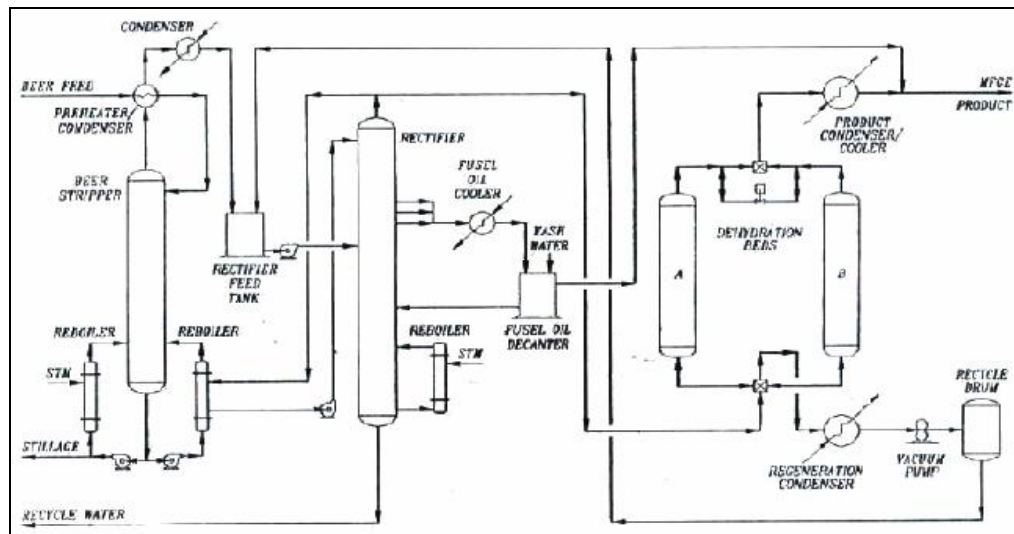
FUENTE: FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán.

Tamices moleculares: Los tamices moleculares en los últimos años han estado desplazando a la destilación azeotrópica. Una sencilla explicación de este método

⁵⁵ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tomado de KOSARIC, N. et al: Ethanol. Vol A 9 de Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, bajo la edición de Hans-Jürgen Arpe. Weinheim [Alemania].

es que el etanol no es permeable a los poros de los tamices mientras que el agua pasa a través de ellos. Estos tamices tienen un tamaño promedio de 3\AA ($3 \cdot 10^{-8}$ cm.), son materiales rígidos y granulados, cilíndricos o esféricos y para fabricarlos se necesitan aluminosilicatos de potasio, resinas o zeolitas, además, tiene la ventaja de separa las mezclas de alcohol y agua en vapor o fase liquida. (Ver imagen 87)

IMAGEN 87 " DESTILACIÓN EN CASCADEA INTEGRADO CON UN PAR DE LECHOS DE TAMICES MOLECULARES"



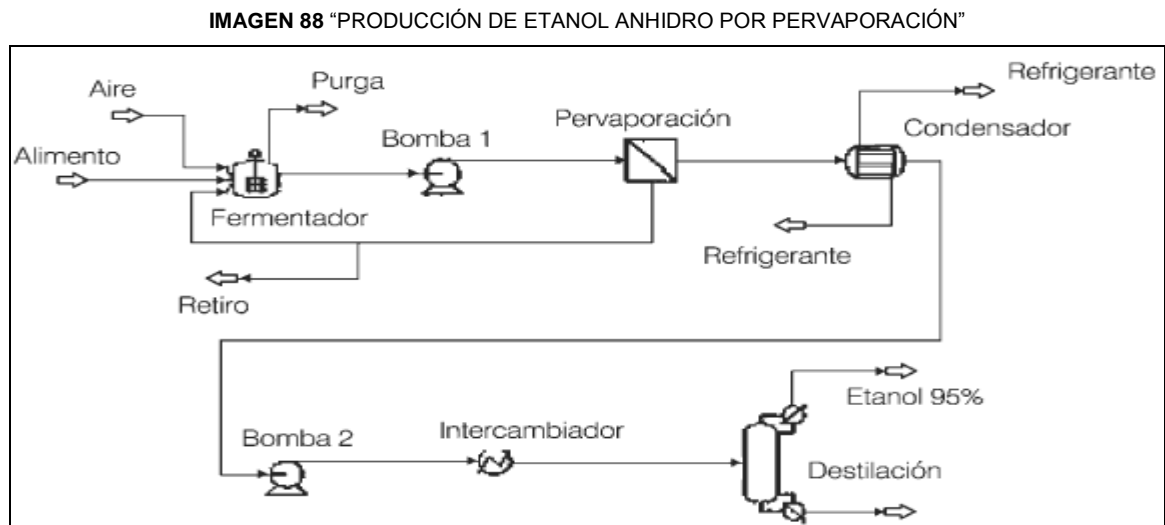
FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán.

Pervaporación: Se fundamenta en un número de membranas selectivas, que son semipermeables, funcionando bajo un cambio de presión favoreciendo el flujo de agua a través de ellas, así, se logra un alto poder de retención para varios solventes como el etanol. Las membranas se fabrican de resinas de alcoholes polivinílicos, aunque también, se han probado membranas de silicalita recubiertas con cauchos de silicona⁵⁶. La pervaporación tiene ventajas frente a la destilación extractiva o azeotrópica:

⁵⁶ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Tomado de IKEMAGI, T. et al: Bioethanol Production by a Coupled Fermentation/Pervaporation Process Using Silicalite Membranes Coated with Silicone Rubbers. 2003.

- Son unidades compactas.
- No requieren mucho espacio, comparado con las altas torres de destilación.
- El alcohol carburante no posee trazas de agente arrastrador o de solvente.⁵⁷

En seguida se muestra el esquema de producción de etanol anhidro obtenido por proceso continuo de fermentación-pervaporación. (Ver imagen 85).

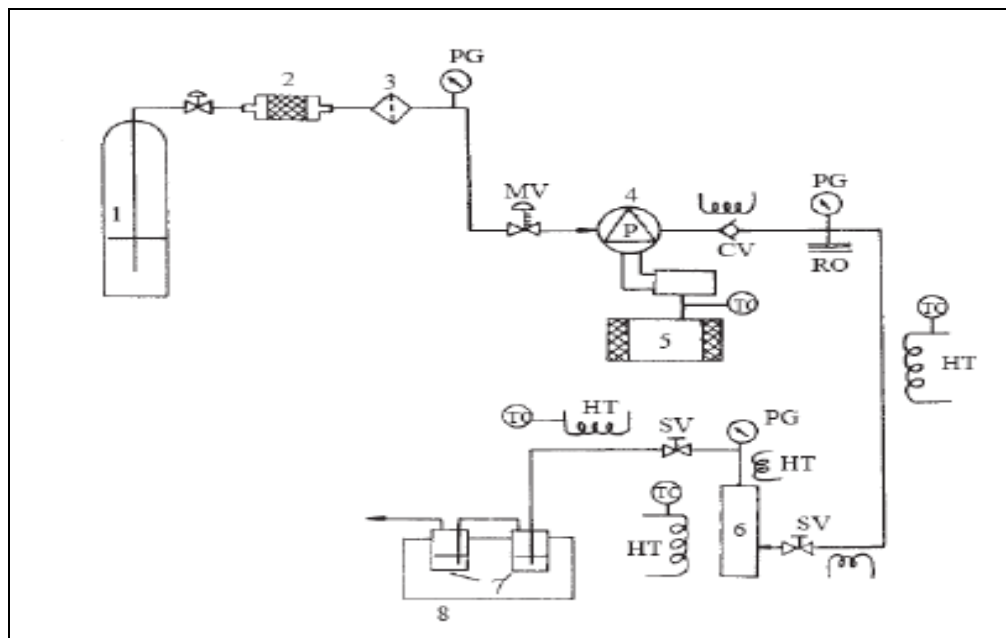


FUENTE: SÁNCHEZ, O.J. y CARDONA, C.A. (a): Producción Tecnológica de Alcohol Carburante I: Obtención a partir de Diferentes Materias Primas. Interciencia. Noviembre de 2005.

Extracción con fluidos supercríticos: Esta técnica se fundamenta en la capacidad de solubilización de un fluido a condiciones de temperatura y presión superiores a la de su punto crítico, líquido-vapor, donde la distinción entre gas y líquido desaparece. A continuación se muestra un esquema del dispositivo experimental con CO₂. (Ver imagen 86)

⁵⁷ SÁNCHEZ, O.J. y CARDONA, C.A. (a): Producción Tecnológica de Alcohol Carburante I: Obtención a partir de Diferentes Materias Primas. Interciencia. Vol 30. No 11. Noviembre de 2005

IMAGEN 89 "DISPOSITIVO EXPERIMENTAL PARA EXTRACCIÓN SUPERCRÍTICA CON CO₂"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007.

Los elementos del dispositivo son: (PG) Medidor de presión, (TC) controlador de temperatura, (HT) cinta de calor, (MV) válvula de medición, (SV) válvula de parada, (CV) válvula de cheque, (RD) disco de ruptura y (P) bomba de HPLC.

(1) Sistema de almacenamiento de CO₂, (2) secador, (3) filtro, (4) bomba de HPLC, (5) unidad de enfriamiento, (6) extractor, (7) unidad de recolección del extracto y (8) baño de agua y hielo.

El alcohol se extrae con CO₂, próximo a su estado crítico, a presiones de 7.3 MPa y 31°C. Enseguida, al alcohol se le aplica una presión menor para extraer la fase líquida.⁵⁸

⁵⁸ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles 2007. Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Las ventajas de este proceso son:

- Los costos energéticos y económicos son bajos, comparados con los de otras técnicas.
- El CO₂ usado como fluido supercrítico sirve de subproducto de bajo costo de la fermentación.

Residuos de la industria del etanol.

Las vinazas, son el principal residuo que se presenta en esta industria, estas son el subproducto que se obtiene en las torres de destilación, se componen tanto de materia orgánica como inorgánica, de sales como K, Ca y SO₄, así como altos valores de DBO, entre 30.000 y 60.000 mg/Lt y DQO de 100.000 mg/Lt, con un pH entre 3,5 y 4,5, normalmente se producen 20 Lts de vinazas por 1 Lt de etanol. (Ver tabla 15)

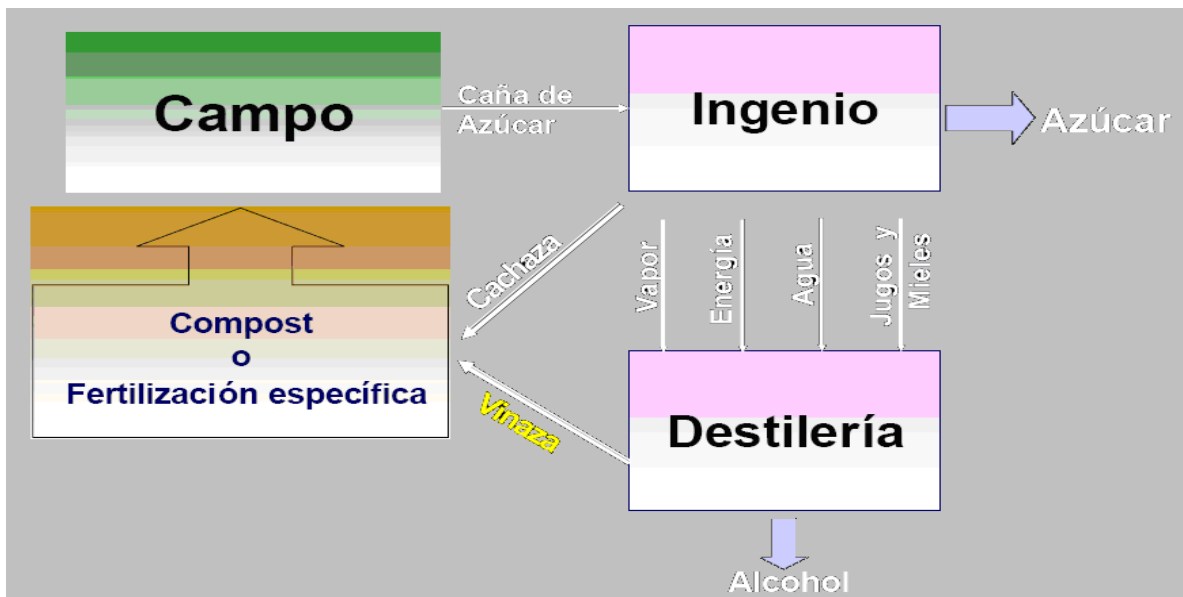
TABLA 15 "COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA VINAZA SEGÚN PROCEDA DE JUGO, MELAZA O LA MEZCLA DE AMBOS"

Propiedad	Jugo	Melaza	Mixto de melaza y jugo
N (kg/m ³)	0.28	0.77	0.46
2O5 (kg/m ³)	0.20	0.19	0.24
K ₂ O (kg/m ³)	1.47	6.00	3.6
CaO (kg/m ³)	0.46	2.45	1.18
MgO (kg/m ³)	0.29	1.04	0.53
SO ₄ (kg/m ³)	1.32	3.73	2.67
Materia orgánica (kg/m ³)	23.44	52.04	32.63
Fe (ppm)	69	80	78
Cu (kg/m ³)	7	5	21
Zn (kg/m ³)	2	3	19
Mn (kg/m ³)	7	8	6
pH	3.7	4.4	4.1

FUENTE: QUINTERO Rafael, CADENA Silvio F, BRICEÑO Carlos O. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE USO Y MANEJO DE VINAZAS, CENICAÑA

En el caso de la producción de alcohol carburante en los ingenios azucareros, se determinó que de 1 Ton de caña que se utilice para obtener azúcar, se obtienen aproximadamente 45 Kg. de melaza, que en promedio producen 12 Lts de etanol, y esta producción da como subproducto alrededor de entre 30 y 156 Lts de vinazas según los contenidos de sólidos totales. (Ver imagen 90)

IMAGEN 90 "PROCESOS SIN RESIDUOS EN LOS INGENIOS"



FUENTE: ASOCAÑA, PROGRAMA DE BIOGASOLINA, SEPTIEMBRE 2005.

En el Valle del Cauca, se presentan las siguientes producciones de vinazas y alcohol, se toma como base la producción del año 2004:

Producción de litros en el departamento es de 130.000 litros de alcohol por día, la Industria de Licores del Valle producía 50.000 Lts/Día, Sucromiles 60.000 Lt/Día, Ingenio Manuelita 5.000 Lts/Día y el Ingenio Riopaila 15.000 Lts/Día.

La producción de vinazas fue la siguiente: los ingenios producían 320.000 Lts/Día, con 10% de sólidos totales, la Industria de Licores del Valle generaba 125.000 Lts/Día, con 55% de sólidos totales y Sucromiles 840.000 Lts/Día, con 10% de sólidos totales. (Ver tabla 16)

TABLA 16 "FLUJOS DE VINAZA"

PRODUCCION	FLUJOS	
	VINAZA10	VINAZA55
L Etanol/día	Ton V10/día	Ton V55/día
100.000	1400	250
60.000	840	150
40.000	560	100

FUENTE: QUINTERO Rafael, CADENA Silvio F, BRICEÑO Carlos O. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE USO Y MANEJO DE VINAZAS, CENICAÑA.

- Producción específica de V55: 2,5 Kg V55/Lt de Etanol.
- Producción específica de V10: 14 Kg V10/Lt de Etanol.
- Densidad de la V55: 1,30 Ton/m³.
- Densidad de la V10: 1,02 Ton/m³.

Tratamiento de las vinazas.

Fertilizantes: Las proyecciones que se tienen con siete destilerías que se establecieron en el Valle del Río Cauca dan como resultado una producción de 1'350.000 litros de etanol al día y con 568.500 m³ de vinazas. Con estos datos se proyecta que la producción de K₂O sería alrededor de 13.758 toneladas por año, la vinaza producida serviría como fuente de K para reemplazar el cloruro de potasio en la fertilización de la caña de azúcar.⁵⁹

La opción más utilizada y económica para tratar con las vinazas es manejándolas como abonos o fertilizantes.

⁵⁹ QUINTERO Rafael, CADENA Silvio F, BRICEÑO Carlos O. PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE USO Y MANEJO DE VINAZAS, CENICAÑA

A continuación se muestra una tabla donde se visualiza los usos que puede tener las vinazas: (Ver tabla 17)

TABLA 17 "RESUMEN DE LOS USOS DE LA VINAZA"

Usos	Qué aporta	Qué hace	Observaciones
Fertilización (Es el uso más ampliamente conocido)	<ul style="list-style-type: none"> Materia orgánica Potasio Calcio Sulfatos Micronutrientes 	<ul style="list-style-type: none"> Fomenta la reproducción de microorganismos en el suelo. Aporte de nutrientes disponibles 	Se puede aplicar con equipos especiales o directamente con el agua de riego.
Sustrato para compost		Sirve como fuente de energía nutrientes a los microorganismos que compostan el material vegetal residual de las cosechas.	El exceso de V60 en la mezcla da lugar detención del proceso de compostaje debido a que por la DBO elevada interfiere negativamente en la degradación del material vegetal.
Producción de Biogás y Biosólidos		<ul style="list-style-type: none"> Al descomponerse la materia orgánica en un reactor anaerobio, se genera biogás con contenidos utilizables de metano, gas carbónico y ácido sulfhídrico. También se producen biosólidos ricos en Carbono, Nitrógeno y Azufre asimilable por las plantas 	Se deben controlar las concentraciones de ácido sulfhídrico ya que producen malos olores y deteriora las tuberías de recuperación del gas.
Medio de cultivo		Suplementada con Urea y Sacarosa es un excelente sustrato para promover el crecimiento de levaduras, algas del género Chlorella, bacterias como Pseudomonas y Methanomonas y hongos filamentosos.	La proteína unicelular es aquella proveniente de bacterias, algas y hongos y se constituye en una importante fuente de proteínas para la alimentación animal y humana.
Suplemento Alimenticio	<ul style="list-style-type: none"> Proteína 5.68% m/m Energía Neta 0.88 Mcal/kg Sales minerales 	<ul style="list-style-type: none"> Mezcla con otros elementos para elaborar concentrados para animales. Sustituye parte de la melaza usada en la suplementación de ganado bovino, porcino y conejos. 	En bovinos dosis de Potasio superiores a 1.5 Kg/animal causan efectos laxantes.
Incineración	Poder calorífico <ul style="list-style-type: none"> 1871 cal/g Límite Superior 1621 cal/g L.Inferior 	Se constituye en un buen combustible para incinerar y generar energía térmica para distintas aplicaciones	Actualmente existen dos calderas en Tailandia operando con este combustible
Otros	Agente plastificante de concretos reforzados. Fabricación de ladrillos. Materia prima para obtener Sulfatos de cloruro y potasio, potasa y carbonato de sodio, ácido glutámico y glutamina vía fermentativa.		

FUENTE: GARCÍA, A y ROJAS, C.A.: Posibilidades de Uso de la Vinaza en la Agricultura de Acuerdo con su Modo de Acción en los Suelos. Revista Técnica. Vol. 10. No 17. Marzo de 2006.

Con un manejo no adecuado, se puede contaminar las corrientes de agua subterráneas alterando el pH de los suelos y disminuyéndolo, esto cuando las

vinazas tienen un contenido abundante de sulfatos, el pH se aumenta con vinazas de melazas digeridas en forma anaerobia, además, provocan alteraciones en la columna del suelo. (Ver imagen 91)

IMAGEN 91 "FERTILIZACION"



FUENTE: ASOCAÑA, PROGRAMA DE BIOGASOLINA, SEPTIEMBRE 2005

Compostaje: Las vinazas se someten a un proceso de compostaje, se mezclan con residuos del proceso agrícola y mediante la acción de microorganismos se obtiene abono. Incorporando bacterias como *Nitrosococcus oceanus*, se logra tener productos de calidad bastante buena para los diversos usos. (Ver imagen 92)

IMAGEN 92 "COMPOSTAJE"

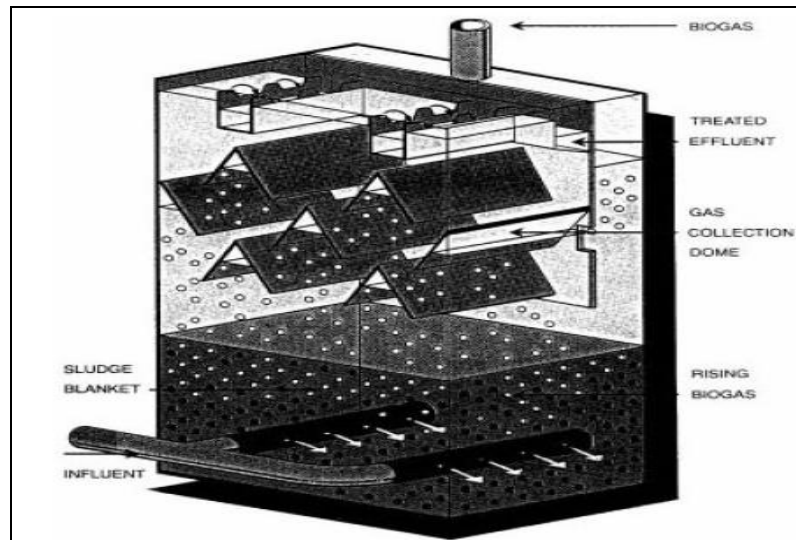


FUENTE: ASOCAÑA, PROGRAMA DE BIOGASOLINA, SEPTIEMBRE 2005

Digestión anaerobia: Un tratamiento efectivo para las vinazas es la digestión anaerobia, acá, se reducen los porcentajes de DQO y DBO de las vinazas, se consigue este objetivo con la utilización de diversos cultivos de bacterias.

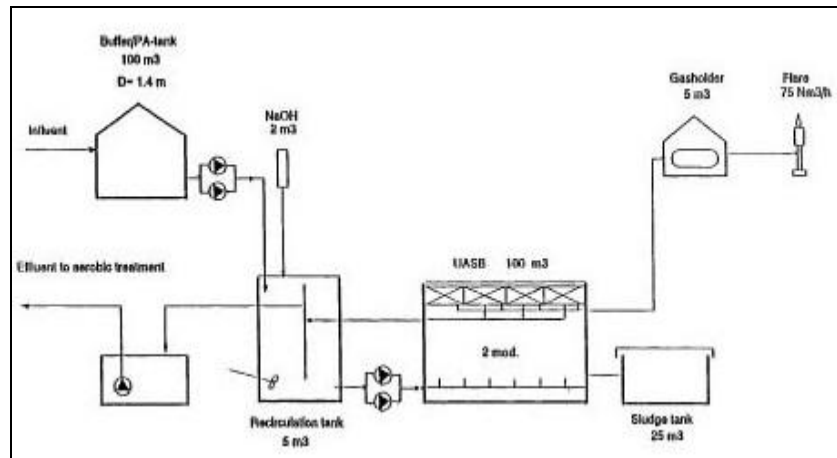
El dispositivo más utilizado es el reactor anaeróbico de manto de flujos de lodo ascendente, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). (Ver imagen 93y 94)

IMAGEN 93 "REACTOR IHI-UASB"



FUENTE: www.gec.jp/JSIM_DATA/WATER/WATER_1/html/Doc_191.html

IMAGEN 94 "MAPA DE FLUJO DEL SISTEMA IHI-UASB"



FUENTE: www.gec.jp/JSIM_DATA/WATER/WATER_1/html/Doc_191.html

Incineración: Es otra opción de tratamiento de vinazas, primero se concentran mediante un proceso de evaporación, hasta alcanzar concentraciones entre el 50

y 60% de sólidos, se incineran en calderas diseñadas especialmente para evitar incrustaciones y contaminación, la ceniza con alto contenido de potasio se utiliza como fertilizante, se diluye en agua y se neutraliza con ácido sulfúrico, por cada 1.000 m³ de vinaza incinerada se obtienen de 25 a 35 Kg de producto, que contiene 16% de cloruro de potasio y 7% de carbonato de potasio.

Oxidación con agua supercrítica (SCWO): Se da una reacción de oxidación en agua por encima de su punto crítico de 647 K y 22,1 MPa. En este proceso se dan componentes orgánicos diluidos en presencia de oxígeno en el agua supercrítica, cuyo resultado es agua, óxidos metálicos, sales y gas limpio (CO₂ y N₂).

Se obtienen en tiempos de 35 minutos transformaciones de hasta 97% de la materia orgánica a 31,0 MPa y 450 °C. Presenta ciertas desventajas a causa de la formación de ácidos minerales como H₂SO₄, HCl, y H₂PO₃, existen problemas en el proceso como: control de la corrosión y la precipitación de sales inorgánicas, debido a las condiciones supercríticas.⁶⁰

Estudio de mezclas etanol-gasolina

En el país, se han realizado estudios que muestran los comportamientos que han tenido las mezclas y los impactos técnicos, ambientales y económicos que ha provocado la implementación de la mezcla en centros urbanos de más de 500.000 habitantes (Ley 693 de 2001), a continuación se mostrara una síntesis de algunos de los estudios más relevantes que se han desarrollado en país al respecto.

Los beneficios de utilizar la mezcla etanol-gasolina son muy diversas, entre ellas se encuentran:

⁶⁰ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Bioetanol, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán.

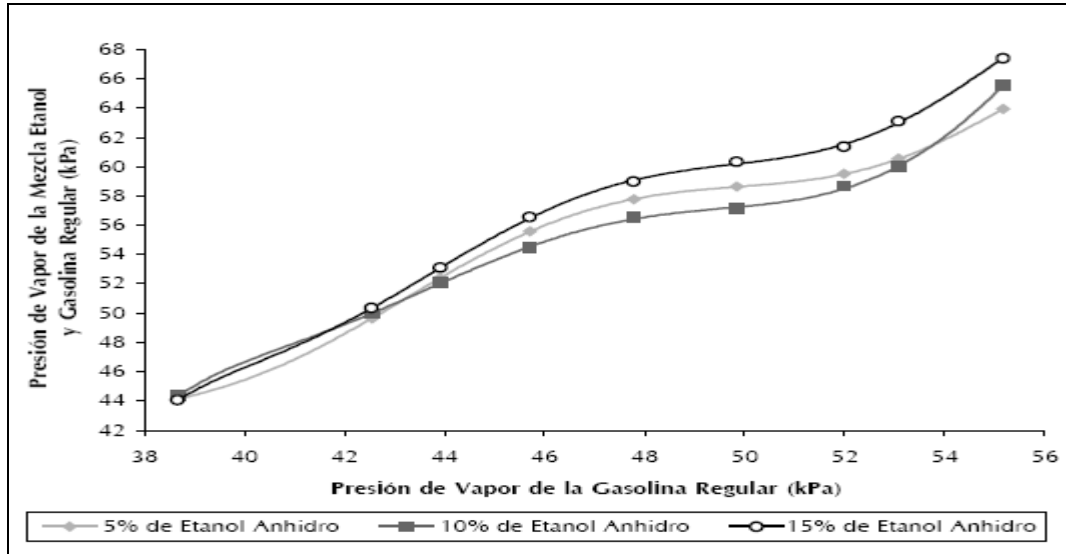
- Disminución del efecto invernadero.
- Reducción de emisiones de monóxido de carbono (CO), e hidrocarburos totales (THC), que emiten los vehículos.
- Eleva el octanaje del combustible, lo cual permite reemplazar compuestos aromáticos y otras sustancias tóxicas de elevado octanaje⁶¹.

Un estudio realizado en conjunto por Jaime Torres del Instituto Colombiano del Petróleo, Carlos Pinto y Fernando Rueda de la Universidad Industrial de Santander, denominado: *“Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas”*, permitió determinar con precisión las características de la mezcla deseada, se estudió principalmente las propiedades de presión, Vapor Reid (RVP) e índice antidetonante (IAD), determinando la variación de estas propiedades cuando se le adiciona 5%, 10% y 15% en volumen de etanol anhidro a los combustibles base.

Determinación de las curvas RVP de las gasolinas base vs. RVP de mezclas 5%, 10% y 15% en volumen de etanol: Estas curvas se determinaron, utilizando una despojadora diseñada y construida para la desbutanización de las gasolinas base, después del proceso realizado en la despojadora se determinó la presión de vapor Reid de la gasolina base y de sus mezclas con etanol anhidro, se elaboró una gráfica de RVP de las gasolinas corriente y extra base contra RVP de las gasolinas base mezcladas con 5%, 10% y 15%. (Ver gráficas 2 y 3)

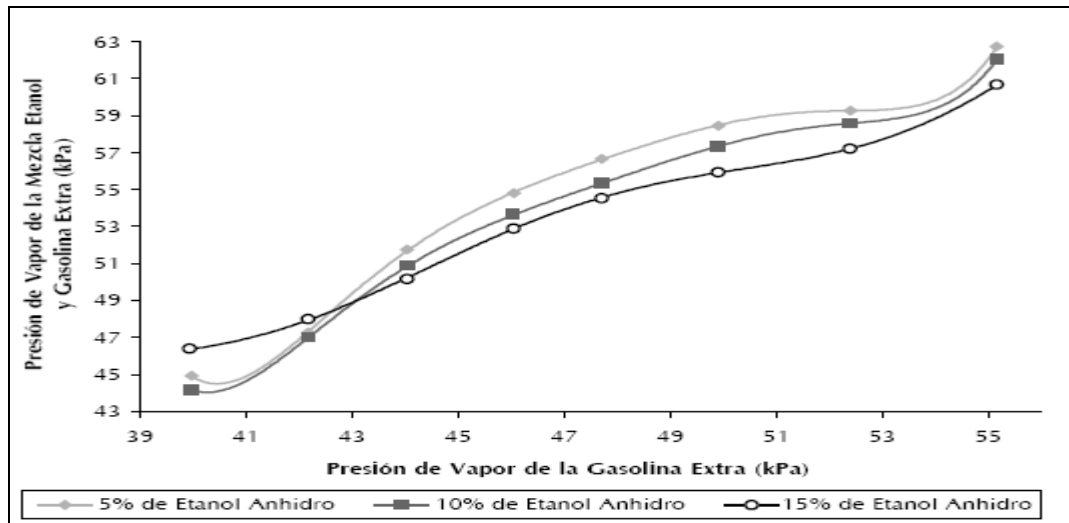
⁶¹ TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

GRAFICA 2 "PRESIÓN DE VAPOR DE LA MEZCLA ETANO-GASOLINA REGULAR"



FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.

GRAFICA 3 "PRESIÓN DE VAPOR DE LA MEZCLA ETANO-GASOLINA EXTRA"



FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.

La presión base se incrementa con la adición de etanol, este incremento es de 7,58 KPa y tiene comportamiento polinomial grado 6. No se pudo determinar cual es la mezcla con mayor incremento de RVP al haber un promedio entre las tres.

Con el 10%, el 50% decrece paulatinamente, entre mezclas de 50% a 100% la presión de vapor decrece rápidamente.

El comportamiento no ideal de las mezclas es relacionado con los puentes de hidrogeno en las moléculas de etanol, las cuales hacen que se tenga una presión de vapor baja. Cuando el etanol se mezcla con la gasolina, los puentes de hidrogeno son debilitados, el etanol se comporta como una molécula de bajo peso molecular mas volátil, dando como resultado un incremento en la presión de vapor.⁶²

Determinación de las IAD de las gasolinas base vs. IAD de las mezclas de 5%, 10% Y 15% de etanol: Después de determinar el RVP requerido de gasolina base para mezclarla con el 10% en volumen de etanol anhidro, se obtuvo una gasolina con las especificaciones RVP deseadas.

Se prepararon mezclas de las gasolinas base con nafta virgen, nafta craqueada y alquilato de alto octano en diferentes proporciones con el fin de obtener gasolinas con diferentes valores IAD.

Los estimados IAD de las mezclas se realizaron utilizando la tabla RBN's (Research Blending Number) de las gasolinas. El etanol por ser un compuesto con mas IAD que las gasolinas conocidas, genera un aumento en esta características con las mezclas. Los resultados muestran que el IAD del etanol fue de 108 contra 81,4 de la gasolina corriente y 87,7 para la gasolina extra, se caracterizó las propiedades fisicoquímicas de las mezclas óptimas de las gasolinas con 10% en volumen de etanol anhidro. (Ver tabla 18)

⁶² TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

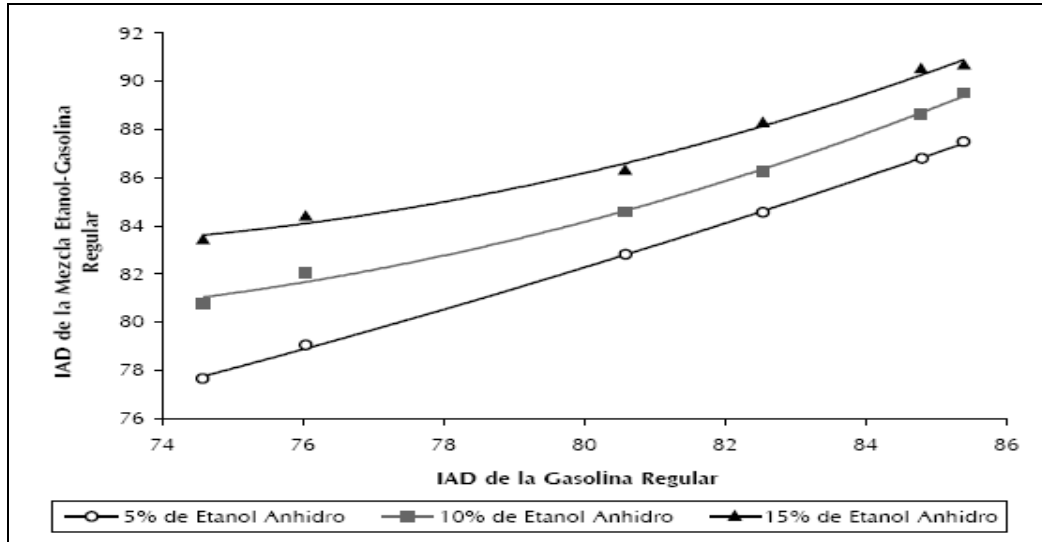
TABLA 18 "CARACTERIZACION DE LAS GASOLINAS BASE, EL ETANOL Y LAS MEZCLAS OPTIMAS DE GASOLINA CON 10% DE VOLUMEN DE ETANOL"

Parámetros	Unidad	ASTM	Etanol	Gasolinas		Gasolinas+10% EtOH	
				Regular	Extra	Regular	Extra
Densidad (15°C)	kg/l	D-4052	0,79	0,75	0,74	0,74	0,75
Gravedad API (15,6°C)		D-4052	46,55	57,51	58,1	58,20	55,60
Indice de refracción (20°C)		D-1218	1,3577	1,4282	1,4402	1,4114	1,423
Contenido de agua	ppm	D-1744	4083,60	201,00	320,00	518,00	565,00
% v/v de etanol	%	D-5845	99,96	0	0	10,28	10,16
Presión de vapor Reid (37,8°C)	kPa	D-323	18,33	55,14	55,14	54,38	56,24
% p/p de azufre	%	D-4294	0	0,07	0,07	0,02	0,03
Corrosión en lámina de cobre (50°C)	clasificación	D-130	1 _a	1 _a	1 _a	1 _a	1 _a
RON		D-2699	120	84,80	93,40	84,30	93,30
MON		D-2700	96	78,00	82,00	77,80	80,80
Indice antidetonante (RON+MON)/2			108	81,40	87,80	81,05	87,05
Indice de cierre de vapor ICV (°)	kPa			77,65	75,83	98,58	102,81
Herrumbre	clasificación	D-665	R1	R5	R5	R1	R1
Poder calorífico	MJ/kg	D-240	29,62	46,10	46,55	44,61	44,20
Destilación		D-86					
Punto inicial de ebullición	K			313,30	315,20	317,60	313,40
10%	K			333,40	335,40	330,00	327,60
50%	K			381,60	387,90	371,20	371,80
90%	K			450,50	461,10	432,20	444,80
Punto final de ebullición	K			493,20	505,90	480,10	494,20
% v/v a 70°C	%			19,90	18,30	39,10	41,20
% v/v a 100°C	%			44,00	41,60	51,10	50,50
% v/v a 190°C	%			93,60	90,50	96,50	93,90
Pérdidas	ml			0,70	1,00	1,00	1,00
Residuo	ml			0,70	1,00	1,00	0,80
Cromatografía % v/v	%	D-6623					
Parafinas			0	12,37	5,86	15,82	10,61
Isoparafinas			0	30,90	26,12	29,09	25,85
Aromáticos			0	22,07	30,66	16,24	22,76
Benceno			0	0,66	0,66	0,75	0,70
Naftenos			0,02	10,54	7,52	12,90	9,61
Olefinas			0,01	18,19	22,15	11,83	15,93
Oxigenados			99,97	0,37	0,52	10,41	10,82
No identificados			0	1,74	1,61	1,38	1,16
C12+			0	3,78	5,57	1,92	3,27

FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS.

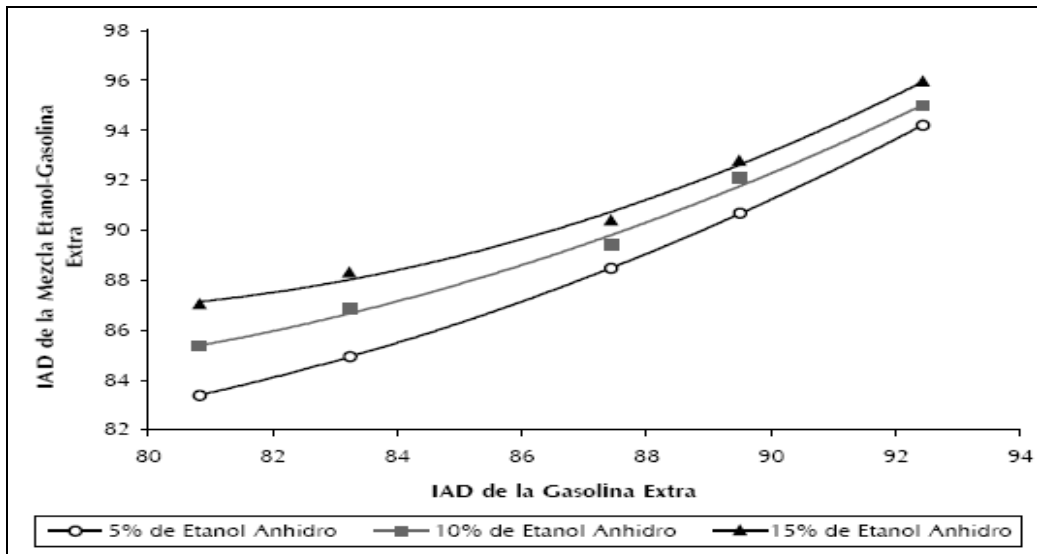
Consecuentemente, se observa los resultados de IAD de la gasolina base para que al mezclarlo con el 5%, 10% y 15% en volumen de etanol, se logre un combustible con una determinada especificación. (Ver gráficas 4 y 5)

GRAFICA 4 "IAD DE LA GASOLINA REGULAR CON LA MEZCLA 5%, 10% Y 15%"



FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.

GRAFICA 5 "IAD DE LA GASOLINA EXTRA CON LA MEZCLA 5%, 10% Y 15%"



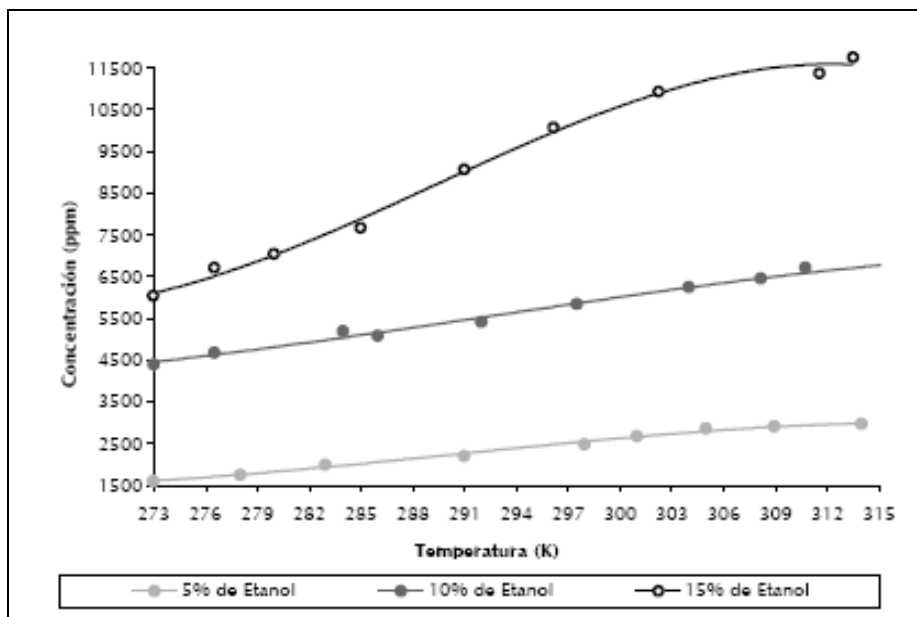
FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS.

Determinación del máximo contenido de agua permisible de las mezclas optimas de gasolina con 10% en volumen de etanol anhidro: Al obtener los valores requeridos de RVP e IAD de las gasolinas, se procedió a determinar la máxima tolerancia de agua en las mezclas de gasolina-etanol.

La gasolina y el agua, generalmente se considera inmiscibles, sin embargo, la composición de las gasolinas es bastante variable, puede contener grandes y pequeñas concentraciones de compuestos aromáticos, oleofinas y especies heteroatómicas que facilitan que se solubilice una cantidad de agua.

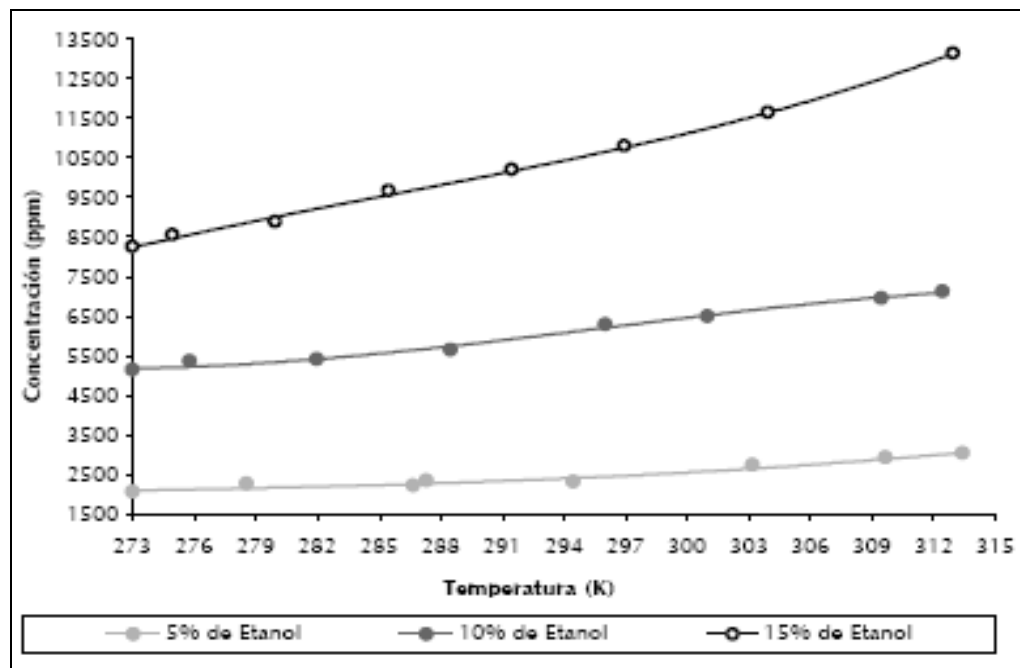
En las graficas se observa la tolerancia de agua, con una determinada concentración de etanol en la mezcla, estas se incrementan con la temperatura, puesto que la energía de interacción entre las moléculas de la gasolina, el etanol y el agua aumenta, produciendo mayor contacto y provocando grados de solubilidad. (Ver gráficas 6 y 7)

GRAFICA 6 "SOLUBILIDAD DEL AGUA EN LA MEZCLA ETANOL GASOLINA REGULAR CON TEMPERATURA"



FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

GRAFICA 7 "SOLUBILIDAD DEL AGUA EN LA MEZCLA ETANOL GASOLINA REGULAR CON TEMPERATURA"



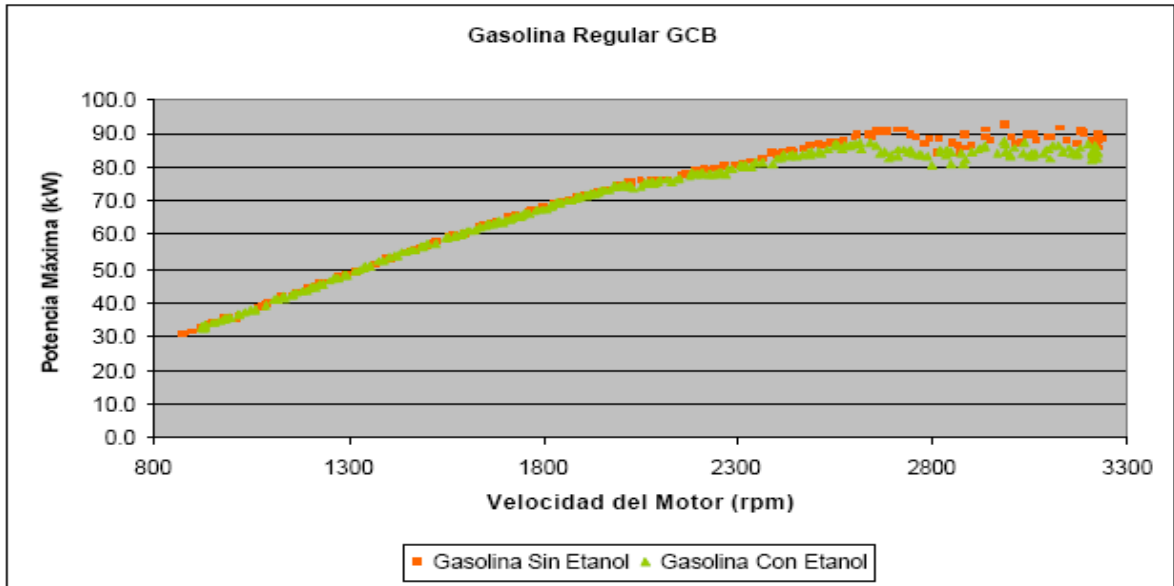
FUENTE: TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

La tolerancia del agua en la mezcla etanol-gasolina aumenta con la concentración de etanol, otro factor que incremento la solubilidad del agua, es la proporción de aromáticos en la mezcla, es por esto, que la gasolina extra con mayor concentración de estos compuestos tolera mas el agua que la mezcla con gasolina corriente⁶³.

En documentos con estudios sobre estas valoraciones técnicas se muestran curvas de potencia obtenidas de pruebas realizadas sobre dinamómetros, que basan su funcionamiento midiendo la potencia en las ruedas de tracción del automotor a evaluar, colocando en los rodillos que aplican varias fuerzas o cargas de oposición al movimiento de las ruedas, así, se evalúa la fuerza que genera el vehiculo para vencer la fuerza del dispositivo. (Ver gráficas 8, 9, 10 y 11)

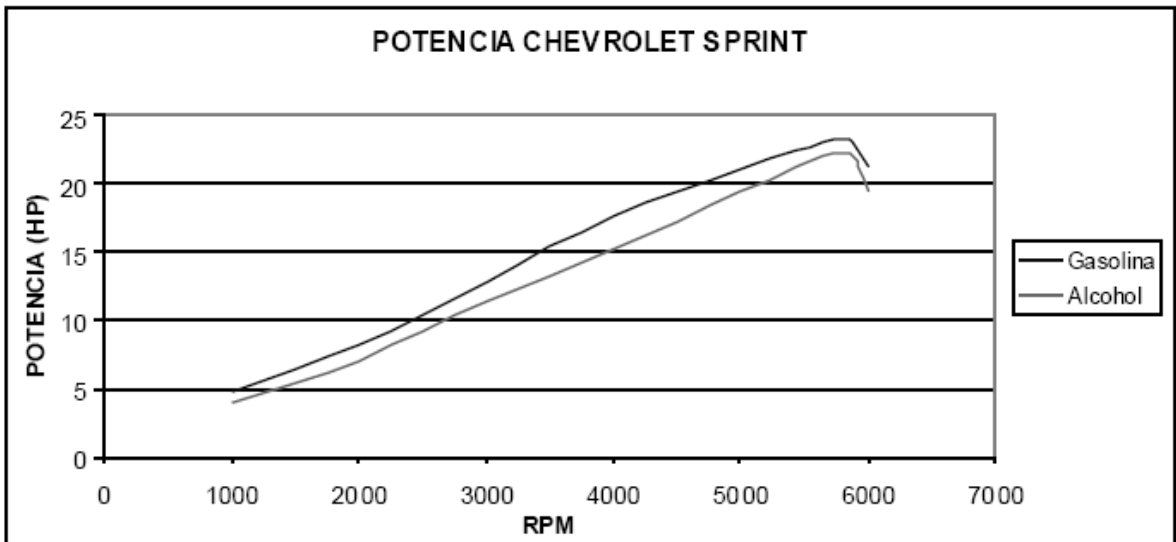
⁶³ TORRES, Jaime, PINTO Carlos, RUEDA, Fernando, ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASOLINA CON 10% DE ETANOL ANHIDRO. EVALUACIÓN DE PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

GRAFICA 8 "MEZCLA DE GASOLINAS BARRANCABERMEJA CON 10% DE ETANOL EVALUACIÓN MOTOR GM366 CARBURADOR CURVA DE POTENCIA"



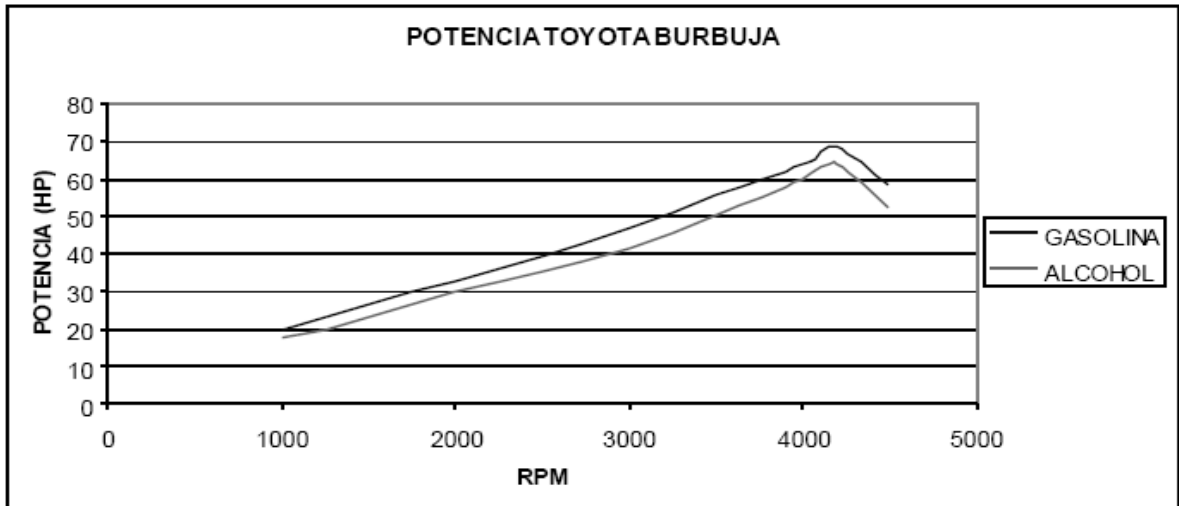
FUENTE: ECOPETROL S.A. – ICP, Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro, Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos, Bogotá D.C., septiembre de 2005

GRAFICA 9 "MEZCLA DE CON 10% DE ETANOL EVALUACIÓN MOTOR CHEVROLET SPRINT CURVA DE POTENCIA"



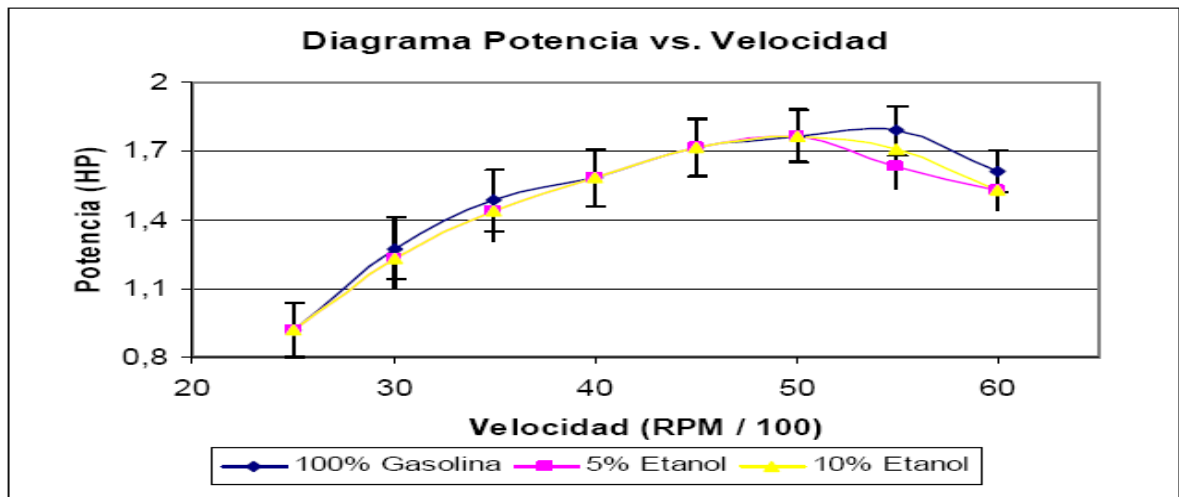
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

GRAFICA 10 "MEZCLA DE CON 10% DE ETANOL EVALUACIÓN MOTOR TOYOTA BURBUJA CURVA DE POTENCIA"



FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.

GRAFICA 11 "MEZCLA DE CON 5%, 10% DE ETANOL CURVA DE POTENCIA"

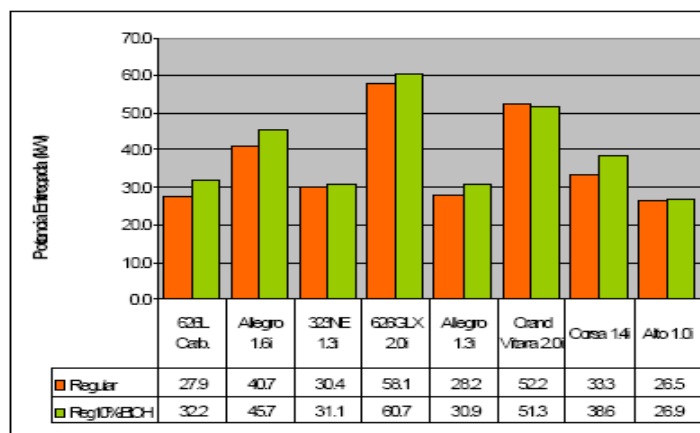


FUENTE: GRILLO GALVES, Camilo, Bogota 2005. Adquisición De Datos De Un Motor De Combustión Interna Operando Con Combustible, Mezcla De Gasolina Y Etanol. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.

Las gráficas, fueron obtenidas de tres estudios distintos que se realizaron con varios vehículos, se identifican en las pruebas realizadas con gasolina sin mezcla de etanol, que hay más potencia que en los resultados obtenidos con las mezclas, pero la relación de perdida de potencia observada no es muy significativa.

En otras publicaciones y en algunos casos en los mismos documentos, se muestran resultados totalmente opuestos, teniendo una clara contradicción con los resultados mostrados por las graficas de los estudios anteriores, como por ejemplo en el estudio de ECOPETROL-ICP: *“Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos”*, cita en una de sus conclusiones: “La potencia y el rendimiento del combustible en los vehículos, podrán tener algunas mejoras que pueden estar asociadas a una mejor combustión y al mejor octanaje de las gasolinas, que pueden beneficiar ha algunos vehículos”, presentando una discrepancia con los estudios desarrollados en la Universidad de los Andes, en donde la potencia de los motores analizados por ellos, no mostraron el comportamiento del estudio realizado por ECOPETROL-ICP. (Ver grafica 12)

GRAFICA 12 ” POTENCIA ENTREGADA AL RODILLO EN (KW) EVALUACIÓN EN VEHÍCULOS DE PRUEBA EN BOGOTÁ CHASIS DINAMOMÉTRICO SENA COMPLEJO SUR”

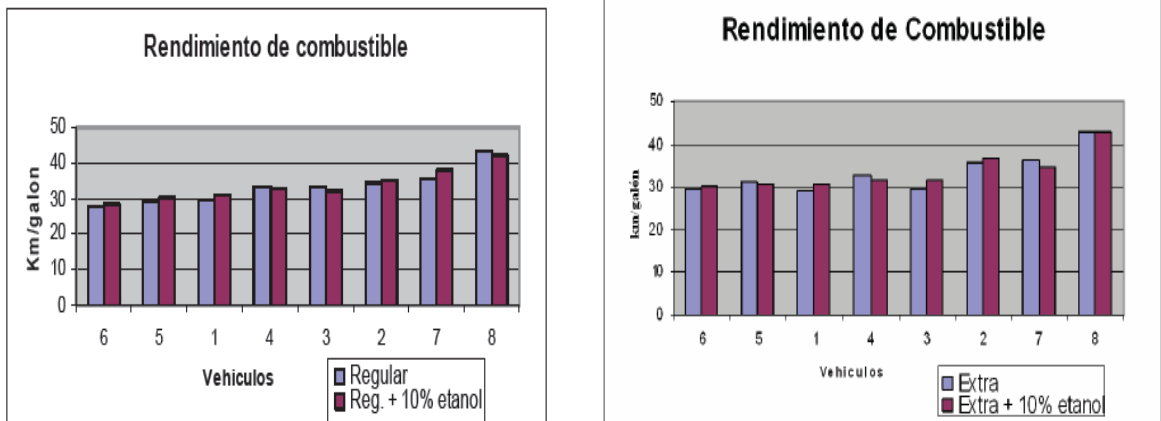


GAS. CORR. BASICA Vs. GAS. CON 10% DE ETOH							
626L (Carb)	Alegro 1.6i	323NE 1.3i	626GLX 2.0i	Alegro 1.3i	Gran Vitara 2.0i	Corsa 1.4i	Alto 1.0i
POTENCIA ENTREGADA AL RODILLO (Kw) Con Gas. Corriente							
27.9	40.7	30.4	58.1	28.2	52.2	33.3	26.5
POTENCIA ENTREGADA AL RODILLO (Kw) con 10% ETOH							
32.2	45.7	31.1	60.7	30.9	51.3	38.6	26.9

FUENTE: ECOPETROL S.A. – ICP, Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro, Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos, Bogotá D.C., septiembre de 2005.

Los resultados obtenidos del rendimiento del combustible utilizando gasolina base corriente y extra con una mezcla de etanol anhidro del 10%, se detallan a continuación. (Ver gráfico 13)

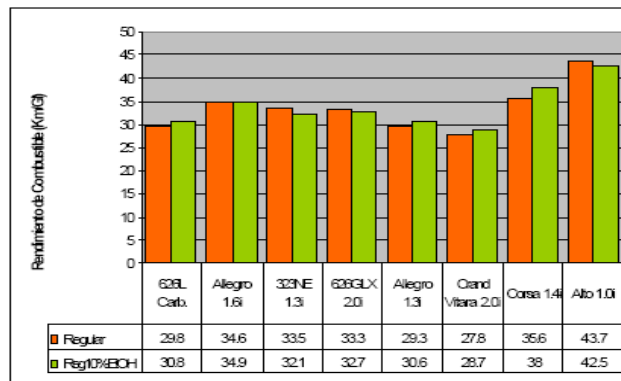
GRAFICO 13 "MEZCLA DE GASOLINAS BARRANCABERMEJA CON 10% DE ETANOL EVALUACIÓN MOTOR GM366 CARBURADOR CURVA DE CONSUMO ESPECÍFICO, PRUEBAS DE DESEMPEÑO EN UNA FLOTA DE VEHÍCULOS EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS"



FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, "Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia", Biofuels Consulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

Como se puede observar, el consumo de combustible mejora con la mezcla de etanol anhidro, pero la disminución no se da en grandes proporciones, el consumo con gasolina base corriente y extra es mayor el consumo. (Ver gráfica 14)

GRAFICA 14 " KILÓMETROS POR GALON EVALUACIÓN EN VEHÍCULOS DE PRUEBA EN BOGOTÁ CHASIS DINAMOMÉTRICO SENA COMPLEJO SUR"



RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (km/gal.) CON Gas. Corriente							
29.8	34.6	33.5	33.3	29.3	27.8	35.6	43.7
RENDIMIENTO DE COMBUSTIBLE (km/gal.) CON 10%ETOH							
30.8	34.9	32.1	32.7	30.6	28.7	38	42.5

FUENTE: ECOPETROL S.A. – ICP, Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro, Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos, Bogotá D.C., septiembre de 2005

En Colombia, existe la Resolución 160 del 14 de Junio de 1996, expedida por el DAMA, donde se reglamenta las concentraciones máximas de CO (Monóxido de Carbono) y de HC (Hidrocarburos) a la contaminación, en los siguientes ítems se muestran las concentraciones permitidas:

- Los modelos del 2001 o posterior, tienen que tener una concentración de CO del 1% y de hidrocarburos de 200 partes por millón (ppm).
- Los modelos 1998 a 2000, deben tener concentraciones de CO del 2,5% y de hidrocarburos de 300 ppm.
- Los modelos 1996 a 1997, deben tener concentraciones de CO del 3,5% y de hidrocarburos de 450 ppm.
- Los modelos 1991 a 1995, deben tener concentraciones de CO del 4% y de hidrocarburos de 500.
- Los modelos 1981 a 1990, deben tener concentraciones de CO del 5% y de hidrocarburos de 650 ppm.
- Los modelos 1975 a 1980, deben tener concentraciones de CO del 5.5% y de hidrocarburos de 800 ppm.
- Los modelos de 1974 y anteriores, deben tener concentraciones de CO de 7% y de hidrocarburos de 1000 ppm.

La evaluación de los gases que por la combustión interna del motor expulsa a la atmósfera, es muy importante para dar un concepto de que tan efectiva son las mezclas con etanol para oxigenar las gasolinas base, seguidamente se mostrara

algunas graficas que muestran los resultados de estudios realizados por ECOPETROL-ICP y la Universidad de los Andes. (Ver, Tablas 19 y 20 y Graficas 15 16, 17, 18 y 19)

TABLA 19 " EMISIONES CONTAMINANTES DE TOYOTA BURBUJA EN CONDICIONES ESTATICAS O RELANTÍ"

<i>Toyota Burbuja</i>	<i>Gasolina</i>	<i>Alcohol</i>
RPM	721	689
HIDROCARBUROS (ppm)	582	402
CO2	13,67%	13,46%
CO	2,05%	1,61%
O2	0,73%	0,94%

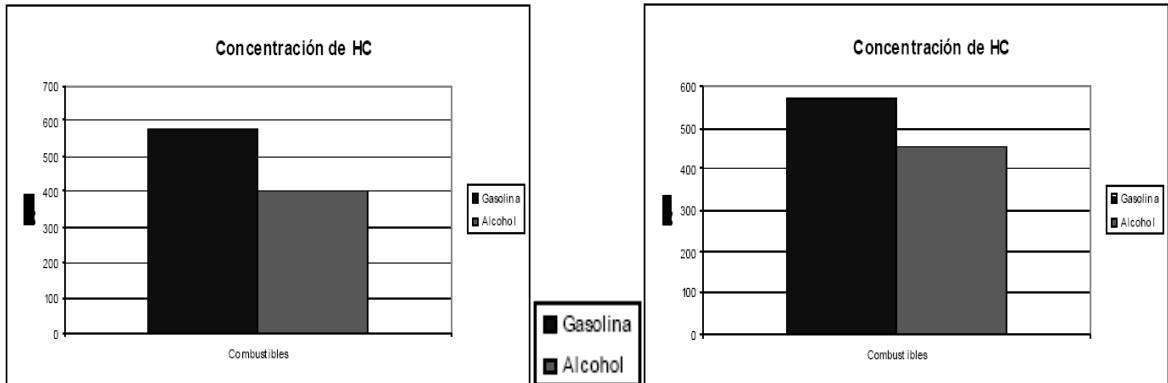
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

TABLA 20 " EMISIONES CONTAMINANTES DE TOYOTA BURBUJA EN CONDICIONES DINAMICAS A 2000 RPM"

<i>Toyota Burbuja</i>	<i>Gasolina</i>	<i>Alcohol</i>
RPM	2162	2081
HIDROCARBUROS (ppm)	569	456
CO2	9,80%	9,76%
CO	8,60%	7,97%
O2	0,51%	0,54%

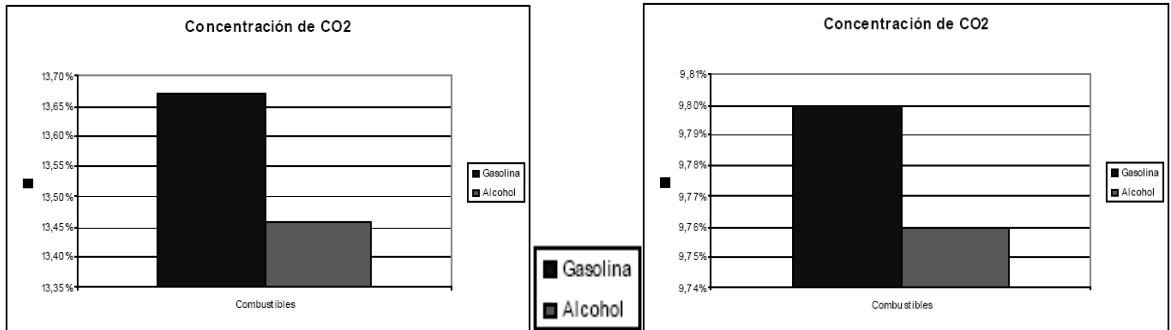
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.

GRAFICA 15" CONCENTRACION DE HC TOYOTA BURBUJA CONDICIONES ESTATICA Y DINAMICA"



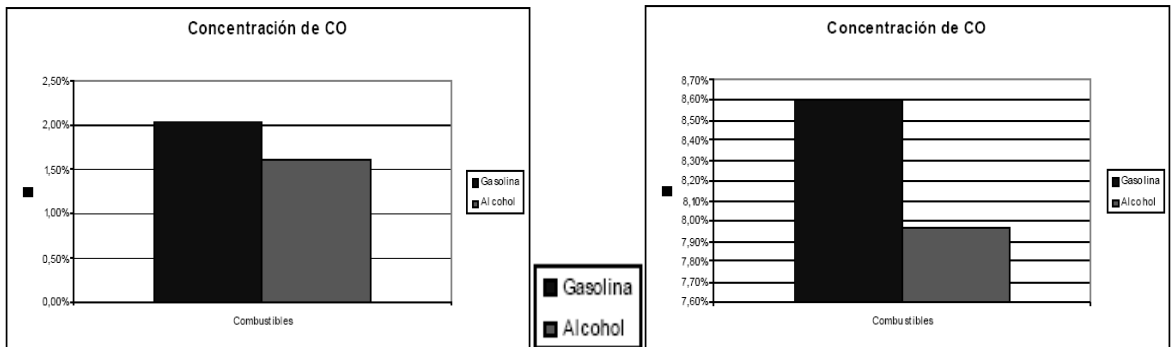
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

GRAFICA 16" CONCENTRACION DE CO₂ TOYOTA BURBUJA CONDICIONES ESTATICA Y DINAMICA"



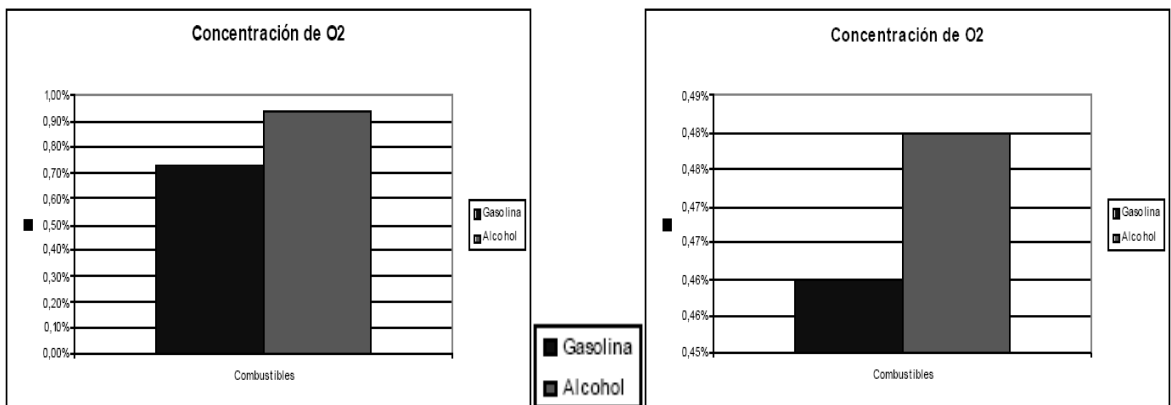
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

GRAFICA 17 " CONCENTRACION DE CO TOYOTA BURBUJA CONDICIONES ESTATICA Y DINAMICA"



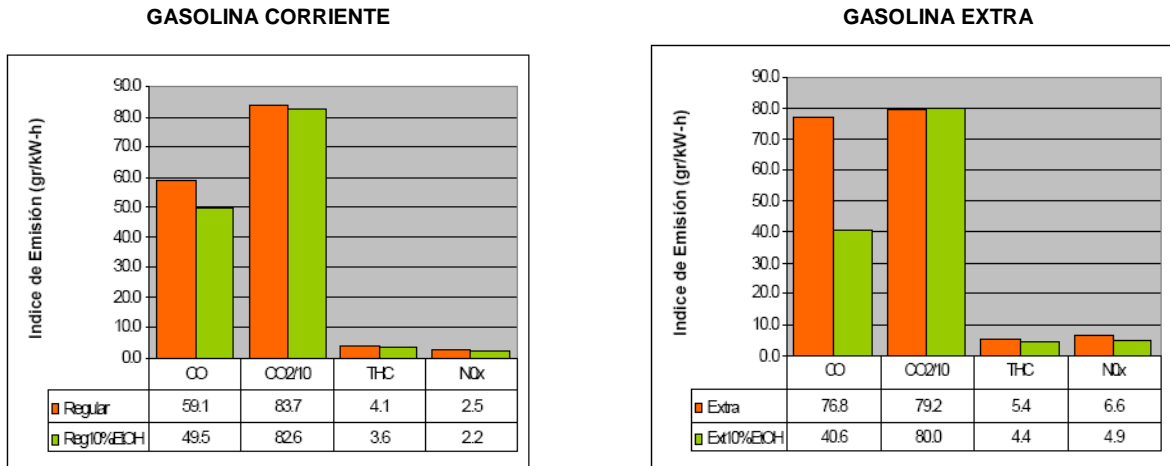
FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

GRAFICA 18 " CONCENTRACION DE O₂ TOYOTA BURBUJA CONDICIONES ESTATICA Y DINAMICA"



FUENTE: DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

GRAFICA 19" MEZCLA DE GASOLINAS BARRANCABERMEJA CON 10% DE ETANOL EVALUACIÓN MOTOR GM366 CARBURADOR VARIACIÓN EMISIONES REGULADAS"



FUENTE: ECOPETROL S.A. – ICP, Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro, Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos, Bogotá D.C., septiembre de 2005

Los resultados observados en estos estudios, muestran que las emisiones de gases contaminantes como CO, CO₂, THC (Hidrocarburos totales) y NO_x disminuyen con la mezcla de etanol - gasolina, mientras que a su vez, la concentración de O₂ aumenta, en los dos casos en la prueba estática y dinámica.

Reducción de emisiones de CO, entre 22% y 50% en vehículos de carburador y reducciones menores en vehículos de inyección, disminución de emisiones de THC entre 20% y 24% son muestras de las ventajas ambientales de la utilización de las mezclas etanol - gasolina.

El etanol no es utilizado en el mundo con una mezcla mayor 10% excepto en Brasil, en otros países prefieren el ETBE (etil ter-butil eter). Las razones para que la mezcla de etanol no sea utilizada en porcentajes mayores en la mezcla es la incompatibilidad de los motores que no se adaptan a mezclas mayores al 10% de etanol, teniendo que hacerle adaptaciones para su funcionamiento.

En países industrializados como Australia y Estados Unidos se realizaron estudios de durabilidad de motores utilizando mezclas etanol-gasolina. Se concluye de estos estudios que los motores se requiere adecuarlos para mezclas superiores al 10%⁶⁴.

El alcohol carburante tiene una característica de acción disolvente quitando la película lubricante de las paredes, provocando que halle un contacto de las piezas en movimiento, hay un rozamiento de metal con metal desgastando las piezas involucradas. Así se incrementa en un 350% la formación de depósitos sólidos en las válvulas de admisión utilizando la mezcla E10, teniendo que aplicar aditivos que disminuyan el aumento a un 50%.

Se presentan problemas de corrosión en el tanque de combustible, las mangueras de conducción del combustible, la bomba de combustible, el filtro y el carburador. Cuando se desprenden partículas, debido al desgaste producido por la falta de lubricante, que por acción del alcohol se a retirado, se presentan picaduras, esto se evita recubriendo las partes con capas de de carbón, estaño y zinc, protegiendo de esta forma las partes que se pueden desgastar, haciendo posible operar el motor sin modificarlo con mezclas hasta de un 25% de etanol.⁶⁵ (Ver imagen 95)

⁶⁴ ECOPETROL S.A. – ICP, Programa Nacional de Oxigenación de las Gasolinas con Etanol Anhidro, Efecto Del Etanol Sobre Las Propiedades Físico Químicas De Las Gasolinas Colombianas Y Desempeño En Motores Y Vehículos, Bogotá D.C., septiembre de 2005

⁶⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, “Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia”, Biofuels Consulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

IMAGEN 95“EXIGENCIAS TECNICAS DE MEZCLAS MAYORES-MODIFICACIONES NECESARIAS CICLO OTTO”

Contenido Etanol en Combustible	Carburador	Inyección Electrónica	Bomba de Combustible	Presostato de Combustible	Filtro de Combustible	Sistema de encendido	Sistema de Evaporación	Tanque de Combustible	Convertidor Catalítico	Motor Básico	Aceite de Lubricación	Múltiple de Admisión	Sistema de Escape	Sistema Arranque en Frío
<= 5%														
5 - 10%														
10 - 25%														
25 -85%														
>= 85%														
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></div> Innesesario <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black; margin-left: 100px;"></div> Probablemente Necesario </div>														

Contenido Etanol en Combustible	Carburador	Inyección Electrónica	Bomba de Combustible	Presostato de Combustible	Filtro de Combustible	Sistema de encendido	Sistema de Evaporación	Tanque de Combustible	Convertidor Catalítico	Motor Básico	Aceite de Lubricación	Múltiple de Admisión	Sistema de Escape	Sistema Arranque en Frío
<= 5%	--- Para cualquier vehículo ---													
5 - 10%		--- Para flotas con menos de 10 a 15 años ** ---												
10 - 25%		--- Requiere vehículos especialmente diseñados ---												
25 -85%		--- Requiere vehículos especialmente diseñados ---												
>= 85%		--- Requiere vehículos especialmente diseñados ---												
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></div> Innesesario <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black; margin-left: 100px;"></div> Probablemente Necesario </div>														

FUENTE: JOSEPH Henry Junior, ANFAVEA - Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos de Brasil, Association Energy & Environment, Fuel Specifications in Latin America: Is Harmonization a Rede: Reality?, Commission Hart World Fuels Conference New World Fuels in Emerging Markets. Rio de Janeiro, 21 –23 junio DE 2004

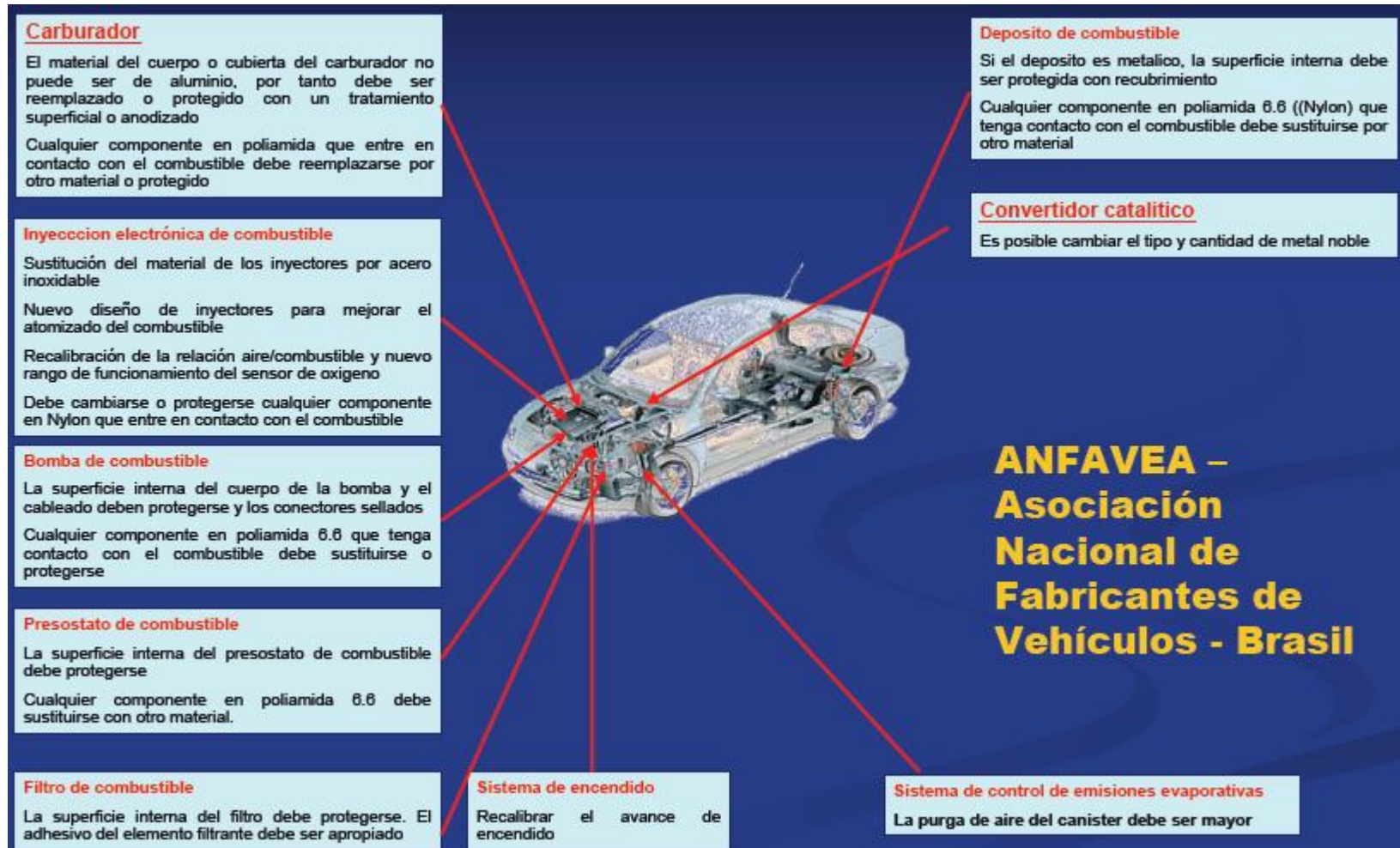
Los vehículos de motor flexible (Flex fuel) pueden ser abastecidos con Gasolina, etanol ó cualquier combinación de los dos combustibles. En la General Motors existe un sistema Flex fuel se denomina “FlexPower”.

La tecnología Flex fuel se esta imponiendo rápidamente para aprovechar la energía de los biocombustibles. Desafortunadamente no esta totalmente disponible a nivel mundial.

En Estados Unidos los productos de los grandes fabricantes americanos (G.M., Ford, Chrysler) son para E10. Tienen algunos para E85. Por ahora su mayor producción esta orientada a vehículos convencionales de gasolina. En Europa solo pocos fabricantes tienen vehículos FlexFuel. (Saab, Ford, Volvo), especialmente para el mercado de Suecia, donde el uso del etanol esta muy desarrollado y en Brasil el país mas avanzados en desarrollo de vehículos FlexFuel. GM tiene modelos FlexFuel. Otros fabricantes como Mitsubishi y Toyota los introducirán próximamente⁶⁶. (Ver imagen 96, 97)

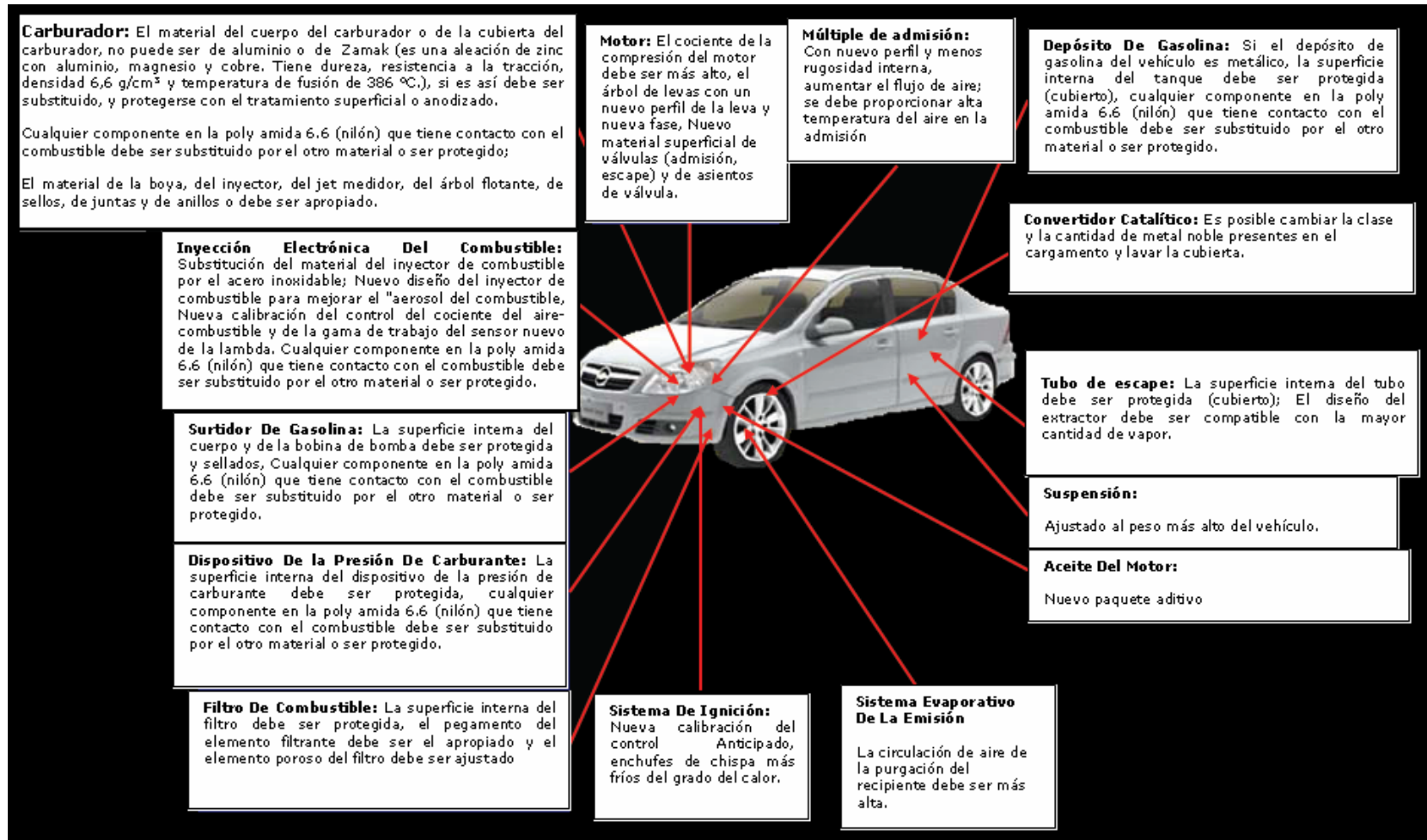
⁶⁶GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFue.

IMAGEN 96 "ADAPTACIONES DE LOS MOTORES PARA MEZCLAS DE 10% A 25% DE ETANOL"



FUENTE: JOSEPH Henry Junior, ANFAVEA - Asociación Nacional de Fabricantes de Vehículos de Brasil, Association Energy & Environment, Fuel Specifications in Latin America: Is Harmonization a Rede: Reality?, Commission Hart World Fuels Conference New World Fuels in Emerging Markets. Rio de Janeiro, 21 -23 junio DE 2004

IMAGEN 97 "ADAPTACIONES DE LOS MOTORES PARA MEZCLAS DE 25% A 100% DE ETANOL FLEXFUEL"

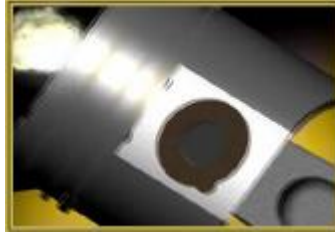


FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel. Traducido por autores

Para implementar esta tecnología se necesita se necesita componentes especiales para los motores; a continuación se mostraran estos:

- *El Pistón* fue diseñado para una rata de compresión intermedia (10.5:1 ~ 11.0:1).(Ver imagen 98)

IMAGEN 98 "PISTON"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *El sistema auxiliar de arranque en frío* fue desarrollado. (Ver imagen 99)

IMAGEN 99 "EL SISTEMA AUXILIAR DE ARRANQUE EN FRÍO"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Nuevo papel del filtro*, nueva bomba blindada con protección a la corrosión para evitar chispas y riesgos de explosión nueva. (Ver imagen 100)

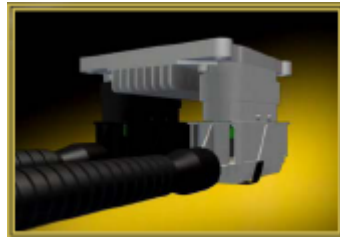
IMAGEN 100 "BOMBA BLINDADA"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Controlador electrónico del motor*, con mayor velocidad de procesamiento y capacidad de memoria, el cual puede correr un software y calibración específica Flexfuel. (Ver imagen 101)

IMAGEN 101 "CONTROLADOR ELECTRÓNICO DEL MOTOR"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Nuevos inyectores electrónicos de combustible*, con mayor flujo y resistencia a la corrosión. (Ver imagen 102)

IMAGEN 102 "INYECTORES ELECTRÓNICOS"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Sensor de oxígeno*, con calentamiento. (Ver imagen 103)

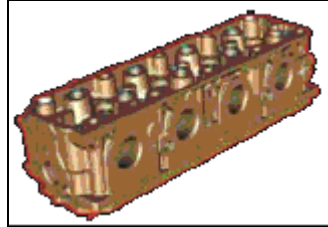
IMAGEN 103 "SENSOR DE OXIGENO CON CALENTAMIENTO"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Nuevos asientos y vástago de válvulas en la Culata motor* (cambio de materiales). (Ver imagen 104)

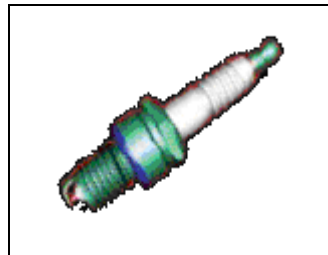
IMAGEN 104 "VÁSTAGO DE VÁLVULAS EN LA CULATA MOTOR"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel.

- *Nuevas bujías*, desarrolladas para rangos caloríficos en el uso de ambos combustibles. (Ver imagen 105)

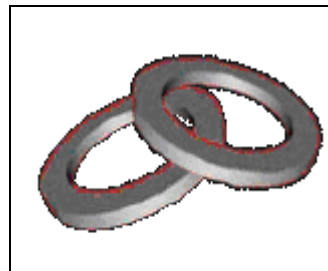
105 "BUJÍAS"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel

- *Cauchos y sellos*, en contacto con el combustible en material "Viton" (polímetro especial)⁶⁷. (Ver imagen 106)

IMAGEN 106 "CAUCHOS Y SELLOS EN CONTACTO CON EL COMBUSTIBLE"



FUENTE: GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel

⁶⁷ GARCIA, Henry, GENERAL MOTORS, tecnología de vehículos de combustible flexible, FlexFuel

Recomendaciones a los consumidores en sus vehículos

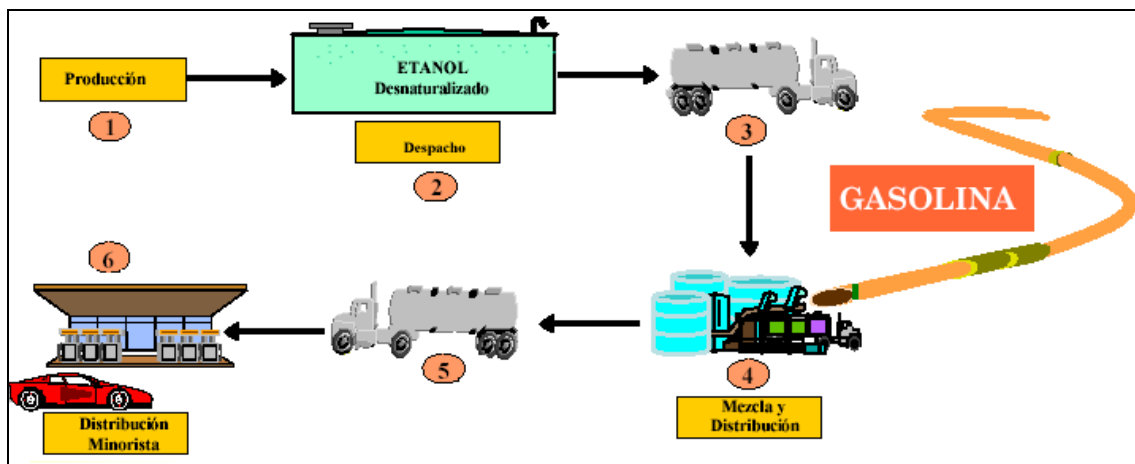
- Existe la eventualidad de desperfecto de elementos metálicos o de caucho por la utilización de la gasolina con mezcla E10.
- Al sistema de combustible se le debe realizar exámenes periódicos y verificar que no hay imperfectos.
- En caso de imperfectos se debe hacer una revisión en los concesionarios o talleres autorizados y cambiar las partes averiadas por partes originales.
- Lavar el tanque antes del primer suministro de combustible, y revisarlo periódicamente en lo posible para controlar los contenidos de agua.
- Colocar un filtro nuevo antes de de la primera tanqueada.
- Sincronizar el automotor después de la primera tanqueada, y con especial atención los autos con carburador.⁶⁸

Manejo logístico del alcohol carburante

Luego de la producción, del alcohol carburante en general, el siguiente aspecto técnico que se debe estimar es la distribución, determinar la forma en que el alcohol carburante es desnaturalizado, transportado, como se realizan las mezclas, como llega finalmente a los autos de los consumidores y cuales son las precauciones que ellos deben tener con su vehículo, para que no presente inconvenientes con el nuevo combustible. A continuación se describirá el proceso logístico en la cadena de abastecimiento del alcohol carburante. (Ver imagen 107)

⁶⁸ MINISTERIA DE MINAS Y ENERGIA, Los Biocombustibles en Colombia, Octubre 2005

IMAGEN 107 "CADENA DE ABASTECIMIENTO DEL ALCOHOL CARBURANTE"



FUENTE: AUTORES

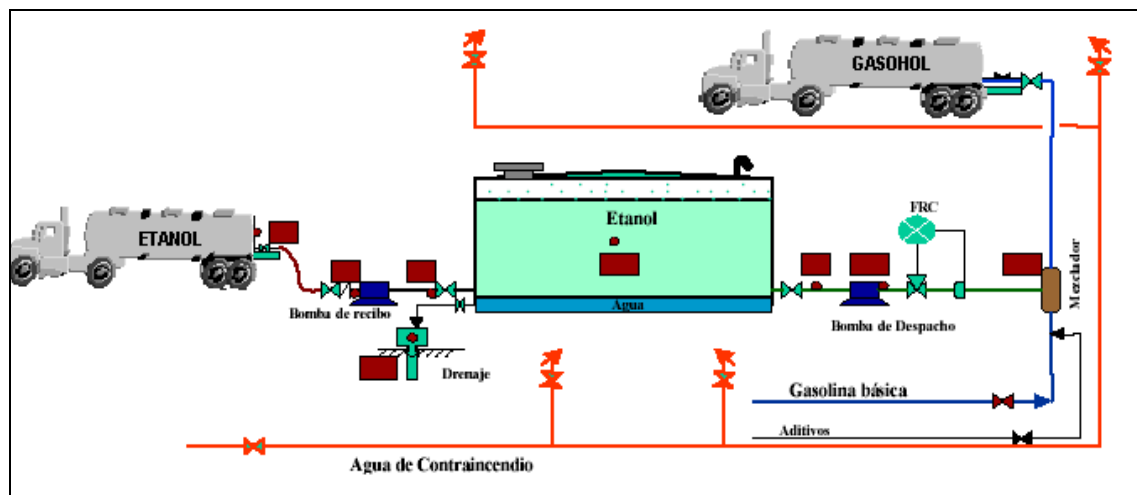
1. Desnaturalización del Alcohol.

El encargado de realizar la desnaturalización del alcohol carburante, es el productor, quien debe garantizar que el producto no sea apto para el consumo humano, y así cumplir con la obligación de vender el alcohol al distribuidor mayorista autorizado, para evitar producciones ilegales de licores, o que sea utilizado para otras modalidades no aprobadas por el estado.

2. Mezcla y distribución.

El distribuidor mayorista es el responsable de garantizar la mezcla en línea, compuesta por un 10 por ciento de alcohol carburante, que ya desnaturalizado es transportado hasta las plantas por medio de carro tanques y un 90 por ciento de gasolina, que como es sabido se transporta a las plantas del distribuidor mayorista por medio de poliductos. También es el encargado de la distribución de la mezcla al minorista en la terminal de abastecimiento o estación de servicio, aplicando las normas de calidad entre ellas el debido tratamiento de las aguas, que se presentan en el alcohol, en el momento de la homogenización de las sustancias. (Ver imagen 108).

IMAGEN 108 “MEZCLA Y DISTRIBUCIÓN, TRATAMIENTO DE AGUAS”



FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

3. Distribución Minorista

Esta forma de distribución directa con el consumidor final, se lleva a cabo en la estación de servicio o distribuidor minorista. Al momento de recibir allí la biogasolina, la estación de servicio debe garantizar que el producto que va a recibir no contenga agua (ver dibujo tratamiento de agua). También es responsable de conservar el estado y los porcentajes de la mezcla, manteniendo inalterada su calidad, para garantizar el producto al usuario. El máximo contenido de agua recomendado de la mezcla de gasolina oxigenada, es de 2000 ppm (20 galones, para un tanque de 10 Kg. aprox. 2 cm. de agua en tanques estándar). La norma de seguridad aplicable al manejo del alcohol en las estaciones de servicio es la NFPA 30 y 30ª. Las precauciones que se deben tomar una vez la mezcla E10 se encuentre en la estación, son las siguientes:

- Alistamiento: Mantenimiento – Modificaciones.

Se tiene que limpiar y secar los tanques antes de usar la mezcla E10, tomar precauciones para evitar la entrada de agua, verificar que las cubiertas interiores sean compatibles con la gasolina oxigenada con alcohol carburante, Instalar filtros

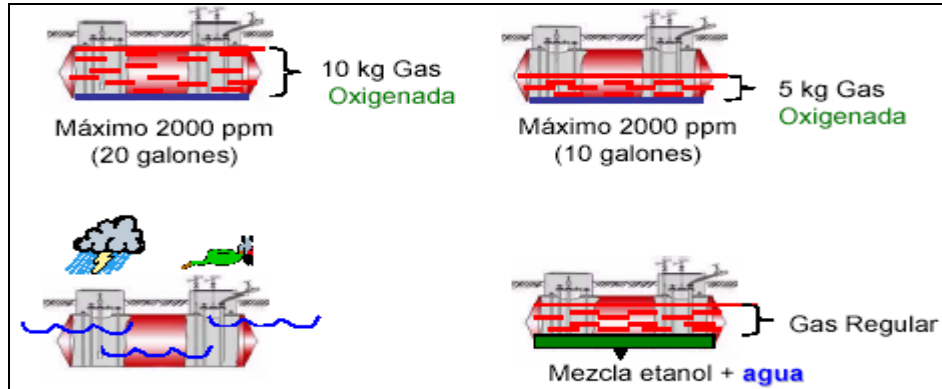
en el dispensador, chequear los materiales de la bomba y de los medidores; estos pueden requerir reemplazo o recalibración.

- Factores determinantes para mantenimiento de la mezcla E10.
 - o Compatibilidad del tanque de almacenamiento.
 - o Protección de sobrellenado.
 - o Detectores de escape en líneas y bombas.
 - o Reemplazo de medidores o recalibración.
 - o Filtros y dispensadores.
 - o Materiales resistentes al alcohol.
 - o Mangueras, sellos, boquillas.
 - o Limpieza y secado del tanque.
 - o Protección contra contaminación con agua.
 - o Secadores en líneas de venteo y entrada de aire a las válvulas de presión y vacío.
 - o Tapa de llenado.
 - o Uso de marcas y señales especiales.

- Normas aplicables al manejo de la mezcla E10.

Prácticas recomendadas por API – 1626 y 1627, Publicación API 2300 (Selección y uso de espumas contra incendio), publicación API 4616 - instrumentos para medir límites de inflamabilidad, uso de espuma polares, drenajes de fondos de tanques, pueden ser inflamables, control diario de inventarios – expansión volumétrica. (Ver imagen 109)

IMAGEN 109 "TRATAMIENTO DE AGUAS EN LA ESTACIÓN DE SERVICIO"



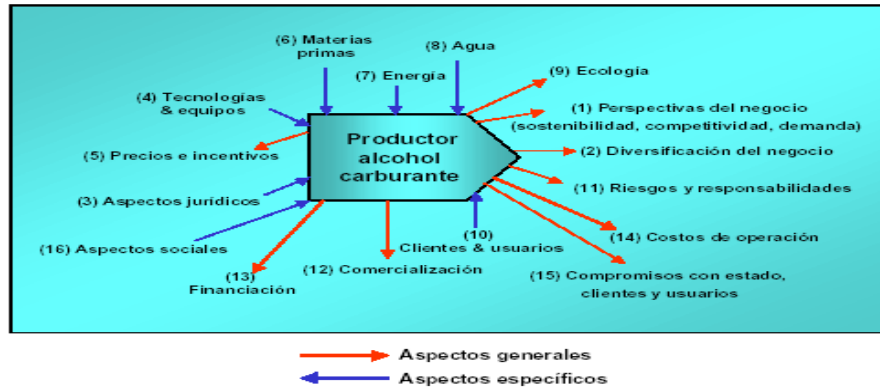
FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Los Biocombustibles en Colombia. Octubre de 2005

La logística también involucra las responsabilidades que debe tener cada participante de la cadena de suministro, los permisos ambientales las normas de calidad etc. A continuación se mostrarán las obligaciones que se presentan en el entorno de los productores de alcohol carburante en general y de las organizaciones que participan en esta cadena, también las responsabilidades del estado con ellos y el entorno de los grandes clientes y de los consumidores finales.

Entorno de los productores

En inversiones a mediano plazo, el productor de alcohol carburante, debe considerar aspectos que van desde las licencias ambientales otorgadas por el estado, hasta los compromisos con las compañías que efectuarán las mezclas con la gasolina, pasando por el suministro permanente de las materias primas, los riesgos y responsabilidades en los procesos industriales y el desempeño del producto. En el siguiente esquema se presentan los principales factores involucrados en el negocio de producción y venta del alcohol carburante. (Ver imagen 110)

IMAGEN 110 “ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE DEBE CONSIDERAR EL POSIBLE PRODUCTOR”



FUENTE: BRICEÑO, Carlos O. Director Programa Procesos de Fábrica, aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de Bioetanol en Colombia. CENICAÑA.

Según el doctor Carlos Briceño, director del programa de procesos de fábrica de Cenicaña, los aspectos determinantes para el éxito de los presentes y futuros productores en su orden son los siguientes, entre generales o específicos:

1. Perspectivas del negocio, como la sostenibilidad, competitividad y demanda entre otras.
2. Diversificación del negocio.
3. Aspectos jurídicos.
4. Equipos y tecnologías
5. Precios e incentivos
6. Materias primas, garantía en el suministro a la planta de producción.
7. Energía utilizada
8. Agua disponible y agua necesaria en el proceso.
9. Ecología y posible contaminación.
10. Clientes y usuarios
11. Riesgos y responsabilidades
12. Comercialización
13. Financiación
14. Costos de operación
15. Compromisos con el Estado, clientes y usuarios.
16. Aspectos sociales y compromisos con la población.

Se entiende que el orden de estos aspectos, se determina identificando las acciones primordiales en el cumplimiento de la actividad principal de la empresa, luego la responsabilidad y obligaciones con el estado y al final la responsabilidad con terceros.

Entorno del estado

En la mayoría de los nuevos proyectos a escala mundial, los estados están de una u otra forma, apoyando las gestiones de grupos y líderes de la empresa privada. En muchos casos se han establecido incentivos como esquemas con deducciones o rebaja de impuestos, entrada al país de equipos sin aplicación de aranceles, gravámenes o aplicación de convenios como el de Kyoto.

La razón para este esfuerzo se compensará con creces en el largo plazo por la sustitución de millones de barriles de gasolina al año, ya que un barril de etanol reemplaza un barril de gasolina, con lo cual se liberan 2.5 barriles de crudo en los cargos de las refinerías. Las responsabilidades del estado con la industria de los biocombustibles, mas exactamente con el alcohol carburante, son las siguientes. (Ver imagen 111)

IMAGEN 111 "ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE DEBE CONSIDERAR EL ESTADO"



FUENTE: BRICEÑO, Carlos O. Director Programa Procesos de Fábrica, aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de Bioetanol en Colombia. CENICANA.

Como se explico en la gráfica del entorno del productor, el orden mostrado está determinado por la importancia de cada uno de los aspectos, independientemente si este apunta hacia el estado o desde él. Las actividades propuestas que sean indispensables para el buen funcionamiento del estado en materia de Biocombustibles, ocuparán los primeros lugares, la responsabilidad del estado con terceros, no tendrá la misma prioridad. (Ver imagen 112)

Entorno del cliente mayorista y usuario final

IMAGEN 112 "ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE DEBE CONSIDERAR EL DISTRIBUIDOR"



FUENTE: BRICEÑO, Carlos O. Director Programa Procesos de Fábrica, aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de Bioetanol en Colombia. CENICAÑA

Con los combustibles (derivados del petróleo), los clientes de las refinerías son los grandes distribuidores que almacenan y distribuyen a los surtidores o pequeños clientes y en los que el usuario común (ciudadano), consigue el producto. Este esquema continuará para el caso de mezclas de alcohol y gasolina. En cada país se están estableciendo las especificaciones de los productos, la forma de efectuar las mezclas, los sitios de preparación y las formas de despacho y recepción. Los controles de seguridad por riesgos, calidad y pérdidas o alteraciones varían de acuerdo con los métodos y tecnologías involucradas. (Ver imagen 113).

IMAGEN 113 "ESQUEMA DE LOS PRINCIPALES ASPECTOS QUE DEBE CONSIDERAR EL CONSUMIDOR"



FUENTE: BRICEÑO, Carlos O. Director Programa Procesos de Fábrica, aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de Bioetanol en Colombia. CENICAÑA.

Aunque este es el punto final de la cadena, en algunos casos, debido a los planteamientos y alcances en los diferentes eslabones (Estado, productores, grandes y pequeños distribuidores), se llega a suponer que aspectos relacionados con la disminución en los niveles de CO₂, aumento en el octanaje de la gasolina, disminución en la compra de gasolina procesada en el exterior (y eventualmente de petróleo), oportunidades de inversión, posibles nuevos negocios, posibilidades de nuevos empleos, etc. son los suficientemente fuertes y claros como para que el usuario final, se sienta motivado y satisfecho.

Sin embargo, este sentimiento patriota trae con sígo beneficios inmediatos y medibles para el ciudadano común y corriente, como por ejemplo, disminución de costos a través de precios más bajos o rendimientos mas altos, mejores desempeños de los automotores, seguridad de suministro del combustible frente a la gasolina actual, al gas o al diesel, menores niveles de contaminación⁶⁹.

⁶⁹ BRICEÑO, Carlos O. Director Programa Procesos de Fábrica, aspectos estructurales y de entorno que enmarcan los proyectos e inversiones para la producción de Bioetanol en Colombia. CENICAÑA.

Resumen Marco Legal Colombiano

La Ordenanza que reglamenta en primera instancia los objetivos del estado, las obligaciones de los productores y los requisitos que se deben cumplir para su producción y distribución es la Ley 693 del 19 de septiembre de 2001.

Objetivos Principales, expresados en la exposición de motivos de la Ley:

- Disminución de las emisiones de hidrocarburos y de Monóxido de carbono a la atmósfera, causadas por los motores de combustión interna, con esto se da sostenibilidad ambiental.
- Mantenimiento y generación del empleo agrícola.
- Desarrollo agroindustrial.
- Contribución al propósito estratégico de autosuficiencia energética.

Resumen de la Ley 693:

- “Las gasolinas que se utilicen en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes, a más tardar en septiembre del año 2002, tendrán que contener compuestos oxigenados tales como alcoholes carburantes” (Art.1)
- Se señalaron unos tiempos para que el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial establecieran las reglamentaciones técnicas y ambientales respectivas (Art.1)
- En la producción, distribución y comercialización de los alcoholes carburantes, podrán participar las personas privadas. Se derogó el artículo 11 de la Ley 83/25, que autorizaba a los departamentos monopolizar la producción de alcohol no potable para uso automotor (Art.2).

- Se decreto que el uso de etanol carburante, recibirá un tratamiento especial en las políticas sectoriales de autosuficiencia energética, de producción agropecuaria y de generación de empleo. (Art.3)

Por otro lado en la *Ley 788 DE 2002 (Reforma Tributaria)* se dictan las siguientes disposiciones sobre el tema de biocombustibles en Colombia:

- ARTÍCULO 31: Se declara exento del IVA al alcohol carburante con destino a la mezcla con el combustible motor.

- ARTÍCULO 88: Se exoneró del pago del impuesto global y de la sobre tasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina motor.

Se determina en la *resolución 447 de 2003*, modificada por la *resolución 1565 de 2004* (Ministerios del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Minas y Energía).

- En estas se establecieron los requisitos técnicos y ambientales de los alcoholes carburantes y los combustibles oxigenados a distribuir en el país a partir del año 2005.

- Establece los requisitos de calidad de las gasolinas oxigenadas con etanol anhidro, con un porcentaje de mezcla de 10% y 5 %.

En la *expedición de la resolución 18 0687 de 2003*, modificada a través de la *resolución 18 1069 de 2005* (Ministerio de Minas y Energía)

- Expedición de la regulación técnica en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.

En la expedición de la resolución no. 18 1088 de 2005 (Ministerio de Minas y Energía)

- Se definió un precio de \$3.906,89 pesos por galón para el Alcohol Carburante en puerta de refinería, (que es equivalente aproximadamente a 1.7 dólares por galón).

- Como un elemento adicional ha establecido una garantía de compra para los productores de alcohol carburante por parte de los Distribuidores Mayoristas.

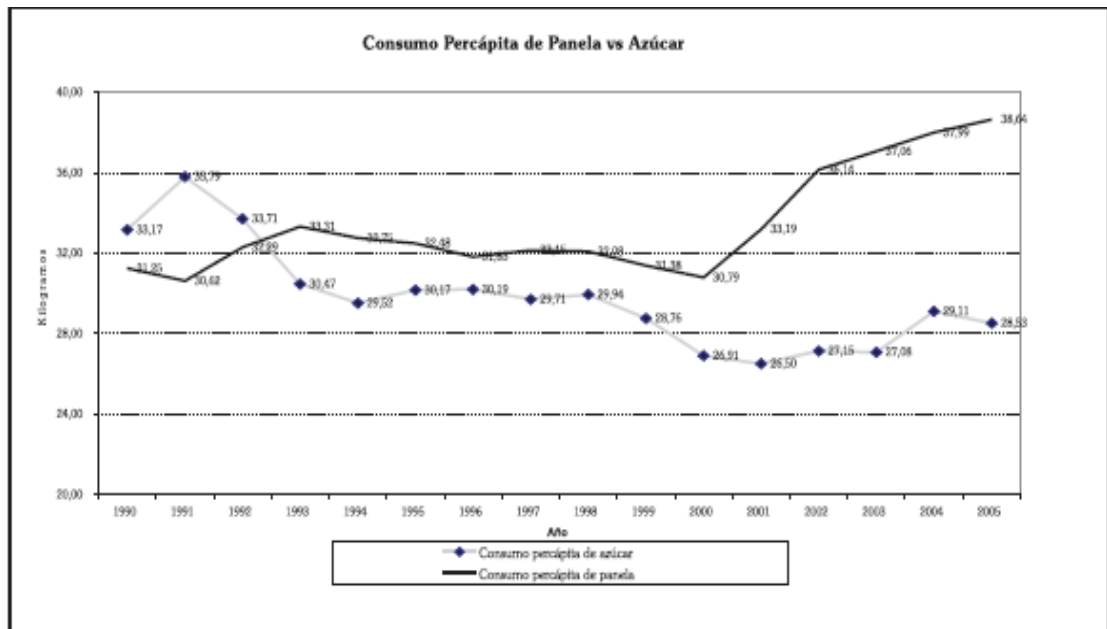
6.2.1.2. Aspecto social

- **Aspecto Social panelero**

Debido al estancamiento económico y la crisis del sector agropecuario, los niveles de producción han disminuido en forma considerable. En cuanto a la explotación de la caña panelera, el factor limitante ha sido el mercado, debido a que el precio de la panela a nivel nacional no tiene sustentación, perjudicando a muchas familias, que sustentan su vivir de esta industria artesanal. Los grandes ingenios azucareros, cuando en el mercado se establece el precio de la libra de azúcar alrededor de los 3 centavos de dólar, cambian la producción de azúcar a panela vendiéndola a precios que no son sostenibles para los pequeños productores del país, pues la panela obtenida por estos últimos tiene un costo de \$250 la libra y vendida a \$275 en promedio, mientras que el precio de la carga oscila en los \$100.000 y \$120.000, además, en varias oportunidades el precio de la carga se reduce a \$15.000 consecuencia de esta variación, provocando que el pequeño productor no pueda ni siquiera cubrir los costos de producción, lo que conlleva a la búsqueda de otras alternativas como la ganadería, desestimulando la explotación agropecuaria.

Los datos mencionados en el párrafo anterior fueron obtenidos de la salida de campo que el grupo realizó el día 14 de Octubre del año 2006 al municipio de Útica Cundinamarca. Estos se obtuvieron después de una serie de actividades de observación y consulta, empezando con la visita a las fincas Bellavista y Santa Inés, propiedad de los señores Alfonso Velásquez y Jairo Muñoz Maecha respectivamente, ubicados en vereda San Carlos vía Útica y en el corregimiento de Puratena parte baja, con una extensión de 25 Ha, en la cual, tuvimos la oportunidad de observar el proceso artesanal de la panela que se lleva a cabo sin modificaciones importantes desde hace varias generaciones, lo único relevante en cuanto cambios realizados es el reemplazo de la tracción animal por tracción mecánica en los trapiches, pero el proceso no a variado en su esencia. Se estima que Colombia es el primer consumidor per cápita con 38.6 kilos. La panela es un edulcorante de bajo costo, con aportes importantes de minerales y trazas de vitaminas. Algunos estudios indican que el consumo de panela alcanza el 2.18% (en algunas zonas hasta el 9%) del gasto en alimentos en los sectores de bajos ingresos. (Ver gráfica 20).

GRAFICA 20 "CONSUMO PANELA vs. AZUCAR"



FUENTE: ASOCAÑA

En esta investigación se determinaron zonas representativas, caracterizadas por tener en la economía de sus provincias la producción de estos recursos renovables. Como primera alternativa de investigación se escogió la caña ya que es actualmente la principal fuente de producción de alcohol carburante en el país, evaluamos el municipio de Útica como mencionamos anteriormente, localizado en la provincia de Gualiva en el departamento de Cundinamarca, caracterizada por la producción artesanal de panela, cuyos procesos son principios de la extracción de jugo de caña para la producción de alcohol carburante.

El municipio de Útica esta ubicado entre 400 y 1600 MSNM (Metros Sobre el Nivel del Mar), según datos del IDEAM (Instituto de Estudios meteorológicos y Ambientales), la temperatura media del municipio es de 26º C y por estar en un bosque seco tropical presenta niveles bajos de pluviosidad aproximadamente de 1.360 mm al año, su extensión estimada es de 9.233 Ha (Hectáreas) comprendidas así: 9.029 Ha en el área rural y 204 Ha en el área urbana, el numero de habitantes se considera en 5.374 personas, distribuidos en 2.637 a nivel rural y 2.737 a nivel urbano. (Ver tabla 21)

TABLA 21 "ACTIVIDADES AGROPECUARIAS EN EL MUNICIPIO POR HECTAREA"

CULTIVO	HECTAREAS
Caña Panelera	3.055
Cultivos de Rotación	350
Maíz, Yuca, Plátano, Frutales y Cítricos	963
Pastos	2.220
Rastrojos y Bosque	2.645
TOTAL	9.233

FUENTE: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT) DEL MUNICIPIO DE UTICA.

Según datos obtenidos en el POT (Plan de Ordenamiento Territorial) los suelos se pueden considerar arcillosos con presencia de arenas, buen drenaje y materiales heterogéneos con un nivel de fertilidad de bajo a medio y con tendencia a la erosión, por lo que son terrenos aptos para la siembra y cosecha de la caña.

Además en el desarrollo de las actividades agropecuarias principalmente la caña panelera, a pesar de la topografía variable con pendientes entre 0 y 30%, el municipio cuenta con un 50.7% del área total aptas para el cultivo, estableciendo manejos adecuados de los suelos para lograr una productividad alta y una readecuación efectiva de estos. (Ver tabla 22)

TABLA 22 “APTITUD DE USO DEL SUELO DEL MUNICIPIO EN ACTIVIDADES AGRICOLAS”

APTITUD DE USO	AREA Km²	PORCENTAJE
NO APTO	30.91	33.10%
MARGINALMENTE APTO	15.14	16.21%
MODERADAMENTE APTO	35.21	37.71%
ALTAMENTE APTO	12.12	12.78%
TOTAL(MENOS EL CASCO URBANO)	93.38	99.80%

FUENTE: PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (POT) DEL MUNICIPIO DE UTICA.

Esta región es un buen ejemplo de las zonas paneleras que se verían beneficiadas por la implementación en sus regiones de destilarías de alcohol carburante, al impulsar el desarrollo económico y por ende social de la zona, al poder diversificar sus actividades productivas, enfocándolas al esfuerzo de los biocombustibles, sin dejar su tradición de fabricación de panela.

- **Aspecto Social: Azúcar a partir de caña**

Las empresas que conforman el sector azucarero del país generan, hasta el año 2006, cerca de 36,000 empleos directos y 216,000 indirectos. Se deduce que más de un millón de personas dependen de la industria azucarera, según la composición demográfica familiar de cuatro personas en promedio por cada hogar constituido en la zona azucarera del país. Aproximadamente el 30% de la población del departamento del Valle del Cauca y el 2.4% de la colombiana.

La industria azucarera lleva los últimos doce años contribuyendo con la responsabilidad social y el desarrollo regional, ha hecho inversiones que ascienden a los 120 millones de dólares para la regeneración del medio ambiente y la inversión social, así constituye uno de los cimientos de la agenda de sostenibilidad agroindustrial. Entre otros, los aportes presentados por ASOCAÑA en noviembre de 2006 son:

- Programas de seguridad social y salud preventiva por \$65.000 millones.
- Préstamos para vivienda por \$4000 millones otorgados a los trabajadores de los ingenios.
- \$2600 millones invertidos en educación, sosteniendo escuelas y colegios de la red educativa azucarera, red que beneficia a 5000 estudiantes del valle. Convenios con las instituciones de educación superior, técnicas y profesionales de la zona. Programas y cursos de capacitación para trabajadores y líderes de cooperativas de trabajo asociado.
- Promoción de asociaciones de usuarios de las cuencas de los ríos de influencia en la zona azucarera.
- Apoyo a las iniciativas de la corporación Vallenpaz para el desarrollo de proyectos de seguridad alimentaria, protección ambiental, construcción de capital social y búsqueda de la paz por \$687 millones.
- Inversiones para la protección del medio ambiente en las actividades productivas y recuperación de la franja forestal, protectora del río Cauca por más de \$53.000 millones.

A pesar de la disminución en el precio de la libra de azúcar en la última década la responsabilidad social de los ingenios ha tenido avances positivos y mas en los últimos años, que gracias a la incursión de los ingenios en la producción de alcohol carburante, los empleos y la inversión social presentan una tendencia positiva que ofrece buenas perspectivas, tanto para los pequeños productores de caña, como para los grandes ingenios⁷⁰.

⁷⁰ CENICAÑA, publicación Carta trimestral, Noviembre 2006, Notas técnicas e informativas, Aportes del sector azucarero en materia social durante el 2006.

- ***Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios***

Vale la pena resaltar que la fabricación del alcohol carburante en los ingenios se efectúa con las mieles residuales del proceso de producción del azúcar, pero cuando los precios internacionales de la misma, no compensan la inversión de los ingenios, estos optan por disminuir la cantidad de jugo de caña destinada al azúcar y aumentar las cantidades de jugo para el alcohol carburante, estabilizando así el precio del azúcar y aprovechando ampliamente la demanda del alcohol en el país y en el mundo.

Pero se ha presentando un notable problema en la zona azucarera, que perjudica directamente a los pequeños cañicultores que destinan su producción a la industria que mencionamos, en algunos casos los cañicultores venden su producción con la idea de fabricar alcohol, como este tiene un precio estándar que prima en el mundo, generalmente no tiene mayores variaciones y así mismo se les paga a los productores la tonelada de caña. Cuando hay escasez de azúcar los ingenios siguen comprando la caña al precio acordado para hacer alcohol, pero utilizan la caña para la fabricación de azúcar, engañando al productor de caña que podría ganar mas invirtiendo en ella que en la fabricación de alcohol. Se debería determinar de la misma manera un precio estándar que sea justo para la caña, sin importar cual sea el destino de la misma, para que los cañicultores no se desmotiven por esta clase de manejos que se tienen en los ingenios y tal vez tengan la capacidad de ampliar sus cultivos.

Por otra parte, en muchos casos El Estado ha establecido incentivos o proporcionado esquemas con deducciones y rebajas de impuestos, también se han simplificado los trámites para la importación de equipos y la participación de

convenios o tratados, sobretodo en las empresas privadas, impulsando así la creación de empleo a través de esta industria.

En este orden se busca crear un programa nacional de la industria, que busca concretar oportunidades para los trabajadores de caña, maíz, yuca, sorgo sacarino, papa y remolacha con fines de producir alcohol carburante, también para la firmas de ingeniería, constructores, instaladores, ambientalistas y transportadores que participen en la implementación y desarrollo de tecnologías para la implementación del etanol anhidro.

Se busca también reducir efectivamente las emisiones de CO₂ por medio de aperturas a los biocombustibles y la alcoquímica, establecer seguridad jurídica para inversionistas privados con legislaciones concretas y reglamentaciones técnicas, ambientales y de precios.

- **Aspecto Social Remolacha**

La remolacha tiene la oportunidad de ser un cultivo con muchos atractivos para la producción de alcohol carburante, cuando se acabe de implementar en el país, así no solo dependiendo de la caña azucarera para suplir las exigencias de materia prima para bioetanol que tendrían las plantas de producción.

El desarrollo de proyectos por empresas como Maquiltec generaría 3.000 empleos directos y cerca de 9.000 indirectos en plantas que producirían 300.000 Lts/día, con 7 complejos productores proyectados se generarían 21.000 empleos directos y 63.000 indirectos, siendo una excelente oportunidad de desarrollo de la zona de altiplano Cundi-Boyacense en donde se están comenzando a implementar estos proyectos, se esta brindando beneficios para el trabajador y sus familias. Por ejemplo Maquiltec desarrolla planes para mujer cabeza de familia para generar

empleo a las mujeres en el campo y la industria y en modelos de proyectos de guardería.

Cada proyecto también generaría la creación de microempresas que surgirían como proveedoras de las plantas y cultivos cubriendo necesidades como las de dotaciones, suministros y alimentos.

- ***Aspecto Social: Industria del Almidón de Yuca***

Departamento del Cauca:

Los habitantes del Cauca, toman el almidón de la yuca como una forma básica de alimentación y lo consumen en forma de almidón agrio, el cual es la materia prima para gran variedad de bocadillos típicos de la zona. Las rallanderías encargadas de su fabricación, a lo largo de los años, se han establecido a orillas de la carretera para ofrecer sus productos ya sea el propio almidón o alguno de los subproductos como el afrecho para la alimentación de animales.

Cuando se lleva a cabo la comercialización del almidón, ya sea almidón agrio o nativo, se realiza a través de intermediarios que lo llevan a Santander de Quilichao, allí se vende a otros intermediarios que son los transportadores o dependiendo del comprador, este será vendido directamente a las panaderías, a la industria de los pasabocas, en el caso que halla intermediario, comercializan el almidón a través de una cooperativa llamada COAPRACAUCA, los transportadores son los encargados de distribuir el almidón en las principales ciudades de la región y luego a las capitales del país, lógicamente, son ellos los que se lleva la mayor ganancia en este proceso.

Por otra parte, como la zona de acopio del almidón de la región es Santander de Quilichao, siendo la zona del Departamento que recibe el mayor impacto de

contaminación hídrica por este tipo de efluentes, afectándose las quebradas La Chapa, La Agustina, Quimbas o la Cascada, Tiembla, Mastizal y Mondomo pertenecientes a las Subcuencas de los ríos Quinamayó y Ovejas.

Departamento de Sucre

Costos de producción: Cuando se va a montar un proyecto, lo primero que se debe hacer es indagar si el bien o servicio que se quiere producir se venderá o no y a qué costos de producción lo se puede poner a disposición de los consumidores potenciales.

En esta dirección los productores de yuca del departamento, asociados en la federación de productores y comercializadores de yuca, FEDEYUCA, tienen que estar muy pendientes de cuál es el costo de producción del tubérculo para que cuando la planta productora del alcohol carburante inicie operaciones, pueda pagar el precio adecuado por kilo de yuca fresca.

Para sembrar una hectárea de yuca en Sucre, se necesitan aproximadamente \$ 3.125.000.00, de los cuales FINAGRO financia solamente el 80 % de los costos directos. Los costos directos definidos por el sistema FINAGRO son los que se aplican al pago de la mano de obra, arreglo del terreno, compra de semilla, insumos, fungicidas, insecticidas, costales etc. (ver tabla de costos) Luego el campesino debe encontrar como financiarse el 20% restante.

Ahora bien el campesino encuentra el otro 20 % en el mercado extra bancario, por el cual paga intereses del 10 % anticipado, lo que distorsiona considerablemente los costos de producción de la yuca. Siendo que FINAGRO no incluye en el tramo financiable la administración, imprevistos, costos financiero cobrados por ellos mismos, comisiones y seguros, lo que realmente muestra que FINAGRO

solamente está financiando el 56.17 % (1.755.334 / 3.125.138) del costos total de la hectárea de yuca sembrada.⁷¹

En estas circunstancias con las distorsiones tan pronunciadas del mercado, el productor de yuca industrial se verá enfrentado a una situación de pérdidas recurrentes en la producción del tubérculo. (Ver tabla 23)

TABLA 23 "COSTO DE LA YUCA INDUSTRIAL EN SUCRE"

ACTIVIDADES	Patrón		2006	
	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Vr Parcial
COSTOS DIRECTOS				
Labores				
Preparación terreno	Ha	1	200 000	200 000
Fertilización	Jornal	8	14 484	115 872
Siembra	Jornal	10	14 484	144 840
Aporque	Jornal	5	14 484	72 420
Control Fitosanitario	Jornal	8	14 484	115 872
Desyerbe	Jornal	24	14 484	347 616
Cosecha y Poscosecha	Jornal	35	14 484	506 940
Subtotal labores		91		1 503 560
Insumos				
Semilla	Bulto	20	10 649	212 980
Herbicida	Kilo	1	23 960	23 960
Herbicida	Litro	2	9 584	19 168
Abono compuesto	Bulto	4	40 000	160 000
Insecticida	Litro	1	15 500	15 500
Insecticidas	Litro	2	28 600	57 200
Fungicidas	Kilo	2	12 000	24 000
Costales(de 80 Kg)	Unidad	100	1 278	127 800
Asistencia Técnica	Año	1	50 000	50 000
Subtotal Insumos				690 608
Subtotal Costos Directos				2 194 168
Financiación Finagro (80 %)				1 755 334
Saldo no financiable por Finagro(20 %)				1 369 803
COSTOS INDIRECTOS				
Arrendamiento	Año	1	130 000	130 000
Administración	Año	2	70 000	140 000
Imprevistos	Año	5	98 000	490 000
Subtotal Costos Indirectos				760 000
OTROS COSTOS INDIRECTOS				
Comisión F A G	Anual	1,5	26 330	26 330
IVA sobre Comisión	Anual	16	4 213	4 213
Costos Financieros	Anual	8	140 427	140 427
Subtotal Otros Costos Indirectos				170 970
COSTO TOTAL SIN FAG NI INTERESES				2 954 168
COSTO TOTAL CON FAG E INTERESES				3 125 138
Valor del ICR(40 % del Costo directo)				702 134
Valor Financiado por FINAGRO				1 755 334
Menos Valor del ICR				702 134
Saldo a pagar a FINAGRO				1 053 201
Más Saldo no Financiable por FINAGRO				1 369 803
Valor real de la Ha. descontando ICR				2 423 004

FUENTE: FINAGRO 2006, Menco Rivera, Daniel. Consideraciones económicas del cultivo de la yuca Industrial en el departamento de sucre. Mayo 5 de 2007

⁷¹ Menco Rivera, Daniel. Consideraciones económicas del cultivo de la yuca industrial en el departamento de sucre. Mayo 5 de 2007

Según el banco de datos del Sistema FINAGRO, los ingresos por la venta de la yuca industrial durante el año 2005 en los mercados de la Costa Atlántica y del interior del país, registraron los valores que se muestran en la siguiente tabla (ver tabla 24).

TABLA 24 "PRECIOS DE LA YUCA EN LA COSTA ATLANTICA"

Regiones	Pesos / tonelada	
	Comestible	Industrial
Región Costa Atlántica		
Valledupar	250 000	130 000
Magdalena	150 000	85 000
Córdoba	150 000	ND
Sucre	150 000	150 000

FUENTE: Banco de datos del sistema FINAGRO. Mayo de 2007

La yuca comestible presenta mejores precios que la industrial en el mercado local de Sincelejo, pues en épocas de cosecha como en el mes de Diciembre tiene un costo al por mayor de \$ 21.000 el bulto de 60 kilogramos, saliendo el kilogramo a 350 pesos y en escasez como desde Marzo en adelante el precio se eleva a \$ 35.000 el mismo bulto de 60 Kg., esto es a \$ 583 el kilo. Bajo estas consideraciones, será difícil que los pequeños productores de yuca, se trasladen de la producción de yuca comestible a yuca industrial manteniendo una diferencial de precios desfavorable.

Si el bien se produce a un costo elevado, posiblemente los consumidores no se encuentren interesados en adquirirlo. Además como nos encontramos ante un hecho indiscutible de la globalización económica, es posible que ese mismo bien o servicio se esté produciendo en otro país a menor costo que el nuestro y entonces nos podemos ver abocados a cerrar nuestro negocio frente a una competencia mejor equipada y con unos costos más bajos que los nuestros.

En este caso, si las empresas procesadoras del almidón nativo, no practican una política de precios mas justa para el productor de la yuca industrial, luego las plantas productoras de alcohol carburante a partir de almidón, se verán afectadas con la escasez de esta materia prima y si se piensa abrir una planta en la región

de la Costa Atlántica para obtener alcohol anhidro, esta falta de rentabilidad en la producción de yuca industrial, será un parámetro crucial para el éxito de los proyectos que en la zona se ejecutarían, en materia de biocombustibles.

- ***Aspecto social: Alcohol carburante producido a partir de yuca***

En este momento se cuenta con la aprobación por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para la construcción de una Planta para la producción de alcohol carburante. Según estimaciones preliminares de dicho Ministerio este proyecto tendrá un costo de cerca de 21 millones de dólares, cantidad que será invertida totalmente por el mismo, en la modalidad de capital de riesgo, aprovechando la experiencia y la tecnología disponible en la zona para la extracción del almidón nativo y la extensión amplia de los cultivos de yuca de la región.

Para que esta Planta, pueda producir la cantidad de alcohol que necesita la Costa Atlántica, requiere de aproximadamente 10 mil hectáreas de yuca industrial, sembradas en la región sabanas del Departamento de Sucre, lo que si no se lleva a cabo adecuadamente y con una buena rotación de cultivos y tratamiento de aguas, las raíces de la yuca podrían causar erosión y resequedad en los terrenos convirtiéndolos en tierras áridas y sin reservas acuíferas.

El empleo directo generado por este proyecto llegaría a 910.000 jornales cada año, si se tiene en cuenta que en una hectárea se emplean 91 jornales por cosecha/anual, lo que equivaldría a 2.528 puesto fijos de trabajo al año.

Además se estarían produciendo tres empleos indirectos por cada empleo directo generado, lo que vendría resultando en 7.590 empleos más que ayudarían a mitigar el alto desempleo en Sucre. El proyecto generará una corriente de efectivo

de 31 mil millones de pesos corrientes anuales, lo que engrosará el ingreso disponible de los hogares sucreños en \$187.509 por hogar al año⁷².

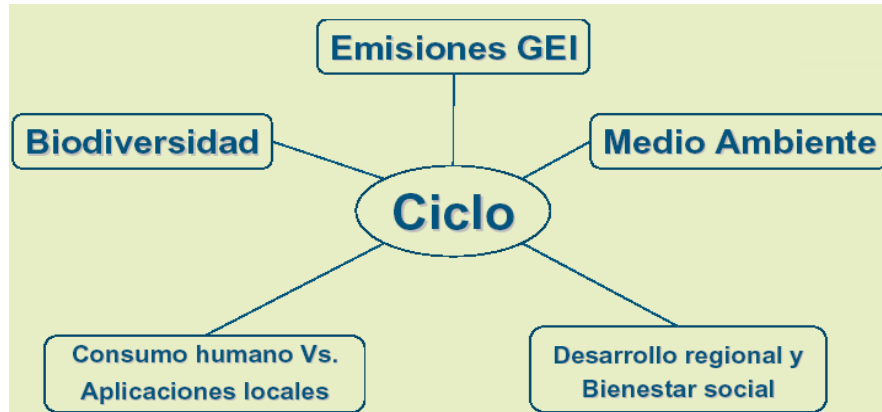
Por otra parte, en el departamento del Cauca, será necesario aumentar los cultivos de yuca industrial y fortalecer la producción de almidón nativo, pues se sabe que en Sucre se necesitará la mayoría del almidón que se produzca, para el funcionamiento de la planta de alcohol carburante, pero las empresas que lo utilizan para la fabricación de papel, pegamentos, empaques biodegradables y demás usos que se mencionaron anteriormente, no pueden dejar de funcionar, obligando a las empresas que tienen otros intereses en el almidón a adquirirlo en otro lugar y el mas indicado es el departamento del Cauca, lo que si se aplicara adecuadamente, traería notables ventajas como estabilidad en los precios de la yuca industrial y diversificación en los mercados.

- ***Aspecto Social General del Alcohol Carburante***

El alcohol carburante, expande su aspecto social en varios puntos determinantes para el éxito de la industria de los biocombustibles. Actualmente, el país cuenta con 50.000 hectáreas para la producción de etanol y hay que tener en cuenta de que manera afecta este proyecto a la población de las distintas zonas incluidas en este territorio, dispuesto para la producción de las materias primas. Los puntos están determinados por: (Ver imagen 114)

⁷² Datos Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

IMAGEN 114 "ASPECTO SOCIAL"



FUENTE: BONILLA, Marcela. Asesora de la dirección de desarrollo sectorial sostenible. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Seminario taller de Biocombustibles, revista Virtual Pro, 2007

- En primer lugar, en el tema de biodiversidad se consideran importantes los siguientes puntos:

Potenciales efectos directos

- Modificación de ecosistemas naturales como sabanas, humedales, ciénagas, entre otros. Los bosques naturales están protegidos por la Ley General Forestal (ley 1021 de 2006).
- Uso de zonas de alta biodiversidad o sensibles, estén o no fragmentadas y/o desintegradas.
- Afectación de áreas con rico valor cultural.
- Uso de organismos genéticamente modificados.

Potenciales efectos indirectos

- Apertura de regiones inaccesibles (construcción de vías y otra infraestructura).
- Desplazamiento y/o compra a los campesinos de tierras, quienes generalmente van a cultivar a otras zonas, que en términos generales podrían ser no aptas por ser biodiversas.

- Sustitución de productos para consumo por la producción de biomasa.
- Cambio de la calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Para el cálculo de las emisiones por Gases Efecto Invernadero (GEI), es importante tener en cuenta todo el ciclo de vida del biocombustible (Ver tabla)
 - Preparación del terreno (Posibles quemas; degradación biomasa original)
 - Plantación (Aplicación de fertilizantes; riego por inundación permanente)
 - Proceso de extracción (Lagunas de oxidación que producen metano)
 - Transporte
 - Procesamiento
 - Uso

TABLA 25 "EMISIONES CONTAMINANTES DE LA MEZCLA E10"

COMPUESTO	GASOLINA CORRIENTE (gr/kW/hora)	E10 (gr/kW/hora)
Monóxido de carbono (CO)	59,1	49,5
Dióxido de carbono (CO ₂)	83,7	82,6
Hidrocarburos (HC) – (Metano, Butano, Benceno, Benzopireno, Benzofluoranteno)	4,1	3,6
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	2,5	2,2

FUENTE: BONILLA, Marcela. Asesora de la dirección de desarrollo sectorial sostenible. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Presentación Seminario taller de Biocombustibles, revista Virtual Pro, 2007

- Con respecto al medio ambiente, en general hay afecciones en el territorio que pueden presentarse en algunos de los siguientes puntos:

Cultivo

- Aumento de residuos sólidos por podas y cosechas.
- Uso de agroquímicos y fertilizantes.
- Mayores requerimientos de agua para el cultivo.
- Posibles emisiones de GEI no cuantificadas.

- Simplificación paisaje.
- Aumento plagas por monocultivos.
- Conflictos uso agua.

Producción

- Mayores caudales de aguas residuales.
 - Aguas residuales con alta carga orgánica y sólidos suspendidos.
 - Contaminación del aire en procesos industriales.
 - Mayor producción de vinazas.
- En el tema de desarrollo regional y bienestar social, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, considera lo siguiente:

Desarrollo regional

Una fuente de energía sostenible no solamente deberá crear una prosperidad adicional en los países importadores de la misma, sino también en los países productores; este beneficio local en los países productores no sólo debe ser para los grandes inversionistas de los proyectos sino para la comunidad circunvecina.

Bienestar social

- Condiciones de trabajo de los empleados.
- Derechos humanos.
- Derechos de propiedad y derechos de uso.
- Circunstancias sociales de la población local.
- Integridad.

- Por otra parte las acciones en marcha del país según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial son:
 - El Ministerio de Minas y Energía cuenta con una dependencia con dedicación exclusiva al tema de biocombustibles, a cargo del Dr. Arturo Infante.
 - El CONPES “*Consejo Nacional de Política Económica y Social*” adoptará una política de biocombustibles, liderada por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con la participación de la vicepresidencia de la República, MME (Ministerio de Minas y Energía), MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial, Ministerio de Hacienda), DNP (Departamento Nacional de Plantación), Colciencias, IDEAM, SAC (Servicio de Agricultores de Colombia), Fedepalma, Ministerio de Transporte, entre otras entidades.
 - En desarrollo de la política de biocombustibles, la Unidad de Planeación Minero Energética ha incluido la utilización de algunos criterios ambientales para identificar o limitar áreas para potenciales cultivos.
 - Existe una Guía Ambiental para el Subsector de la Agroindustria de la Palma de Aceite (MAVDT, SAC, Fedepalma).
 - A nivel nacional existen diferentes procesos de certificación de exportación de productos, los cuales contemplan entre otros los siguientes aspectos:
 - Sistemas sociales de soporte para las familias y los trabajadores.
 - Incentivos personales y profesionales para sus trabajadores.
 - Crear y mantener un ambiente de trabajo seguro.
 - Estándares y metodologías para el cuidado del medio ambiente.
 - Producción sostenible con productos de calidad.

- Sello ambiental colombiano: Es el eco-etiquetado en Colombia, creado a través de la Resolución 1555 de 2005 MAVDT-Ministerio de Comercio Exterior Industria y Turismo. Portar este sello debe ser considerado por los productores o prestadores de servicios como una estrategia comercial y una ventaja competitiva, y por los consumidores, como un valor agregado frente a productos que no cuentan con este instrumento de diferenciación ambiental. Los objetivos de este sello son:

- Crear una herramienta informativa y comercial para diferenciar productos que comparativamente presenten un mejor desempeño ambiental.
- Incentivar el crecimiento del mercado nacional por este tipo de productos
- Promover un cambio hacia los productos ambientalmente amigables en las preferencias de compra de los consumidores.
- Facilitar el acceso al mercado y mejorar la imagen de los productos con un mejor desempeño ambiental.
- Incentivar el crecimiento de la producción de bienes y servicios amigables con el ambiente.
- Promover el uso y desarrollo de procesos, técnicas y tecnologías limpias o sostenibles.

Los beneficios que este sello facilita a los participantes de la cadena de suministros, no solo de los biocombustibles como control de calidad sino también los demás productos de consumo humano para la exportación son los siguientes:

- Mejorar su competitividad, su situación en el mercado y la imagen de su organización o marca.
- Orientar su estrategia comercial hacia nichos de mercado especializados y de alto crecimiento.

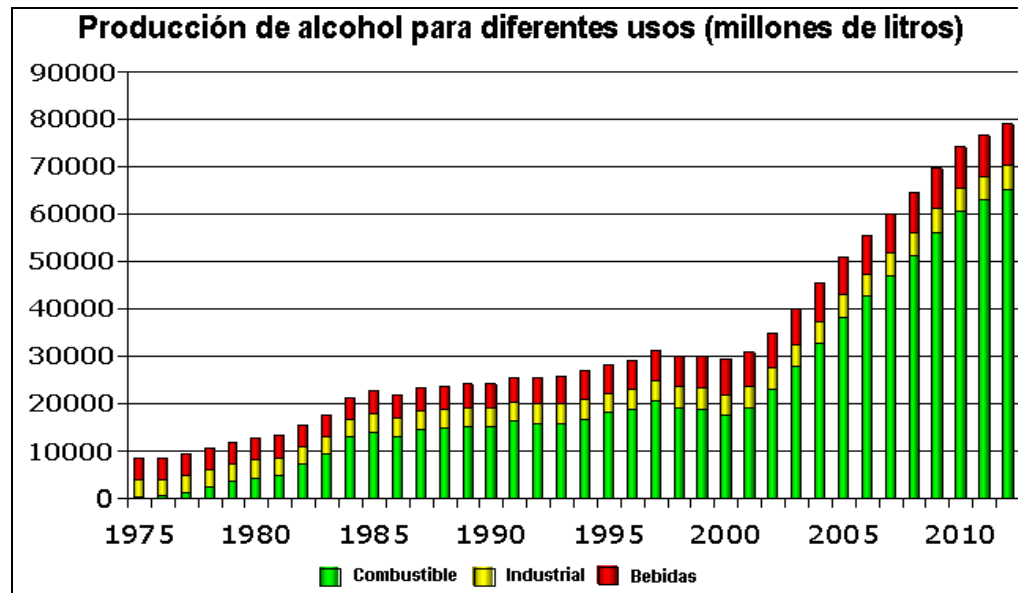
- Alcanzar procesos más eficientes, menor uso de materiales y energía, y reducción de los residuos por disponer lograr o superar las expectativas del cliente.
- Mejorar la fidelidad de los clientes.
- Atraer inversionistas y fuentes de financiamiento, particularmente de aquellos con conciencia ambiental.
- Mejorar la motivación de los empleados, aumentar el conocimiento de su producto o servicio.
- Reducir la responsabilidad debido a una disminución de los Impactos ambientales.
- Mejorar las relaciones con los entes reguladores, facilitar la identificación y gestión de los requisitos legales.⁷³

6.2.1.3. Aspecto Económico

Sin lugar a dudas hay que observar el comportamiento de esta industria en la mayor potencia del mundo Estados Unidos, pues de este mercado dependerá la producción de los países latinoamericanos como Brasil, Argentina, Chile y Colombia, quien pretende convertirse en uno de sus clientes potenciales para la venta de este producto.

⁷³ BONILLA, Marcela. Asesora de la dirección de desarrollo sectorial sostenible. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Presentación Seminario taller de Biocombustibles, revista Virtual Pro, 2007.

GRAFICA 21 “COMPORTAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ETANOL SEGÚN SU USO (COMBUSTIBLE, INDUSTRIAL, BEBIDAS) EN EL PERÍODO 1975 – 2005 ASÍ COMO LAS PROYECCIONES DE CRECIMIENTO”



FUENTE: World Fuel Ethanol Analysis and Outlook. Cristoph Berg, 2004.

Brasil

Según el documento “*PETROBRAS UNA EMPRESA DE ENERGIA*” el día 27 de Julio de 2007 en el I Seminario Taller de Biocombustibles en la ciudad de Bogotá, comenta que desde inicios de la década de los 30’s, en Brasil se utiliza la mezcla E5 de manera obligatoria, esta medida hizo que este país suramericano se convirtiera en el primero a nivel mundial en utilizar etanol mezclado con gasolina para implementar en automotores, además, de experimentar con otras materias primas como la yuca, en donde el uso del alcohol se realizo de una manera pura, de igual forma, el Instituto de Pesquisas Tecnológicas de Sao Paulo ITP (SP) en base a estudios realizados recomienda la utilización de etanol en un porcentaje de 10% y 90% gasolina, lo que se conoce hoy como la mezcla E10.

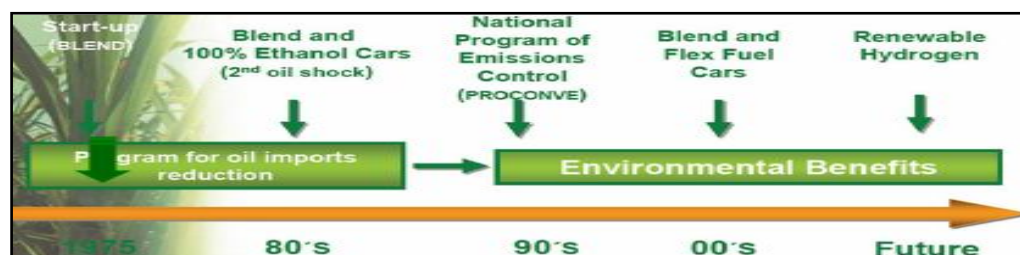
En los inicios de la década de los 40’s mas exactamente en los años de 1942 y 43 en los furores de la II Guerra Mundial, debido a la escasez de combustible se ve necesario el uso de alcohol más por necesidad que por experimentación.

En 1964 el gobierno Brasileño estimula la producción de etanol por medio de subsidios generados de la implementación de impuestos, lo que hace que en 1966 la legislación apruebe el uso del etanol en un porcentaje de 10% para mezclar con la gasolina, la adición del alcohol a la gasolina fue también una válvula de alivio o de escape para la superproducción de alcohol y la recesión en el mercado internacional de azúcar.

A raíz de estas circunstancias el gobierno constituyo en 1975 el programa PROALCOOL, que según el Ingeniero Jorge Lapeña del INSTITUTO ARGENTINO DE LA ENERGÍA en su presentación *“Los Biocombustibles como Alternativa Energética “Caña de Azúcar”*” ante el III Foro Nacional de Biocombustibles en la ciudad de Buenos Aires el 29 de Octubre de 2003, “es el mayor ejemplo mundial de utilización de alcohol combustible”, esta iniciativa nació debido a la crisis energética de 1973, como repuesta a la dependencia de los combustibles fósiles.

En los comienzos del plan el Gobierno apoyó la iniciativa a través de políticas públicas que incluyeron: subvenciones, fuertes regulaciones; apoyo financiero y controles en toda la cadena de producción y consumo para garantizar la competitividad de la producción de etanol, frente a la gasolina convencional y entre el alcohol y el azúcar para los productores. Bajo el programa PROALCOOL se construyeron destilerías autónomas principalmente en la región centro-sur. El programa también estimuló la construcción de destilerías anexas a los ingenios azucareros existentes en todo el país. (Ver imagen 115)

IMAGEN 115 “EVOLUCIÓN DEL PROGRAMA DE ETANOL EN BRASIL”



FUENTE: PETROBRÁS de colombia, “PETROBRAS UNA EMPRESA DE ENERGIA”; julio 27 de 2007.

Como consecuencia de la implementación del programa, la producción de alcohol en Brasil, que en el periodo de 1975-1976 fue de 600 mil de litros, paso en el periodo de 1979-1980 a 3.4 millones de litros y de 1986-1987 llego a 12.3 millones de litros.

Según un artículo publicado por el NEW YORK TIMES del 20 de Abril de 2006, a mediados de los años ochenta, más de tres cuartas partes de los 800.000 vehículos fabricados en Brasil anualmente podían funcionar con etanol procedente de caña de azúcar.

Pero cuando los precios del azúcar se dispararon en 1989, los propietarios de las fábricas dejaron de ofrecer caña para extraer alcohol, ya que preferían las divisas de los mercados internacionales.

A los automovilistas brasileños, se les tomo desprevenidos, al igual que a los fabricantes de coches que habían rediseñado su producción para crear vehículos impulsados por alcohol. (Ver imagen 116)

IMAGEN 116 "PRIMER CARRO QUE OPERO CON 100% DE ETANOL (FIAT-1979)"



FUENTE: PETROBRÁS De Colombia; "PETROBRAS UNA EMPRESA DE ENERGIA"; Julio 27 de 2007.

Durante los últimos tres años, el consumo de etanol en Brasil se ha visto muy acelerado por la introducción de los motores flexibles (Flexfuel), diseñados para funcionar con etanol, gasolina o una mezcla de ambos, (la gasolina que se vende

en Brasil contiene aproximadamente un 25% de alcohol, una práctica que ha precipitado el abandono de petróleo importado).

Funcionarios y ejecutivos brasileños afirman que el impuesto estadounidense de unos 14 centavos de dólar por litro, sobre las importaciones de etanol extraído de caña de azúcar ha inhibido la inversión extranjera, especialmente por parte de Estados Unidos, pero con el aumento vertiginoso de los precios del petróleo, los cuatro gigantes internacionales que controlan buena parte del sector agropecuario mundial -Archer Daniels Midland, Bunge and Born, Cargill y Louis Dreyfuss- empiezan a mostrar interés.

La desconfianza de los consumidores no se superó hasta 2003, cuando los fabricantes de coches, empezando por Volkswagen, presentaron el motor flexible en Brasil, estos motores liberan a los consumidores de cualquier posible escasez en el abastecimiento de etanol.

Actualmente, menos de tres años después de que se introdujera la tecnología, más del 70% de los automóviles que se venden en Brasil, que llegaron a 1.1 millones de unidades vendidas ese año (2006), poseen motores de este tipo, por lo general, han entrado en el mercado sin un incremento de precios.

Sin embargo, el auge del etanol también ha planteado problemas de difícil solución, por ejemplo, el aumento de la producción azucarera llega a expensas de los terrenos disponibles para cultivo, lo que ha generado la preocupación de que la explotación ganadera, pueda trasladarse a la zona amazónica, lo que provocaría más deforestación, situación que se debe controlar en el caso de que la industria de los biocombustibles, especialmente del etanol siga fluyendo de manera óptima.

Estados Unidos

El “boom” de los bicomcombustibles en el mundo ha provocado recientemente variaciones económicas que hacen pensar la viabilidad de esta naciente industria, según un artículo del diario económico PORTAFOLIO del 26 de Julio de 2007 titulado *“Fiebre del etanol se mantiene en auge”*, Estados Unidos tiene actualmente 110 plantas de etanol a base de Maíz y 73 en construcción en todo el país, que le dará un estatus de independiente del petróleo extranjero, de igual forma, para que ocurriera este acontecimiento necesitaría extensiones de tierra exorbitantes para el cultivo de esta materia prima, indispensable para suplir las necesidades energéticas del país, es decir, que dentro de diez años su producción anual debe ser de 35.000 millones de galones de etanol requeridas para realizar la mezcla E85, con la gasolina convencional en un porcentaje, 85% etanol y 15% gasolina, lo que obliga a los cultivadores a cosechar 36.42 millones de hectáreas más para cumplir con la meta establecida, además, como las cosechas de maíz requieren mucha energía, agua y fertilizante producen un efecto de encarecimiento de los alimentos. Los altos precios del maíz han hecho subir el costo de producción de la carne de res, la carne de pollo y miles de productos procesados.

Los precios de los alimentos han subido un promedio de 47 dólares por persona, debido al incremento en la producción de etanol desde julio del 2006, según un estudio de la universidad estatal de Iowa publicado en mayo de este año, los precios de los futuros de maíz llegaron a un máximo en 10 años de 4,28 dólares el bushel (un bushel equivale a 27,22 kilogramos).

El etanol les ha costado a los estadounidenses 14.000 millones de dólares por el encarecimiento de la comida. Estos incrementos también han encarecido los precios del azúcar, que subieron debido a la especulación de la demanda de la materia prima. Mientras tanto, el Gobierno Estadounidense todavía no determina

si el subsidio a la producción de etanol, 51 centavos por galón, está estimulando la fabricación del combustible eficazmente. Algo que los burócratas saben, es que al Departamento del Tesoro de Estados Unidos le costó 2.700 millones de dólares en el 2005 y posiblemente vienen más subsidios en camino.

La realidad del etanol todavía no se siente del todo en Wall Street. El índice de biocombustibles de ABN Amro cayo 3% en el 2006. Gulf Ethanol Corp., de Houston, que tiene un valor de mercado de unos 24.000 millones de dólares, ha subido 40 por ciento. Archer Daniels Midland Co., con sede en Decatur, estado de Illinois, ha avanzado 14 por ciento. Es el mayor procesador estadounidense de etanol.

Quienes apuestan de manera exclusiva al etanol sufrirán el mismo destino que los inversionistas, que se vieron afectados por la caída de la fibra óptica, el Internet y las compañías de ruteadores de fines de la década de 1990, concentrarán su riesgo cuando los precios se encuentren en su máximo nivel y saldrán afectados.

Centroamérica

Nicaragua

Es el único país Centroamericano que produce etanol, otros países como el Salvador y Costa Rica, que exportan el producto a Estados Unidos, lo hacen importando de Brasil alcohol hidratado.

En el 2007 la productora de etanol del GRUPO PELLAS exportó el primer embarque con 3 millones de litros de etanol a Europa y posteriormente realizó otro embarque de 5 millones de litros a la misma región, y en todo el año proyectaron exportar unos 20 millones de litros de etanol.

En Nicaragua, sin embargo, aún se ve lejos un proyecto para mezclar etanol en la gasolina, lo que permitiría utilizar el 10% del alcohol carburante, en el derivado del petróleo, y según el COMITÉ NACIONAL DE PRODUCTORES DE AZÚCAR (CNPA), permitiría ahorrar un 10% de la producción petrolera, lo que significa unos 30 millones de dólares .

Mientras tanto, la industria azucarera tiene su mira en Europa y Estados Unidos, donde existe una gran demanda de etanol, producto que goza de buen precio y podría sustituir parte de las exportaciones de azúcar, si este último rubro registra caídas en su precio.⁷⁴

La Empresa SUGAR ENERGY AND RUM del GRUPO PELLAS ya está levantando la nueva planta de etanol, que permitirá elevar la producción de este rubro en el Ingenio San Antonio e incrementar así las exportaciones.

La capacidad actual de etanol es de 16 millones de litros al año, mientras que la segunda planta producirá 45 millones de litros al año, con lo cual se podrán exportar 60 millones de litros de alcohol a Europa a partir del próximo año.

El GRUPO PELLAS invirtió US \$5 millones de en la planta de etanol que tiene operando actualmente. En la construcción de la segunda planta de etanol, en la cual ya se iniciaron obras, se invertirán unos 16 millones de dólares, se tiene previsto que la nueva planta entrará en operaciones en marzo del año 2008.⁷⁵

⁷⁴ ALVAREZ, Gustavo; Tres Ingenios Más Entrarán Al Negocio, Ampliarán Producción De Etanol De Caña De Azúcar; EL NUEVO DIARIO; Managua, Nicaragua; Jueves 16 de Agosto de 2007 - Edición 9701

⁷⁵ SKYSCRAPERCITY FORUMS, Nicaragua A La Vanguardia De Producción De Etanol En Centroamérica; Marzo 24 de 2007.

Cuba

La isla empieza a producir etanol gracias a la financiación que le otorgo el gobierno Brasileño de US \$20 millones, los cuales el 60% se destinaran a plantaciones de 300 a 400 mil toneladas de caña de azúcar, el resto se dedicara a la instalación de una destilería con capacidad para 100 mil litros diarios, junto a una planta ya existente, que permitiría la sustitución de un 6 por ciento de la gasolina usada.⁷⁶

Se espera elevar la producción de etanol a base de jugo de caña de azúcar a 450 millones de litros en 2011, con asistencia técnica y financiera extranjera, principalmente de Brasil y Venezuela. La producción actual asciende 100 millones de litros.

El anuncio del incremento de la producción cubana de etanol a partir de la caña de azúcar, se produce en momentos en que Cuba, critica severamente a los Estados Unidos por su nuevo programa energético, lo que considera un enorme derroche de cereales para producir combustible, a expensas de la disminución alimentaría de millones de personas en el mundo.

La producción de etanol en la Isla se destinará a la exportación. Cuba continuará dependiendo de la importación de petróleo y explotación de sus yacimientos, de grandes perspectivas, el programa de producción de etanol implica modernizar diez ingenios azucareros y construir ocho.

Graves problemas climáticos y organizativos de las últimas décadas obligaron a reducir la industria azucarera a menos de la mitad. En el 2006, por ejemplo, la

⁷⁶ AGENCIA REUTERS, Se Producirá Etanol En Cuba Con Fondos Brasileños, Octubre 3 de 2003.

producción de azúcar fue de 1, 2 millones de toneladas, comparando con la producción en 1990 que alcanzó la cifra de 8 millones de toneladas.⁷⁷

Colombia

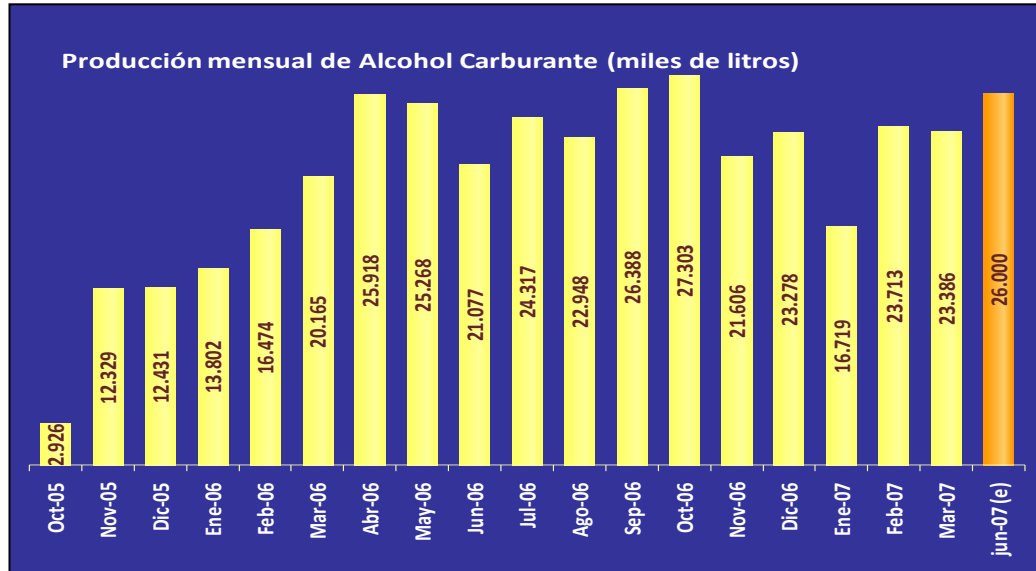
En el país, la industria del etanol interesó al gobierno y a las organizaciones privadas, principalmente los ingenios azucareros de INCAUCA y MANUELITA, casi al mismo tiempo entraron también PROVIDENCIA, MAYAGÜEZ y RISARALDA, que con una inversión de US \$130 millones iniciaron labores en las primeras destilerías.⁷⁸

Hoy en día, las cifras aumentan, a 1'050 mil litros de etanol diarios y 6 plantas en total de producción con un extensión de tierra de 180.000 Ha de caña de azúcar, las proyecciones hacia el año 2020 son de 15'400 mil litros diarios de etanol, 55 plantas de producción para una mezcla del 25% en volumen en la gasolina mezcla E25, un área de cultivos de cerca de 1 millo de Ha entre caña de azúcar y panelera, y se espera tener un excedente aproximado del 68% de la producción total diaria para exportar cerca de 10'550 mil litros. Hoy en día la producción es de un promedio mensual de más de 23 millones de litros a Marzo de 2007 y un esperado de 26 millones de litros a Junio del mismo año, según datos de ASOCAÑA. (Ver gráfica 22)

⁷⁷ COSANO Reinaldo; Paradojas De La Producción Cubana De Etanol; Movimiento sindical independiente de Cuba; Abril 13 de 2007.

⁷⁸ SKYSCRAPERCITY FORUMS; 'Lluvia' De Inversión En El Valle; Abril 19 de 2007; <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=465006>

GRAFICA 22 "PRODUCCIÓN MENSUAL DE ALCOHOL CARBURANTE (ETANOL) EN COLOMBIA"



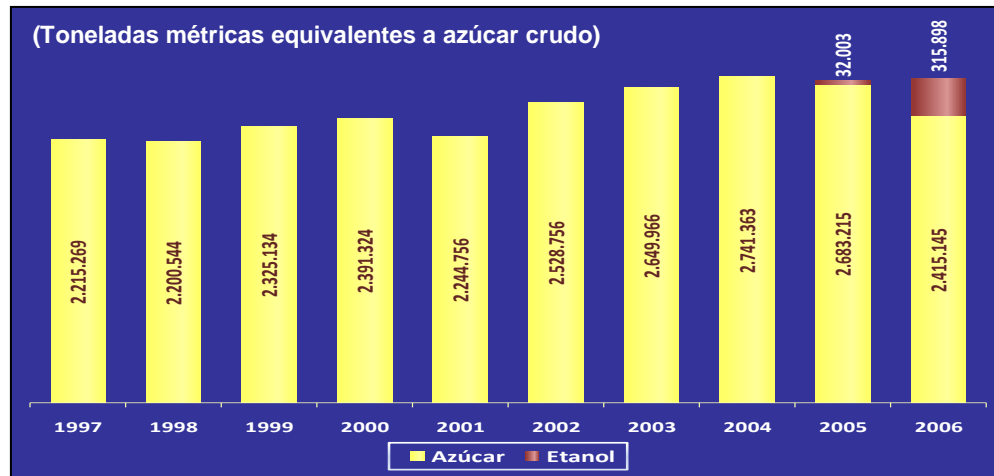
FUENTE: ASOCAÑA, Informa anual del sector azucarero Colombiano, Mayo de 2007

En la búsqueda de este objetivo, en el Presupuesto Nacional del 2007, se incluyó una partida de US \$30 millones para crear un fondo de capital de riesgo que promueva la construcción de plantas en zonas que tienen bajo atractivo para los inversionistas privados y la ampliación de cultivos aclara Julio César Vera, director de hidrocarburos del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, también anunció que el gobierno creará zonas francas especiales para la producción de biocombustibles, que se dirijan a los mercados externos.

Materias Primas

Con respecto a las materias primas, La Caña Azucarera (*Saccharum officinarum*) es por ahora la principal fuente de abastecimiento, debido a que los primeros en iniciar fueron los ingenios azucareros. De esta forma los ingenios diversificaron su campo de acción, y crearon un desarrollo económico importante con la producción de etanol (Ver imagen 23).

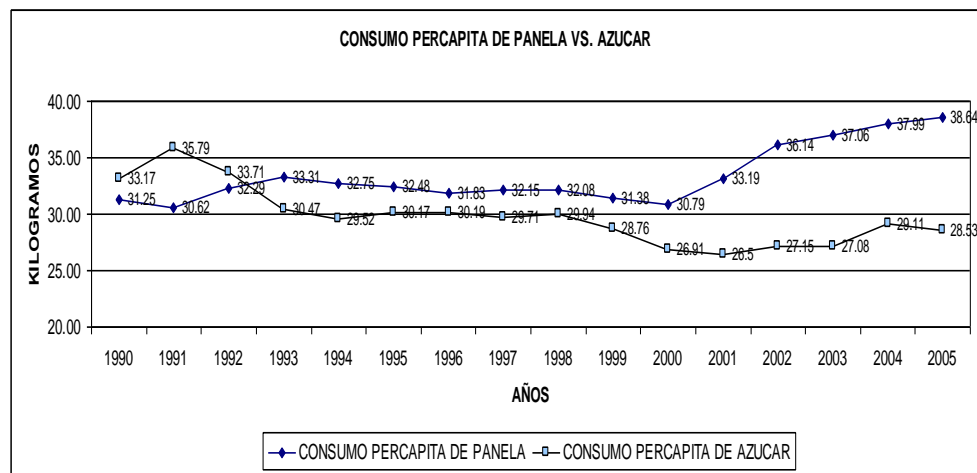
GRAFICA 23 “PRODUCCIÓN DE AZÚCAR Y ETANOL”



FUENTE: ASOCAÑA, Informa anual del sector azucarero Colombiano, Mayo de 2007

Sin embargo, uno de los sectores que también dependen de la caña y su comportamiento en el mercado es el de la panela. Se estima que Colombia es el primer consumidor per-cápita con 38.6 kilos, para el 2007 en lo corrido hasta mayo ha bajado a 30 kilos aproximadamente, se estima que el consumo per cápita de la panela aumente, mientras el del azúcar se reduzca, manteniendo una sumatoria de ambos productos relativamente constante. Este comportamiento se genera por la reducción en el precio de la panela. (Ver gráfica 24)

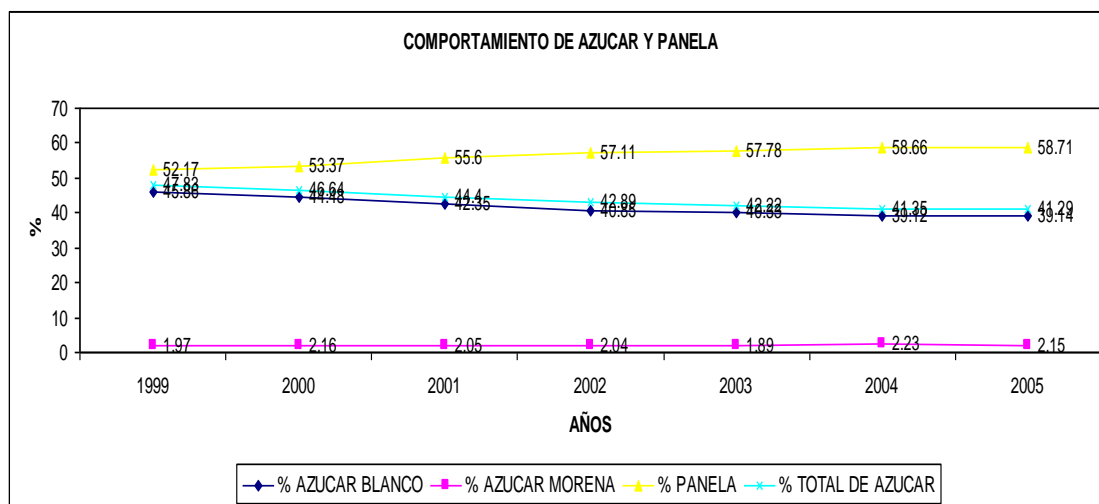
GRAFICA 24 “COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO PER CÁPITA DE LA PANELA Y EL AZÚCAR”



FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, El Sector Panelero Colombiano, Junio de 2006.

Lo expuesto se confirma con el mercado interno de la panela, que ha ganado participación frente al del azúcar, al pasar de un 52.17% en el 2000 a 58.71% en 2004, mientras que el azúcar bajó su participación del 47.55% al 43.35%, en el mismo periodo. (Ver gráfica 25)

GRAFICA 25 “COMPORTAMIENTO EN EL MERCADO DEL AZÚCAR Y LA PANELA”



FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, El Sector Panelero Colombiano, Junio de 2006.

La panela es un edulcorante de bajo costo, con aportes importantes de minerales y trazas de vitaminas. Algunos estudios indican que el consumo de panela alcanza el 2.18% (en algunas zonas hasta el 9%) del gasto en alimentos en los sectores de bajos ingresos.

La entrada en vigencia del programa de producción y uso de etanol, ha permitido que los precios de la panela muestran un aumento del 1.46% entre el 2002 y el 2006, al pasar de un promedio de \$960/kilo a \$974/kilo. El panorama de precios fue levemente positivo por la producción de etanol y la tendencia al alza de los precios del azúcar con la retirada del mercado 536.301 toneladas de azúcar en el 2006, de igual forma para el 2007 se visualizan proyecciones al alza en los precios de la panela. (Ver tabla 26)

TABLA 26 “PRECIOS ANUALES DE PANELA POR KILO 2002 – 2007”

DEPARTAMENTO	2002	2003	2004	2005	2006	2007*
ANTIOQUIA	956	814	641	632	916	1,274
BOYACÁ	1,003	754	586	555	932	1,540
CALDAS	825	765	686	695	1,035	1458
CAQUETÁ					1,114	1650
CAUCA			623	655	907	1,391
CUNDINAMARCA	983	726	551	543	841	1,450
HUILA			604	609	890	1,375
NARIÑO	782	677	573	598	891	1,371
NORTE DE SANTANDER					1,180	1,525
RISARALDA	1,126	975	748	768	1,042	1392
SANTANDER	1,002	748	580	561	910	1,450
TOLIMA	949	792	647	674	931	1,450
VALLE	1,013	1040	947	835	1,075	1,391
PROMEDIOS	960	810	653	648	974	1440

FUENTE: www.fedepanela.org.co

De acuerdo al MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL en el documento “*El Sector Panelero Colombiano*”, los factores que pueden influir en una posible depresión de los precios, se encuentran, en la presencia del derretimiento de azúcar, el incremento de áreas sembradas en caña y las mejoras tecnológicas en cultivo y en proceso. En algunas zonas como la Hoya del Río Suárez, Nariño, Caldas y Cundinamarca, evidencian un aumento cercano a 28.000 hectáreas durante el periodo 2001 a 2005, en razón a las alzas de precios en el año 2002 y del montaje de plantas destiladoras de alcohol, que llevaron al ingreso

de nuevos municipios no tradicionales como Putumayo, Caquetá, Huila y Cauca a la producción de panela.

Este producto no ha logrado poner sus excedentes en los mercados internacionales, para atenderlo, se requiere de una estrategia definida de posicionamiento del producto sustentada en la calidad, precio, presentación y oportunidad de entrega. De otra parte, el mercado de la panela se desarrolla a través de un sin número de intermediarios, lo que genera una gran dispersión, ineficiencia y costos adicionales de transacción a favor de los mayoristas, que abastecen los mercados urbanos en detrimento del productor.

La producción de alcohol carburante en el país tiene una gran importancia, no solo por su impacto en la reducción de las emisiones contaminantes en la atmósfera y en la generación de fuentes alternas de combustibles ante futuros desabastecimientos de petróleo, además, por su potencial de generación de empleo en las zonas rurales y en la estabilización de los precios del azúcar. (Ver tabla 27)

TABLA 27 "BENEFICIO EN EMPLEO AGRÍCOLA"

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (gal/ha/año)	Empleos Agric.+ind/ha/año
Caña de azúcar	9.000	2.378	0.18
Yuca	4.500	1.189	0.60
Remolacha	5.000	1.321	0.65
Sorgo dulce	4.400	1.162	0.20
Maíz	3.200	845	0.41

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Julio de 2007.

Así mismo, la producción de etanol ayuda a la estabilización del negocio panelero, agobiado por los cambios de los precios, el aumento de la productividad en las zonas paneleras, con la introducción de nuevas variedades de caña azucarera y sistemas de molienda, permitirán que la producción tanto de panela como de alcohol, marchen en paralelo, de esa manera, los campesinos paneleros se podrán asociar con una industria complementaria que les aporte recursos para mejorar sus ingresos y mantenga el precio de la panela en niveles de competencia, sin las fluctuaciones actuales.

La primera refinería de alcohol ubicada en zona panelera se encuentra en la Hoya del Río Suárez, donde confluyen los municipios del sur de Santander (Puente Nacional, Barbosa y Güepsa) y del norte de Boyacá (Moniquira, Togüi, San José de Pare, Chitaraque y Santana), región dedicada en buena parte al cultivo de la caña panelera, cuyo producto se dedica en un 100% a la panela. La producción estimada de esta nueva planta se calcula en 150 mil litros diarios de etanol.

De acuerdo al GRUPO PETROTESTING COLOMBIA, la explotación de la Yuca (Manihot esculenta Crantz), se va a realizar basados en resultados de investigaciones realizadas por CIAT, CORPOICA y CLAYUCA en cuanto a el numero de cosechas al año, rendimiento de cultivo por hectárea y técnicas de cultivo. (Ver tabla 28)

TABLA 28 "RENDIMIENTO YUCA VS. OTROS CULTIVOS"

TIPO DE CULTIVO	CULTIVO (Ton/Ha)	ALCOHOL (Lts/Ton)	RENDIMIENTO (Lts/Ha)
Caña (Colombia)	120	75	9000
Caña (Brasil)	85	82	7080
Caña (Ecuador)	75	75	5625
Yuca (Escenario Esperado)	45	200	9000
Yuca (Escenario	40	200	8000

Medio)			
Yuca (Escenario Conservador)	30	200	6000
Remolacha	100	100	10000
Maíz	10	400	4000
Sorgo Dulce	40	55	2200

FUENTE: PETROTESTING; www.petrotesting.com.

También, por ser el cuarto producto básico mas importante después del arroz, el trigo y el maíz en lo que su influencia en la canasta familiar no es muy marcada, con una producción anual en el mundo de 172.7 millones de toneladas en el año 2000, ventas superiores a los US \$8.800 millones, tolerancia a sequía, capacidad alta de producción en suelos degradados, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a suelos ácidos (predominantes en la mayoría de las sabanas tropicales del mundo), así como la flexibilidad en el momento de la plantación y cosecha, hacen de este cultivo una excelente opción para la producción de alcohol carburante.

Además, la organización realizo una evaluación económica en tres escenarios de productividad:

- A. Escenario conservador-30 Ton/Ha.
- B. Escenario Medio-35 Ton/Ha.
- C. Escenario Esperado-40 Ton/Ha.

Arrojando cifras que deben ser tomadas muy en cuenta como alternativa distinta a la caña azucarera, panelera y otras materias primas: (Ver tabla 29)

TABLA 29 "EVALUACIÓN ECONÓMICA CON TRES ESCENARIOS DE PRODUCTIVIDAD"

	30 Ton/Ha		35 Ton/Ha		40 Ton/Ha	
	MMUS\$	US\$/gl	MMUS\$	US\$/gl	MMUS\$	US\$/gl
INGRESOS	4,2	2,43	4,2	2,43	4,2	2,43

BRUTOS						
COSTOS DE PRODUCCION	3,6	2,08	3,4	1,93	3,2	1,81
FLUJO DE CAJA OPERACIONAL	0,6	0,35	19,7	0,50	20,5	0,62
INVERSION	10,0		10,0		10,0	
TIR	11,2%		12,3%		13,2%	

FUENTE: PETROTESTING; www.petrotesting.com.

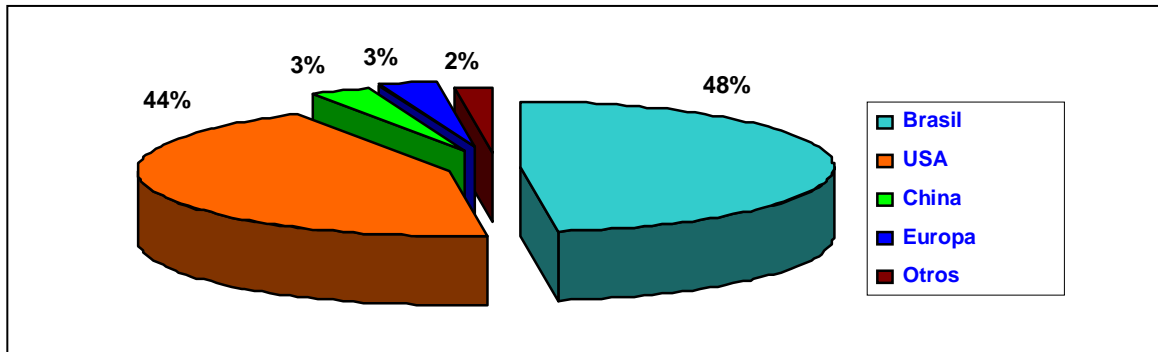
En cuanto a la Remolacha Azucarera (Beta Vulgaris L), la organización MAQUILAGRO seleccionó 8.000 hectáreas para cultivar con productores de 10 municipios localizado, en promedio, a 50 kilómetros de la planta agroindustrial que se está instalando tuta Boyacá.

La planta, que entrará en operaciones en el segundo semestre de 2008 y que según Fedebiocombustibles con una inversión que podría llegar a los US \$40 millones, procesará 7.000 toneladas diarias de remolacha para producir 300.000 litros diarios de alcohol carburante. Con los desechos de la remolacha producirán alimentos y concentrados para animales. Inicialmente, la empresa pagará a los productores \$150.000 por tonelada.⁷⁹

⁷⁹ ETB; Las Pymes de los Biocombustibles; Marzo 9 de 2007, www.pymesetb.com/detalle_noticia.asp?id_not=4166

El Mercado

GRAFICA 26 "MERCADO MUNDIAL DE ETANOL (2005)"



FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias;
www.geagroup.com

El mercado de Estados Unidos es particularmente atractivo. Si bien la fuerza política detrás de los cambios legales es el deseo de beneficiar a los productores internos de maíz, es previsible una creciente demanda de importaciones (se han más que duplicado desde 2002). Brasil y Centroamérica son las principales fuentes de etanol para Estados Unidos.

Además, el precio es favorable. De acuerdo con ASOCAÑA, entre noviembre de 2005 y abril de 2006, el precio del biocombustible en Colombia fue de US\$1.74 por galón, mientras que en Estados Unidos fue de US\$2.28, 30% superior, las ventajas de las exportaciones hacia ese país son evidentes.

En el TLC con Estados Unidos quedó establecido, que las exportaciones de bioetanol y biodiesel a ese país gozarán de un régimen libre de aranceles y de otras limitaciones, en el documento *"El Agro Colombiano Frente al T.L.C. con los Estados Unidos"* del MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, especifica:

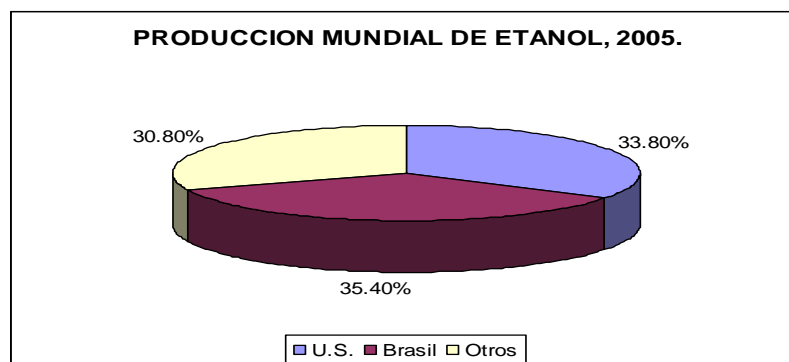
- BIOETANOL: Eliminación del arancel y de los impuestos adicionales para los alcoholes etílicos o mezclas que los contengan, y que se destinen a uso como combustible, o para producir mezclas con gasolina a fin de ser usadas como combustible, así como para los licores hechos a base de alcoholes etílicos obtenidos de fuentes de biomasa, como los rones elaborados a base de caña.

- BIODIESEL: Similar al caso del bioetanol, libre acceso para diesel de origen de biomasa o para mezclas que lo contengan, con destino a uso como combustible, o para producir mezclas con diesel de origen fósil a fin de ser usadas como combustible.

Esto pone a Colombia en ventaja frente a otros proveedores como Brasil, Sudáfrica y los países de Centroamérica. Estos últimos se rigen por estrictas reglas de origen para garantizar que el etanol sea producido localmente y están sujetos a cuotas que condicionan su participación.

Si en el futuro los productores locales perciben las importaciones de etanol como una amenaza, sin duda ese país introduciría restricciones a las compras externas. Por otra parte, la competencia entre productores se multiplicará. Desde el inicio de 2006, y durante todo el año, se realizó la apertura de 39 nuevas plantas de producción de etanol en ese país. (Ver gráfica 27)

GRAFICA 27 "PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE ETANOL EN EL 2005"

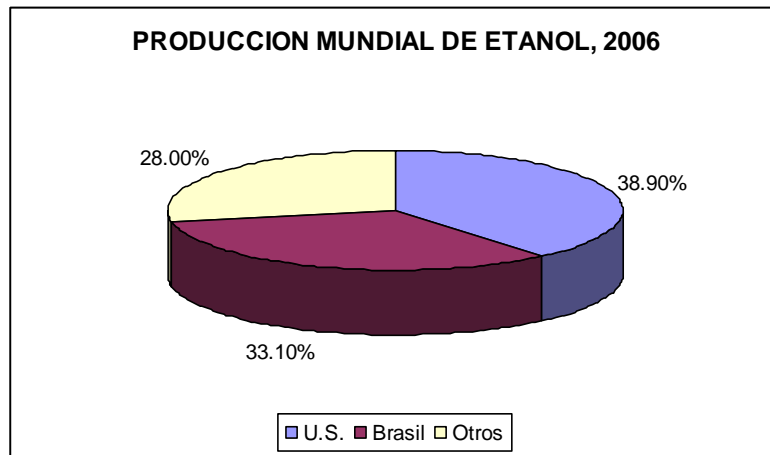


FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias,
www.geagroup.com

Para el 2005, entre ambas naciones producían casi el 70% del mercado mundial, con Brasil a la vanguardia seguido de Estados Unidos.

En 2006 a pesar de mantenerse estos dos países como los grandes productores, con una producción de más del 70%, las cifras cambian, Estados Unidos se convierte en el país que más produce etanol en el mundo, seguido de Brasil. (Ver gráfica 28)

GRAFICA 28 "PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE ETANOL EN EL 2006"



FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias,
www.geagroup.com

Frente al inminente crecimiento de la producción y el mercado, un riesgo importante en el mediano y largo plazo a tener en cuenta es el cambio tecnológico, el presidente Bush, ha tomado la decisión política de buscar formas de producir etanol más barato dentro de Estados Unidos. La producción a partir de celulosa, que podría tomar como materia prima los desechos de la producción agrícola, es una alternativa privilegiada. El presupuesto de soporte a la industria para la investigación en este campo se duplicó en el 2005 y el departamento de energía ha planteado a la empresa privada una competencia por su apoyo para construir las primeras tres plantas industriales de producción de etanol a partir de celulosa.

Según THE WALL STREET JOURNAL, cerca de 30 empresas participan en el proceso. Una de ellas, IOGEN, tiene ya una planta piloto que podría producir a US\$1.35 por litro, y espera reducir pronto ese costo a US\$1 por litro. Detrás de las iniciativas de producción de celulosa hay nombres tan poderosos como GOLDMAN SACHS, ARCHER DANIELS MIDLAND, DUPONT y SHELL.

El Precio

Etanol: El precio del galón de etanol está regulado por el Ministerio de Minas y Energía (Resolución No. 180222 del 27 de febrero de 2006)

El precio del galón de etanol es el máximo entre:

1. Precio piso fijado por Ministerio de Minas en \$4.040 (USD 2.10) por galón ó,
2. $P^{*az} \times (FC1/FC2) \times TRM$

Donde:

- P^{*az} = precio internacional del azúcar blanco (US/ton)
- FC1= factor de conversión de galones a litros (3.785).
- FC2= Es el factor de rendimiento entre alcohol y azúcar, expresado en litros equivalentes de alcohol por tonelada de azúcar (584).

Se definió una banda de precios que toma el mayor valor entre el precio de estabilidad de \$4.040,19 pesos por galón para el Alcohol Carburante (que es equivalente aproximadamente a US\$2.11 dólares por galón) y un precio que reconoce los costos de oportunidad de las materias primas que se utilizan en la producción del alcohol PPE (Precio Paridad de Exportación del azúcar blanco refinado). Lo que nos da un estimativo en el precio de \$4.452,64 pesos por galón a Julio de 2007 (US\$2,32 dólares por galón). (Ver tabla 30)

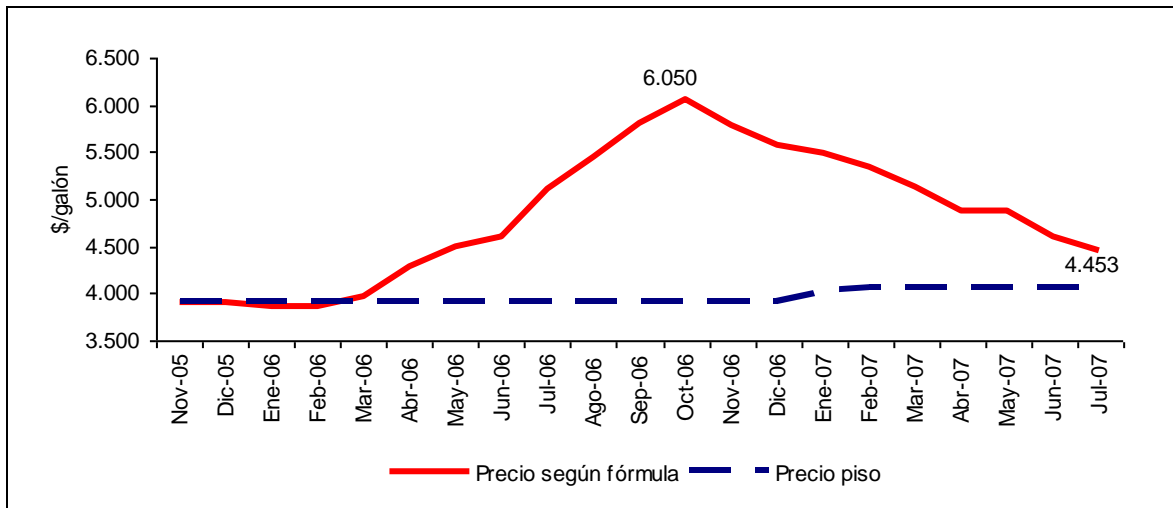
TABLA 30 "CALCULO DEL PRECIO DEL GALÓN DE ETANOL"

1 Precio internacional del azúcar (USD/ton)	402
2 Gastos de exportación (USD/ton)	54
(3 = 1 - 2) Precio internacional menos gastos de exportación (USD/ton)	349
4 Factor de rendimiento entre alcohol y azúcar (l/t)	584
(5 = 3/4) Precio litro de etanol (USD/l)	0.60
6 Factor de conversión de litros a galón (l/g)	3.79
(7 = 5*6) Precio galón de etanol (USD/g)	2.26
8 TRM (\$/USD)	1,970.00
(9 = 7*8) Precio del galón de etanol (\$/g)	4,453

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Agosto de 2007.

Debido al mercado especulativo, desde el inicio del uso del etanol como oxigenante de la gasolina corriente, el precio de este ha variado considerablemente hasta llegar a un tope en donde es factible al consumidor y viable al productor. (Ver gráfica 29)

GRAFICA 29 "EVOLUCIÓN DEL PRECIO DE ETANOL"



FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Agosto de 2007.

Gasolina Motor Corriente Oxigenada: El precio se estableció en la Resolución 181088 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA en su estructura de la siguiente forma:

La estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada que regirá a partir del 1º de noviembre del año 2005, está integrada por los siguientes componentes: el Ingreso al Productor, el Precio Máximo al Distribuidor Mayorista y el Precio Máximo de Venta al Distribuidor Minorista.

- El Ingreso Al Productor De La Gasolina Motor Corriente Oxigenada, IPGCO (t), expresado en pesos por galón, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$IPGCO(t) = Ip(t) * 0.9 + IpAC*0.1$$

Donde:

- **IP (t):** Es el Ingreso al Productor de la gasolina motor corriente.
- **IPAC(t):** Es el Ingreso al Productor del Alcohol Carburante por la ventas de dicho producto a condiciones estándar, es decir corregido a 60 °F de temperatura, que para Febrero de 2006 el Ministerio expidió un nuevo documento, la Resolución 180222 en donde el valor máximo del Ingreso al

Productor del Alcohol Carburante (IPAC) se establece entre \$3,911.58 / Galón a partir del 1º de Enero de 2007 y el promedio móvil de los últimos seis (6) meses de la paridad exportación del azúcar blanco refinado, correspondiente al Contrato No. 5 de la Bolsa de Londres, a su equivalente de alcohol carburante en pesos por galón según la siguiente fórmula:

$$\mathbf{EqAC(t) = [(AzLN(t) - GE) * FC1 * FC2 / FC3] * TRM}$$

Donde:

* **EqAC(t)**: Es el valor equivalente del alcohol carburante, expresado en pesos por galón, para el periodo t.

* **AzLN(t)**: Es el promedio móvil de las cotizaciones de cierre de la posición más cercana del azúcar blanco refinado, correspondiente al Contrato No. 5 de la Bolsa de Londres para los últimos seis (6) meses, publicadas en Reuters, Bloomberg o Futures Source, expresadas en centavos de dólar por libra (US\$c / lb). Para el último mes del periodo corresponde al promedio de los primeros veinticinco (25) días del mismo.

* **GE**: Son los gastos de exportación promedio del azúcar refinado. Este valor se fija en dos punto cuarenta y tres (2.43) centavos de dólar por libra (US\$c / lb), de acuerdo con el promedio de los gastos de exportación del azúcar refinado para el año 2005 calculado por el Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar (FEPA).

* **FC1**: Es el factor de conversión de centavos de dólar por libra a dólares por tonelada, el cual es de veintidós punto cero cuarenta y seis (22.046).

* **FC2**: Es el factor de conversión de galones a litros, el cual es de tres punto setecientos ochenta y cinco (3.785).

* **FC3**: Es el factor de rendimiento entre alcohol y azúcar, expresado en litros equivalentes de alcohol por tonelada de azúcar, el cual es de quinientos ochenta y cuatro (584).

* **TRM**: Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior al período t.

* **t**: Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

El valor IPAC (t) será igualmente el que se tenga como referencia para el cálculo del precio de la gasolina motor extra oxigenada.

El Valor de GE podrá ser modificado en cualquier momento por el Ministerio de Minas y Energía, cuando considere que existe justificación técnica y económica para dicho cambio.

- **El Precio Máximo De Venta Al Distribuidor Mayorista**, expresado en pesos por galón para el período t, por las ventas de Gasolina Motor Corriente Oxigenada, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PMIGCO(t) = IP(t) GCO + PI + PG + Tt + Tma}$$

Donde:

PMIGCO(t): Será el Precio Máximo de Venta al Distribuidor Mayorista para el período t.

IPGCO(t): Será el Ingreso al Productor de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada.

PI: Será el valor correspondiente al pago del Impuesto sobre las Ventas, expresado en pesos por galón, establecido de acuerdo con la tarifa y base gravable señalada en el Estatuto Tributario vigente.

Este impuesto se aplicará a la porción de Gasolina Motor Corriente (Ip (t) * 0.9).

PG: Será el valor correspondiente al pago del Impuesto Global a la Gasolina Motor Corriente.

Este impuesto se aplicará sólo a la porción de Gasolina Motor Corriente (Ip (t) * 0.9).

Tma: Será el valor correspondiente a la tarifa de marcación de los combustibles que se reconoce a favor de ECOPEPETROL S.A., el cual se fija en tres punto cinco (\$3.5) pesos por galón.

Tt: Será el valor correspondiente al pago de la tarifa de transporte a través del sistema de poliductos.

Para el caso del transporte del alcohol carburante a través del sistema de poliductos del país se deberá tener en cuenta lo consagrado en el Artículo 13 de la Resolución 18 0687 de 2003.

Para el transporte de alcohol carburante entre las plantas destiladoras de dicho producto, ubicadas en el sur occidente del país y el eje cafetero, y las Plantas de abastecimiento mayorista en las cuales se realizará la mezcla, fíjense los siguientes fletes: (Ver tabla 31)

TABLA 31 "PRECIOS DE FLETES PARA EL ALCOHOL"

DESTINO	FLETE MÁXIMO DE ALCOHOL (\$ / GALÓN)
Bogotá	337
Mansilla	349
Yumbo/Mulalo	60
Medellín	295
Rionegro	325
Cartago	170
Pereira	179
Buga	53
Manizales	188
Buenaventura	125

En la medida que entren en producción plantas destiladoras de alcohol carburante en nuevas zonas del país, el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA regulará el flete de transporte entre éstas y las plantas de abastecimiento mayorista en las cuales se realizará la mezcla. De igual forma, regulará los fletes a nuevas zonas en las cuales existan plantas de abastecimiento en las que se vaya a realizar mezclas.

El Valor de los fletes de transporte de alcohol carburante será reajustado cada 1º de enero, con base en el Índice de precios al consumidor del año inmediatamente anterior.

- **El precio máximo de venta en planta de abasto mayorista**, es el precio máximo de venta para un período t, expresado en pesos por galón, que cobrará el distribuidor mayorista al distribuidor minorista por las ventas de gasolina motor corriente oxigenada en planta de abastecimiento mayorista, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PMAGCO(t) = PMIGCO(t) + MD + PS}$$

Donde:

PMAGCO (t): Será el precio máximo de venta en planta de abastecimiento mayorista.

PMIGCO (t): Será el precio máximo de venta al distribuidor mayorista.

PS: Será el valor correspondiente al pago de la sobretasa a la gasolina motor corriente.

Este impuesto se aplicará solo a la porción de gasolina motor corriente ($I_p(t) * 0.9$).

MD: Será el margen del distribuidor mayorista, expresado en pesos por galón, que se fija en el mismo valor de la gasolina motor corriente.

Se especifica detalladamente en la Resolución 18 1086 de Agosto 31 de 2006 del MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA, que muestra el cuadro de la estructura que abarca este valor: (Ver tabla 32)

TABLA 32 "ESTRUCTURA DE PRECIOS PARA LA GASOLINA CORRIENTE OXIGENADA"

COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE PRECIO	GASOLINA MOTOR CORRIENTE OXIGENADA (Pesos por Galón)
1. Proporción - Ingreso al Productor de la Gasolina Motor Corriente (90%)	2,639.04
2. Proporción - Ingreso al Productor del Alcohol Carburante (10%)	580.26
3. Ingreso al productor de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada	3,219.30
4. IVA	422.25
5. Impuesto Global	586.77
6. Tarifa de Marcación	5.10
7. Proporción - Tarifa de Transporte por poliductos de la Gasolina Motor Corriente (90%)	(*)
8. Proporción - Tarifa de Transporte del Alcohol Carburante (10%)	(**)
9. Precio Máximo de Venta al Distribuidor Mayorista	(***)
10. Sobretasa	1,019.79
11. Margen al distribuidor mayorista	(****)
12. Precio Máximo en Planta de Abastecimiento	(***)

Mayorista	
13. Margen del distribuidor minorista	(****)
14. Pérdida por evaporación	(*****)
15. Transporte de la planta de abastecimiento mayorista a estación.	(***)
16. Precio Máximo de Venta por galón Incluida la Sobretasa.	(***)

* Se calculará en cada sitio de entrega como el 90% del costo máximo de transporte de la gasolina motor corriente a través del sistema de poliductos, definido en la Resolución 18 0088 del 30 de enero de 2003, modificada por las resoluciones 18 1701 y 18 0230, del 22 de diciembre de 2003 y 27 de febrero de 2006, respectivamente.

** Se calculará como el 10% del costo máximo de transporte de alcohol carburante entre las plantas destiladoras de dicho producto, ubicadas en el sur occidente del país y el eje cafetero, y las plantas de abastecimiento mayorista en las cuales se realizará la mezcla, definido en el Artículo 3º de la Resolución 18 1088 del 23 de agosto de 2005.

*** Se calcularán en cada sitio de entrega habilitado dependiendo de las tarifas de transporte por poliductos y de alcohol que le corresponda, así como del margen al distribuidor mayorista y del transporte entre la planta de abastecimiento mayorista y la estación de servicio, según sea el caso.

**** Se calcularán de conformidad con lo señalado en los artículos 1º y 2º de la Resolución 18 1549 del 29 de noviembre de 2004, según corresponda.

***** Se calculará de acuerdo con lo establecido en el Artículo 6º de la Resolución 18 1088 del 23 de agosto de 2005.

Los Proyectos

Ante este entorno, empresarios colombianos están desarrollando grandes proyectos dirigidos a la producción de etanol. Es relevante anotar que estas iniciativas no solamente están en cabeza de los ingenios azucareros tradicionales. Si estos proyectos salen adelante, la producción de etanol en Colombia se multiplicará a la vuelta de pocos años y el país estará dirigiendo una parte sustancial de esta producción hacia los mercados internacionales.

Se trata de la construcción de tres plantas en Bolívar, Sucre y Córdoba, que producirán 300.000 litros de alcohol diarios cada una, de los cuales 750.000 ya están vendidos a la firma sueca SVENSK ETANOL KEMI AB, SEKAB, una de las más grandes comercializadoras de etanol de Europa, durante los próximos 10 años. Gracias a esta promesa de compra se logró que la banca de inversión DEUTSCHE BANK financiara la operación.

Hernández logró consolidar con socios nacionales y extranjeros un holding estratégico para esta empresa, que demandará inversiones por US \$250 millones en los próximos 36 meses. Entre ellas está SEKAB, que finalmente terminó convirtiéndose en socia, UNISYSTEM de Brasil, experta en la tecnología de extracción del jugo de caña, una firma de alta tecnología que fabrica plantas procesadoras de etanol (de España), otra experta en el desarrollo de grandes cultivos de caña de azúcar (de Filipinas) y con experiencia en la operación y mantenimiento de plantas industriales (de Escocia). Mediante el sistema de arriendo a largo plazo, ya se comprometieron 11.000 hectáreas en Bolívar y 6.000 en Córdoba. En total se requerirán de 45.000 hectáreas que generarán unos 11.000 empleos entre directos e indirectos.

Por Colombia se unieron al proyecto el GRUPO DE INVERSIONISTAS DE COLOMBIA, que lidera Juan Manuel Giraldo, e INGENIERÍA ZAR, entre otros. La idea es que en Octubre de 2008 se estén entregando los primeros 300.000 litros

diarios, para llegar a 600.000 en abril de 2009 y a una mezcla de 750.000 para el mercado externo y 150.000 para el local en Octubre de ese mismo año.

Un proyecto altamente innovador es promovido por MAQUILAGRO, empresa que lidera Ariel Pinzón Pomar, un ingeniero industrial que trabajó durante 22 años en BAVARIA. Mientras estaba en Shangai, en 1998, se dio cuenta de las posibilidades del etanol. Después de una amplia investigación, llegó a la conclusión de que lo más conveniente es producir a partir de remolacha azucarera tropical.

Desde el año 2001 lleva a cabo siembras de prueba en Boyacá y la Costa, Pinzón también logró reunir a un grupo de inversionistas colombianos en el holding MAQUILTEC S.A., cuya meta es construir 6 plantas productoras de alcohol carburante a base de remolacha, cuyo costo individual es de US \$40 millones y que según datos del Ministerio de Agricultura produciría 300.000 litros de etanol al día a partir del primer semestre del 2008.

Otro de los pioneros en este negocio es el Ingeniero Luís Ricardo Roa. Fue el primero en iniciar el proceso de construcción de una planta de alcohol carburante en la hoya del Río Suárez, en los límites de Boyacá y Santander con una inversión de US \$49 millones de dólares. En el año 2000 creó Alcoholes de Colombia (ALCOL S.A.), para producir en el municipio de Guepsa, Santander, en cuyos alrededores hay unas 45.000 hectáreas de caña panelera. La idea es que la planta inicial, de 150.000 litros diarios en el primer trimestre de 2007.

En la primera etapa de producción se comprometerán US \$34 millones, estos recursos se destinarán a la compra de caña, las obras civiles y el montaje de la maquinaria. Otros US \$15 millones los invertirá ALCOL S.A. en la segunda etapa, que consiste en la ampliación de la planta para llegar a una producción de 300 mil litros de etanol al día.

La firma Goldman & Broadstreet, también se muestra interesada en invertir, ya que está cerca de asegurar los recursos que le permita a finales de este año comenzar la construcción de una planta de producción con una inversión estimada en US \$21 millones de dólares.

De igual manera, se contempla inversiones en infraestructura vial por parte de los entes gubernamentales del orden de US \$5 millones y una inversión en adecuación de cultivos de US \$3 millones. El Departamento de Santander, mejorará las vías y construirá un puente sobre el río Suárez, entre San Benito y Suaita, para disminuir los costos del transporte de la caña de azúcar.⁸⁰

También en los Llanos, el GRUPO PETROTESTING DE COLOMBIA (GPC) está llevando a cabo un programa piloto para producir etanol a base de yuca, con una inversión de US \$10'000.000, la idea es producir 20.000 litros diarios a partir del 2 de Septiembre de 2007, generando 150 empleos directos. Lo que viene para los próximos años es la construcción de 3 plantas productoras de etanol en la región norte del país, con una inversión de US \$64'500 millones y una producción de 350.000 litros diarios, es decir, 1'050.000 litros diarios de etanol en total, con una extensión de tierra cultivada de aproximadamente 63.000 Ha Yuca/año, generando alrededor de 8.000 empleos directos.⁸¹

Según la FEDERACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES, en otras regiones del país como Antioquia, la Costa y Tolima, hay en remojó nuevos proyectos para construir plantas procesadoras de alcohol carburante y no se descarta que en el Valle los ingenios construyan otras dos.

⁸⁰ BUSTOS URIBE, M.A. (2006), "Alcohol carburante: impacto *socio-económico en la región de la Hoya del Río Suárez en Observatorio de la Economía Latinoamericana, número 57. Texto completo en www.eumed.net/cursecon/ecolat/la/

⁸¹ MARTINEZ, Claudia; Alcohol carburante a partir de la yuca; GRUPO PETROTESTING COLOMBIA, Abril 19 de 2007.

Colombia tiene excelentes condiciones para convertirse en uno de los jugadores importantes en el mundo en etanol. Si esta es la decisión, sin embargo, el país tiene que estar dispuesto a invertir fuertemente en desarrollo tecnológico, como lo ha hecho Brasil, donde este elemento ha sido crítico en la reducción de costos que le ha permitido convertirse en el productor más competitivo del mundo.

Colombia tiene ventajas, pero son muchos los jugadores que aspiran a participar en esta nueva frontera empresarial que plantean las energías renovables. Para capitalizar la oportunidad, se necesita invertir en tecnología, ya que, la mano de obra disponible en el país está capacitada para desarrollar los proyectos que la industria requiere.⁸²

6.2.2. Biodiesel

6.2.2.1. Aspecto técnico

6.2.2.1.1. Palma Africana

- **Reseña histórica**

La palma de aceite (Ver imagen 117), como es su nombre original, es una planta de clima calido que crece en tierras por debajo de los 500 m.s.n.m. Su nombre científico es *Elaeis gineensis jacq*, este nombre y su denominación popular palma africana se debe a su origen, pues proviene del Golfo de Guinea de África Occidental.

IMAGEN 117 "PALMA DE ACEITE"

⁸² REVISTA DINERO, Fiebre De Etanol, Martes 25 Julio 2006; Publicado por http://bp-ol.com/index.php?option=com_content&task=view&id=40&Itemid=39.



FUENTE: MESA DISHINGTON, Jens, "Biodiésel de palma, una realidad en Colombia", FEDEPALMA, Cartagena, Colombia, 14 de marzo de 2007

La palma de aceite fue introducida a América oriental por colonizadores y comerciantes de origen portugués, cuyos esclavos utilizaban dicha planta como parte de la dieta alimenticia, pero fue hasta 1932, que Florentino Claes introdujo la palma de aceite en Colombia, sembrándose inicialmente con fines ornamentales en Palmira, Valle del Cauca. En 1945, cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento de Magdalena.

En una palma de aceite se vislumbran alegres flores masculinas y femeninas, de las que nacen frutos por millares, por ejemplo en un árbol enano de palma tiene entre 800 y 2000 frutos, con un promedio de 1200 frutos, con un peso de 10 a 50 Kg, de acuerdo a la edad de la palma y al clima. Antes de adquirir el alegre y vistoso color anaranjado rojizo que les brinda la madurez, los frutos son de color violeta oscuro, casi negro. El aceite está contenido en el mesocarpio de donde se obtiene aceite de palma, y en la almendra donde se encuentra el aceite de palmiste, lo que implica que se debe extraer el aceite de la pulpa de los frutos sin romper los tejidos de la nuez. (Ver imagen 118)

IMAGEN 118 "FRUTO DE LA PALMA DE ACEITE"



FUENTE: NIETO Vélez, Diana Marcela. Exploración del proceso de Biodiesel a partir de resinas de intercambio iónicas. Universidad de los Andes. 2006

Normalmente el racimo de 100 kg. Tiene la siguiente composición: racimos vacíos y agua 34 Kg. Frutos 66 kg. De estos 66 kg. 54 kg. Conforman el mesocarpio y 12 kg. Las nueces. El primero rinde cerca de 25 Kg. de aceite y el último cerca de 6 Kg. Sumado ambos, el rendimiento de aceite de palma de un racimo de frutos es del 20 – 22 % sólo representa el 4 – 5 % del racimo de 100 g. La palma de aceite es un cultivo perenne, tardío y de largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha debido a la altura del tallo, marcando así el momento de la renovación de los cultivos comerciales.⁸³

- ***Generalidades del cultivo de palma (Elaeis gineensis jacq)***

En Colombia y en los demás países que la cultivan, la palma aceitera africana crece en las zonas que ofrecen las condiciones ecológicas más favorables para la obtención de los mayores rendimientos, dichas zonas deben presentar las siguientes propiedades:

- Precipitaciones de un nivel de 1500 a 3000mm o mayores, distribuidas adecuadamente durante el año.
- Clima subtropical.
- Temperaturas máximas promedio de 29-33 °C, y mínimas promedio de 22-24° C. La temperatura óptima es de 28° C.
- Insolación constante de por lo menos 5 horas por día, todos los meses del año.
- Suelos francos o franco-arcillosos planos o ligeramente ondulados, sueltos y profundos, de buena permeabilidad y bien drenados.

⁸³ NIETO Vélez, Diana Marcela. Exploración del proceso de Biodiesel a partir de resinas de intercambio iónicas. Universidad de los Andes. 2006

- Acidez: PH 5.8 – 6.5, no desarrolla en suelos alcalinos.
- Desarrollo de la plantación e inicio de la cosecha 36 meses.
- Humedad relativa superior al 75 por ciento.⁸⁴

Manejo del Cultivo:

La preparación del suelo se hace dependiendo del estado del área a cultivar, esta labor se puede realizar manual o mecánicamente, la preparación del suelo debe hacerse escalonadamente, concluyendo esta labor de manera que coincida con las épocas de siembra.

Las labores para la preparación de suelo son:

- Eliminación de arbustos
- Tala de árboles grandes
- Quema principal
- Derrame y corte de troncos.

Alineación y Estaquillado:

La palma se siembra en triangulo equilátero de 9 metros por lado; a esta distancia caben 147 palmas por hectárea. Es conveniente orientar las hileras de norte a sur para que se logre un mejor aprovechamiento de la luz solar.

Las carreteras deben construirse formando bloques no mayores de 25 hectáreas. Los hoyos para la siembra deben ser de 15x15x15 pulgadas, al colocar la planta debe quedar completamente recta y firme para que al crecer pueda soportar vientos fuertes. Una vez sembradas las palmas debe colocarse mayas metálicas (maya 1/5") para evitar el ataque de depredadores.

⁸⁴ FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La palma aceitera africana, un recurso de alto potencial para la producción animal en el trópico.

Control de Malezas:

Se realiza para evitar la competencia de nutrientes, agua y luz en el cultivo. Primero se realiza un control de malezas alrededor de cada planta (camaleo) en un círculo de un diámetro de por lo menos un metro o hasta donde alcanza el límite de las hojas. Se debe tener cuidado de no dañar las raíces ni cortar las hojas de la palmera pequeña porque entonces se inhibe el desarrollo de la planta. En palmas adultas el camaleo se puede hacer con herbicidas o de forma manual.

Fertilización:

Para recomendar los tipos y dosis de fertilización es necesario hacer un análisis de hojas y suelo, de esta manera se obtendrá las cantidades y tipos de elementos que faltan en el suelo de la plantación.

Poda:

Esta práctica no se recomienda en plantaciones jóvenes, hasta 3 años, solamente se realiza una vez al año en palma mayor de 4 años, teniendo el cuidado de dejar por lo menos 2 hojas por debajo de cada racimo. Esta práctica permite la facilidad para realizar la próxima cosecha.

Plagas:

Las plagas más comunes son: los zompopos, roedores, escarabajos y el picudo de la palma. Para el control de estos predadores es necesario el uso de insecticidas.

Enfermedades:

Algunas de las enfermedades de la palma africana son: pudrición de la flecha, pudrición del tronco, arco defoliado, pudrición de racimos; y para esto debe acudir a los fungicidas.

- Pudrición del tronco: las palmas exteriores decaen a partir de su punto de inserción, pero se mantienen verdes durante algún tiempo antes de amarillear y marchitarse. Estos síntomas se extienden pronto al resto de la corona.
- Arco defoliado: las palmas se curvan en arco por su parte media. Esta enfermedad se encuentra por lo general en plantaciones de 2 a 3 años.
- Cosecha: para la cosecha se debe considerar la madurez de la fruta, si se cortan verdes el contenido de aceite es bajo y si se corta muy maduro la acidez del aceite es alta y su calidad baja.⁸⁵

- ***Industria aceitera de palma en Colombia***

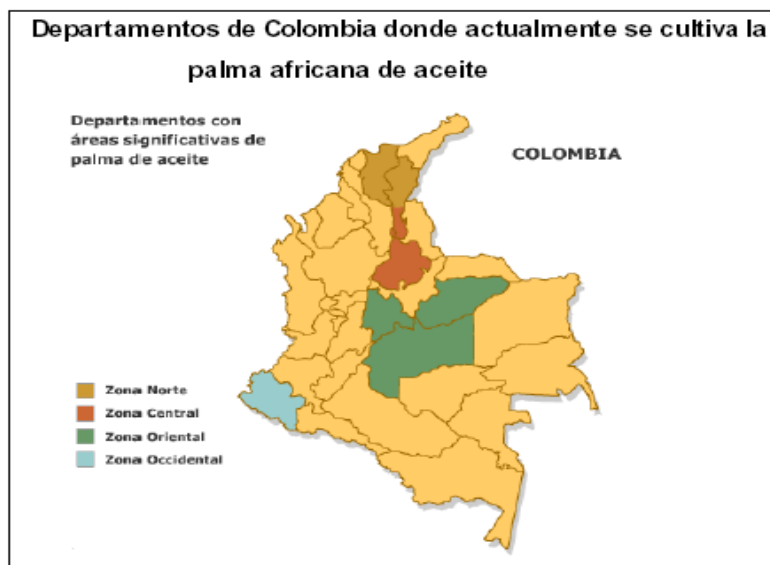
- ***Producción de aceite***

La expansión del cultivo ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18000 ha en producción, hoy existen mas de 150.000 ha en 54 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas (ver imagen 119):

- Norte: magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira.
- Central: Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Bolívar.
- Oriental: Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá.
- Occidental: Nariño

IMAGEN 119 "ZONAS PRODUCTIVAS DE PALMA EN COLOMBIA"

⁸⁵ SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES, ficha técnica palma africana. Honduras 2007.



FUENTE: NIETO Vélez, Diana Marcela. Exploración del proceso de Biodiesel a partir de resinas de intercambio iónicas. Universidad de los Andes. 2006

Colombia es el primer productor de Biodiesel en América Latina y el cuarto en el mundo, esto se ha logrado en parte por que desde 1962, fe creada la federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, FEDEPALMA, la cual organiza la actividad palmicultora, ofreciendo a las personas que se dedican a ella, asesoría en temas como mercados del aceite, costos de producción, precios, cultivos, procesos, etc.⁸⁶

El aceite de palma es un alimento natural que se viene consumiendo desde hace 5.000 años. Se refina sin necesidad de disolventes químicos, por lo que se reduce el riesgo de contaminación por residuos. Éste aceite es una fuente natural de vitamina E y vitamina A. a continuación se describirá el proceso de obtención del aceite de palma y sus derivados.

- *Recolección:* Los racimos de frutos frescos deben recolectarse cuando estos presentan un color rojizo, el cual como se dijo anteriormente, marca el momento de maduración de la planta. No se debe olvidar que cuando los frutos

⁸⁶ FEDEPALMA, Centro de documentación. Historia de la palma. www.fedepalma.org

se cosechan antes de su maduración, estos no han desarrollado la máxima cantidad de aceite en la pulpa y cuando se dejan madurar demasiado tiempo, es posible que el nivel de acidez del aceite que se extrae de estos frutos, sea muy alto, causando pérdidas para los productores. Luego de esto, los racimos se llevan a la planta de beneficio donde se comienza el proceso de extracción del aceite crudo de la palma.

- *Esterilización:* Se logra "cocinando a presión" los racimos en una autoclave, a una presión de 3 kg/cm² a temperatura más o menos de 130° C durante una hora. La esterilización desactiva las enzimas estabilizando la calidad del aceite en cuanto a la formación de ácidos grasos libres (a.g.l.). Durante el proceso también se aflojan los frutos, se endurece el mucílago y se encogen los palmistes con lo cual se desprende la cáscara.
- *Separación:* antes de la extracción, se debe llevar a cabo una pequeña operación, las frutas deben separarse de los racimos por medio del desfrutador.
- *Extracción:* La extracción del aceite crudo de palma de la fruta es un proceso mecánico. En primer lugar, es necesaria la digestión de las frutas, la cual se logra mediante agitación mecánica, la que hace que se descompongan las células que contienen aceite para que puedan luego ser sometidas al prensado. En las plantas modernas, el prensado se realiza en una prensa de tornillo de tipo continuo. El aceite crudo se recoge y se tamiza para reducir las partículas sólidas grandes. De esta operación se obtiene de residuo, una torta donde se encuentran a parte de las fibras que quedan de la pulpa, las semillas o nueces del fruto original, que luego al realizar otros procesos, tendrán varios usos como en confitería y panadería.

- *Clarificación:* La primera etapa de la separación del aceite del agua, las partículas sólidas de fruta y las impurezas, consiste en una decantación natural. Se puede obtener más aceite de esa masa resultante agregando agua caliente. El aceite decantado se filtra y luego se centrifuga para completar la separación y finalmente se seca en una secadora al vacío. El aceite crudo de palma obtenido en la planta extractora es sometido a un proceso de refinación y fraccionamiento que se emplean para convertir el aceite en productos semirrefinados (estearina 30 % y oleína 70 %) y productos finales más sofisticados.

- *Refinación:* existen dos formas de refinación, una física y otra química, la primera recibe el nombre de "desgomado suave" involucra la eliminación completa de los cationes por un agente coagulante en la presencia de un reactivo, técnica que permite un tratamiento suave donde los cationes de metal (Ca, Mg, Fe) y fosfolípidos son removidos rápidamente en un solo paso. El segundo, es la refinación alcalina, la cual para que el aceite de palma quede totalmente refinado (estearina, oleína), habrá registrado un proceso de neutralización, decoloración y desodorización del aceite crudo por el que su acidez, materiales colorantes, olor, así como sabor, se suprimen hasta el punto en que su contenido de ácidos grasos libres, calculado como ácido palmítico no supera 0,1% y medido con el tintómetro de Lovibond con una célula de 5 1/4 pulgadas, no excederá de 6 en la escala del Rojo y de modo tal que el producto se considere totalmente inodoro e insípido (suave) aceite dulce, claro. Este aceite se conoce con el nombre de Aceite RBD (Refinado, Blanqueado y Desodorizado).

- *Neutralización y blanqueo:* La neutralización es una especie de arte y se requieren especialistas experimentados para hacerla bien. Este proceso elimina los ácidos grasos libres (a.g.l.) y residuos de ácidos fosfóricos. Se calcula como ácido palmítico, no supera 0,3%. Esta operación se realiza en el

tanque neutralizador. Primero se agita el aceite crudo (rojo) a gran velocidad (1). Luego se añade hidróxido de sodio (solución del 8 al 21%) y agua de lavado por aspersion (2) y se mezcla con el aceite durante 10 a 30 minutos. Se baja la velocidad del agitador y se calienta la mezcla a vapor a través de un serpentín (3) a 60C hasta que el hidróxido de sodio rompa la emulsión, después se para el agitador y el calentamiento. Se deja reposar la mezcla para que sedimente la masa jabonosa (o se separa por un proceso con centrífuga). Se introduce agua caliente. Se separa la masa jabonosa del aceite, esta pasta de neutralización producida contiene siempre una cantidad de aceite, que constituye una pérdida de la refinación. El lavado se repite varias veces. La desgomación y la neutralización pueden combinarse en una operación única, en plantas continuas (la producción diaria mínima de aceite que justifique el sistema de refinación continua, se sitúa entre 15 - 20 ton. de aceite crudo / hora). Para cantidades de aceite menores se utiliza con frecuencia las plantas de refinación por lotes (consiste en una serie de depósitos calentados dotados de mezcladores y tanques de reacción). Las plantas continuas son de dimensiones menores y consisten en tanques de reacción pequeños mezcladores y recipientes de retención con sistemas de centrifugación. Si las plantas de refinación por lotes están equipadas con centrífugas para la operación semi continua, pueden conseguirse algunas de las ventajas de las plantas continuas. La más directa es un mayor rendimiento de aceite neutralizado, que puede ser del orden del 2 al 3 % del aceite crudo. Existen igualmente importantes ventajas en la calidad del producto.

- *Blanqueo*: El aceite neutralizado y seco está preparado para la planta de blanqueo. Con este proceso se reduce el contenido de carotenoides en el aceite por absorción del blanqueador hasta un punto en el que medido por el tintómetro de Lovinbord en células de 5 1/2 pulgadas, el color no exceda a 20 en la escala del Rojo. Esta operación también se realiza en el mismo tanque neutralizador.

El tanque neutralizador se conecta al vacío (para que no se formen productos de oxidación secundaria) y se conecta la agitación. La mezcla blanqueadora se introduce a través de un tubo que llega hasta la mitad de él, para evitar la formación de polvo. Las sustancias blanqueadoras utilizadas en Canadá, en el aceite canola, generalmente se utiliza un 0,125 - 2,00 % de arcilla de blanquear y en ocasiones con carbón activado al vacío y con agitación; este proceso también remueve los productos de la oxidación de las grasas y cualquier residuo jabonoso, que en otras circunstancias afectaría la etapa de hidrogenación. Cuando se haya obtenido un aceite lo suficientemente claro, es decir, cuando haya alcanzado su blanqueo máximo, se interrumpe el vacío y la agitación.

Para la neutralización por lotes, tienen lugar generalmente en un recipiente cilíndrico con fondo cónico y una agitación de paletas. Se instala un serpentín de vasos para calentar la carga en el recipiente, el cual se puede utilizar también para la segunda neutralización y el lavado con agua. Estos recipientes son por lo general de tamaño suficiente para admitir el equivalente de 12 horas de producción diariamente por lo menos.

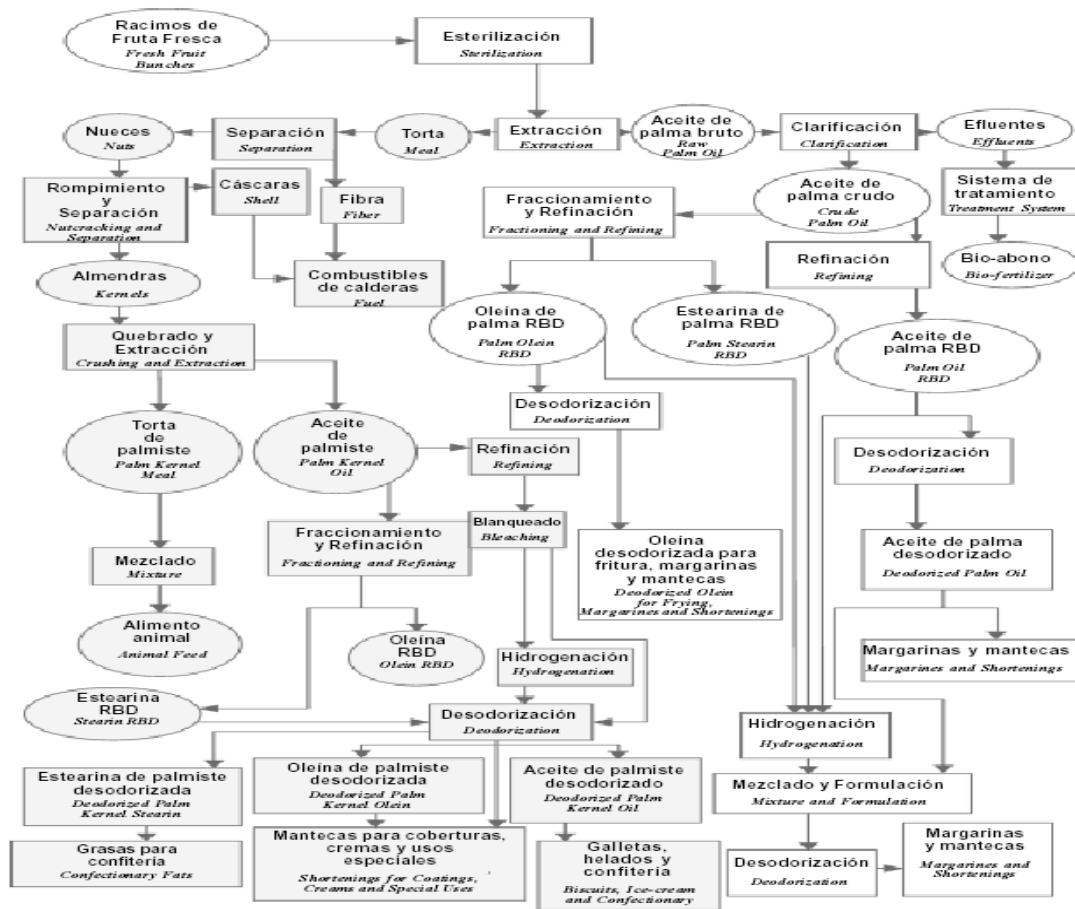
La construcción del recipiente puede tener diversas características y es posible combinar la neutralización y el lavado con el secado y el blanqueado en un solo recipiente.

El recipiente de blanqueo debe tener la suficiente capacidad para guardar el aceite durante el filtrado que se realiza en las prensas filtro.⁸⁷

⁸⁷ QUESADA Herrera, German Ing. Cultivo e Industria de la Palma Aceitera, guía general para el productor. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Investigaciones. Costa Rica. 2005

A partir de este paso, el aceite RBD o aceite recuperado, toma varios caminos para llegar a su uso determinado dependiendo de las siguientes operaciones que se lleve a cabo. (Ver imagen 120)

IMAGEN 120 "PROCESOS ALTERNATIVOS DEL ACEITE DE PALMA AFRICANA"



FUENTE: DE HART, Vengoechea, César. Presidente Junta Directiva FEDEPALMA 2003 –2004. Anuario Estadístico 2003

Rutas hacia subproductos: El aceite extraído puede tomar varias rutas, el aceite crudo puede exportarse directamente, o se somete a procesos de refinación y/o óleo químicos, para así generar las rutas de los subproductos derivados del aceite de palma.

Se van a ejemplarizar de grosso modo algunas de estos procesos:

1. Aceite recuperado ya sea de los lodos o de las lagunas de oxidación, se pueden usar en los procesos de fabricación de jabones o aceites para concentrados de animales o la fabricación de grasas pasantes (aceites sometidos a un proceso de neutralización) que se usan en rumiantes. A diferencia de los aceites residuales de frituras o cocinas (aceites

quemados) a los cuales se les aplica un oxidante y se genera un insumo alimenticio para monogástricos.

2. El aceite crudo, recuperado o refinado puede someterse a procesos de hidrólisis o alcoholólisis para lograr una separación de los ácidos grasos o el glicerol, se obtiene glicerina (se puede comercializar por aparte en industria química y farmacéutica), y ácidos grasos que serán usados en jabonería, o introducidos en un proceso de fraccionamiento para la producción de ácido laurino, caprílico o mirística y/o en su lugar una vez extraída la molécula de glicerol y liberados los ácidos grasos reaccionan con una molécula de alcohol liviano para la producción de biodiesel. (Ver tabla 34)
3. El aceite refinado puede entrar en la cadena del consumidor para cocina o panaderías, ya sea solo o mezclado con otros tipos de aceites como el de soya, girasol u otro.
4. El aceite de palmiste refinado (es el aceite extraído de la semilla de palma) puede seguir el camino hacia pastelerías, confituras, farmacia.
5. Otras rutas seguidas por el aceite de palma refinado es de someterse a nuevos procesos como lo son:
 - Fraccionamiento: para obtención de oleínas y esterinas, esta última si se somete a hidrogenación el producto obtenido es manteca.
 - Homogenización: uniforma densidad del aceite.
 - Saponificación: para producir jabones.
 - Hidrogenación: la oleína si se somete a este proceso y luego se le agrega leche y sales minerales y se estaría obteniendo margarina.⁸⁸

⁸⁸ ALFARO, C Marcos., Ing. Gerente de Palma, ORTIZ A Elvin., Ing. Jefe Planta Coopeagropal. MINISTERIO DE AGRICULTURA, Gerencia de Palma Consejo Nacional de producción. Costa Rica. 2006.

TABLA 33 "CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL DE ACEITE DE PALMA"

Propiedades del biodiesel de aceite de palma	Valor	Método
Densidad a 15°C (g/ml)	0.87	ASTM D1298
Viscosidad cinemática @ 40°C (mm ² /s)	4.44	ASTM D445
Flash point (°C)	174	ASTM D93
Contenido de azufre (% w)	0.04	ASTM D516
Pour point (°C)	16	ASTM D97
Residuos de carbón Conradson (% w)	0.11	ASTM D189
Número de cetano	62.4	ASTM D613
Contenido de agua (mg/kg)	1000	ASTM D95
Calor de combustión (kJ/kg)	40135	ASTM D240
Monoglicéridos (% w)	0.75 - 1.25	GC
Diglicéridos (% w)	0.27 - 0.51	GC
Triglicéridos (% w)	0.45 - 1.11	GC

FUENTE: Revista Virtual Pro. I SEMINARIO-TALLER BIOCOMBUSTIBLES BIODIESEL – BIOETANOLBOGOTÁ – COLOMBIA. 2007

6.2.2.1.2 *Higuerilla*

- **Reseña histórica**

Ricino, nombre común de una planta, también llamada *catapucia*, *mamona* o *higuerilla* en América Latina, de la familia de las *Euforbiáceas*. Es nativa de África, donde alcanza 12 m de altura o más, aunque algunos científicos atribuyen el origen de esta planta a América Central. Se cultiva mucho como ornamental en regiones templadas de otros lugares, por sus grandes hojas lobuladas con forma de abanico, en climas más frescos, rara vez supera una altura de 4,5 metros.

Las semillas, parecidas a las judías o frijoles, contienen el aceite de ricino, conocido en el comercio. La planta se cultiva mucho en Brasil, India, Tailandia y países tropicales. Las flores de color rojizo son apétalas y se agrupan en largas panículas (Ver imagen 121), el fruto está recubierto de espinas blandas de color pardo anaranjado. Todas las partes de la planta son tóxicas para los seres

humanos y los animales; las semillas son muy venenosas.⁸⁹

IMAGEN 121 "FLORES DE LA HIGUERILLA"



FUENTE: FRÜH, Andreas. Fundación Wikipedia. Ricinus communis. Septiembre 21 2005

En muchas regiones de Colombia, los productores agrícolas se enfrentan a la tarea de decidir qué sembrar; en este momento la elección es más difícil, teniendo en cuenta que la firma del Tratado de Libre Comercio exige elevada competitividad en la agricultura colombiana. El cultivo y transformación de la Higuierilla se perfila como una opción viable.

En este sentido, el Gobierno Nacional, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, CORPOICA y otras entidades vienen adelantando proyectos de investigación y transferencia de tecnología en este sistema de producción, tendientes a ofrecer paquetes y productos tecnológicos válidos para ser utilizados en forma sostenible y competitiva, bajo diferentes condiciones agro- ecológicas en el país.

Así mismo, se pretende ofrecer una alternativa rentable para su transformación en aceite, explorando las grandes posibilidades industriales que tiene para la producción de combustibles y lubricantes verdes.

⁸⁹ Ricino," Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online 2007
<http://es.encarta.msn.com> © 1997-2007 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.

Además la higuera es un cultivo que socialmente puede contribuir a la reconversión del sector agrícola en el país, pues según cifras calculadas por el Ministerio de agricultura, sólo para el caso de adicionar un 5% de aceite vegetal, en el diesel consumido en Colombia, se necesitaría el establecimiento y siembra de unas 50.000 hectáreas, que generarían unos 10.300 empleos directos.⁹⁰ Vale la pena recordar que estas 50.000 Ha mencionadas están divididas entre los futuros cultivos de palma, de higuera y demás materias primas que son potenciales fuentes de biodiesel.

- **Generalidades del cultivo de higuera (*Ricinus communis L.*)**

El cultivo de higuera se debe comenzar a planear con algún tiempo de antelación, a pesar de que es tal su poder de adaptación en Colombia que el Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt, la considera dentro de la lista preliminar de plantas invasoras del país⁹¹. Esto con el fin de preparar la tierra, ya que a pesar de ser resistente a condiciones fuertes, como cultivo se le deben garantizar algunas condiciones mínimas para que pueda crecer, desarrollarse y fructificar.

Partiendo de lo anterior debemos tener un lote que tenga las siguientes condiciones:

- Cantidad de luz adecuada (mínimo 7 horas día)
- Suministro de agua suficiente (de 500 a 1000 ml) anuales
- El suelo debe tener una consistencia suelta, donde se de una buena aireación, poco compactado y con buen drenaje.

⁹⁰ CORPOICA. Primer Congreso Internacional sobre Higuera, Medellín, Abril de 2007.

⁹¹ UPME, Unidad de Planeación Minero Energética. República de Colombia Ministerio de Minas y Energía. Desarrollo y Consolidación del Mercado de Biocombustibles en Colombia. Agosto de 2007

Si contamos con estas características el resto se pueden arreglar mediante la aplicación de productos requeridos, materia orgánica etc. Este proceso puede tardar mínimo un mes.

El Cultivo

Teniendo listo el lote, pasamos a la parte del cultivo, la semilla es importante saber de donde proviene, ya que hay diferentes variedades e híbridos que pueden ser mas útiles según las condiciones del lote, algunas de las características que debemos tener en cuenta para escoger la semilla son:

- Altura sobre el nivel del mar
- Humedad relativa y general

Con estas variables claras manejamos semillas para alturas entre 0 y 800 m.s.n.m y de 800 a 2000 m.s.n.m y según la humedad, variedades mas resistentes al ataque de plagas y enfermedades, pero mientras aumenta la altitud, decrece el contenido de aceite.

La semilla se debe dejar remojar mínimo por 12 horas para hidratarla y ganar unos días en la germinación, se debe inocular con hongos antagonistas evitando ataques posteriores y la siembra debe coincidir con la época de lluvias.

En siembras comerciales con las variedades mencionadas, se utiliza la sembradora con un disco de distribución adecuado para depositar 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 m, generalmente.

Respetar la profundidad de siembra mencionada es de gran importancia, ya que el calor, debido al alto contenido de aceite de la semilla, la quema y disminuye mucho la germinación.

El fertilizante que se adiciona en la siembra y el insecticida de suelo, de ser necesario, se aplica en banda y a un lado de la línea de siembra y entre 5 y 10 cm. de la semilla.

En el caso de una pérdida superior al 25% de plantas sembradas, se recomienda resembrar.

Con variedades de porte pequeño, la densidad de siembra recomendada es de 10.000 a 15.000 plantas por hectárea.

Cuando la planta germina (entre el día 5 a 10) presenta las hojas falsas, después comienza a desarrollar las hojas verdaderas y cuando este a la altura de la rodilla (entre el 8 y 10 nudo) se debe realizar la primer poda de crecimiento, estas podas de deben repetir hasta que la planta comience a florecer para desarrollar a edades tempranas mas brazos productivos y mejorar el fenotipo del arbusto (no dejarlo muy alto). (Ver imagen 122)

IMAGEN 122 "CULTIVO DE LA HIGUERILLA"



FUENTE: HIGUEROIL

Después que comienza la floración, la planta producirá grano para extracción constantemente, dependiendo del contenido de agua en el suelo y de las lluvias de la región para activar este proceso. La recolección debe realizarse cuando el

racimo presente 60% de madurez y ojala en época seca, evitando llevar humedad a la extracción.⁹²

Las plagas:

- Jogoto *Phyllophaga* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae)
- Gusano alambre *Agrotis* sp. y (Lepidoptera: Noctuidae)
- Gusano soldado *Spodoptera* spp. (Coleoptera: Noctuidae)

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 químico 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 triclorfon 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.

Chinche hediondo *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) daña las cápsulas y la unión con la planta al punzarlas, por lo que resultan vanas. Para su combate es

⁹² DELGADO, Federico. Ingeniero HIGUEROIL. Informe, La Higuera, PETROLEO VERDE. Medellín 17 de junio de 2006.

importante mantener las rondas y el cultivo limpio de malezas. El combate químico se debe iniciar cuando se observen uno o más insectos por planta, utilizando diazinón (Diazinón 60 CE, 0,5-1 l/ha), fention (Lebaycid 50 CE, 1 l/ha), metil parathion (Methyl parathion 48 % CE, 1,5 l/ha), malation (Malathion 57 % CE, 2 l/ha).

Cogollero *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) daña las yemas florales y las infrutescencias. El combate químico debe iniciarse una vez que se observe daño de 5 % en las infrutescencias o yemas florales con: metomil (Lannate 90 % PS 0,5 kg/ha), acefate (Orthene 75 % PM 1 kg/ha), metamidofos (Tamarón 60 % E 1 l/ha) o mono-crotofos (Nuvacron 60 % CE 1 l/ha).

Cigarrita *Empoasca* sp. (Homoptera: Cicadellidae) se encuentran en grandes cantidades en la parte inferior de la hoja, yemas y pecíolos, donde chupan la savia. Pueden causar serios perjuicios ya que la saliva tóxica de este insecto causa disminución en el crecimiento y deformidad de las hojas.

El combate químico puede ser con oxidemeton metil (Metasystox 25 % PM, 0,75 kg/ha) o con malation (Malathión 57 % CE, 2 l/ha).

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 que se mencionó anteriormente.

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 Cimbush (0,5 l/ha) o Decis (0,5 l/ha), o bien metomil (Lannate 90 % PS 0,4 kg/ha).

Las Enfermedades

- Marchitez o *fusariosis Fusarium oxysporium*

Este hongo vive en el suelo y ataca las plantas en cualquier estado de su ciclo. Deja las hojas 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.

- Moho ceniciento *Botrytis cinerea Pers.*

Ataca la parte reproductiva de la higuera, desde la inflorescencia hasta la semilla y pudre la cápsula. Se presenta en condiciones de alta humedad y temperatura. Para disminuir la incidencia, deben sembrarse variedades cuya resistencia a la enfermedad haya sido probada y que sea precoz.

Si no, es indispensable la desinfección de la semilla con fungicidas apropiados y sembrar en la época adecuada, para que la fructificación, no ocurra en época húmeda. Las partes afectadas deben ser eliminadas y destruidas, al igual que las plantas silvestres de esta especie.

- Manchas de las hojas *Cercospora ricinella* y *Xanthomonas ricinicola*

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

- 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* (semillas de Costa Rica) 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.⁹³

El beneficio de la higerilla es simple cuando se trata de variedades dehiscentes, estas abren solas con ayuda del calor y los granos se separan de las cápsulas mediante mallas con diferentes tamaños de agujeros.

Variedades usadas en Colombia:

- Semilla Blanca Jaspeada Variedad VCR/01-00 Características: Hasta 48% de aceite, Se cultiva de 500 a 1800 msnm, Tiempo de cosecha 5 - 7 meses, Cantidad de semilla por Hectárea: 2 a 4Kg. (Ver imagen 123)

⁹³ Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1991

IMAGEN 123 "SEMILLA BLANCA"



FUENTE: HIGUEROIL

- Semilla Negra Variedad VC/05-99 Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses, Cantidad por Hectárea: 2 a 4 Kg. (Ver imagen 124)

IMAGEN 124 "SEMILLA NEGRA"



FUENTE: HIGUEROIL

- Semilla Negra Jaspeada Variedad VC/06-99 Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses, Cantidad por Hectárea: 2 a 4 Kg. (Ver imagen 125)

IMAGEN 125 "SEMILLA NEGRA JASPEADA"



FUENTE: HIGUEROIL

- Semilla Roja Variedad: VC/07-99 Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses, Cantidad de semilla por Hectárea: 2 a 4 Kg. (Ver imagen 126)

IMAGEN 126 "SEMILLA ROJA"



FUENTE: HIGUEROIL

- ***Industria aceitera de ricino en Colombia***

- ***Producción de aceite de ricino***

A partir de la higuera (*Ricinus communis L.*), se obtiene el ACEITE DE RICINO o aceite de castor. Por ser un producto de origen vegetal, algunas de sus propiedades dependen del manejo que se haga a las semillas, pero otras dependen de las condiciones en el proceso de extracción y refinación, tales como temperatura, presión y vacío, concentración de reactivos y tiempos de proceso, pudiendo ser variadas a voluntad para obtener características finales específicas. (Ver tabla 35)

TABLA 34 "CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE RICINO"

CARACTERÍSTICAS	RANGO
Índice de Yodo (Wijs):	81 a 91
Índice de refracción a 25 ° C:	1,473 - 1,477
Valor Hidroxilo:	160 min
Valor de Saponificación:	176 - 187
Gravedad Especifica 25 ° C:	0.945 - 0.965

CARACTERÍSTICAS	RANGO	
Viscosidad- Temperatura:	37,8 ° C	98,9 ° C
Cinemática en centiStokes:	293,4	20,08
VSaybolt:	1,368.0	97.7

CARACTERÍSTICAS	RANGO		
Tensión superficial / Temperatura (dinas/cm):	20 ° C	80 ° C	130 ° C
	39.0	35.2	33.0

* Índice de yodo: Se define como el peso de yodo absorbido por la muestra en las condiciones de trabajo que se especifican. El índice de yodo se expresa en gramos de yodo por 100 g de muestra. Se utiliza para esto el reactivo de Wijs el cual determina el rango de yodo presente en la sustancia.

FUENTE: PROQUIMCOL LTDA.

Luego de la cosecha de las semillas de la planta, la higerilla se lleva a la extracción, la cual se realiza mediante calentamiento y prensado en maquinas diseñadas para dicho fin denominadas "Expeler" las cuales por presión extraen el aceite separándolo de la materia seca o torta. Al final la torta queda con mínimo 10% de aceite incrustado por lo cual se debe extraer mediante solventes. Este subproducto se comercializa bien como abono.

El aceite pasa por algunos procesos de refinación como son:

- Neutralización
- Lavado
- Secado
- Decoloración

La idea es darle las características que la industria requiere o que algunas entidades exigen. Para biocombustibles, la idea es que estos procesos no encarezcan el producto final.

Usos del aceite de ricino

- **Poliuretano**

El aceite de ricino se constituye en un *poliol* (tres grupos hidroxilo por molécula) en razón a que es un triglicérido con altísimo contenido de aceite ricinoléico (87 %). Para usar en poliuretano se requiere que el aceite tenga valor ácido (COOH) y humedad (HOH) mínimas, con el fin de evitar consumir isocianato de alto costo en la generación de CO₂, en el caso del agua. El aceite debe conservar el valor hidroxilo lo mas alto posible (grupos reactivos), debe tener el mínimo de humedad (0.05%) y debe tener el mínimo valor ácido posible (2 máx.).

- **Agroquímicos**

El aceite de ricino se usa ampliamente como vehículo y fijador en insecticidas, fungicidas y defoliantes. Su alta tensión superficial confiere alta adherencia, permitiendo que el principio activo obre con buena persistencia y aumente la resistencia al lavado por acción de lluvias moderadas.

El aceite de ricino es un insecticida natural, su olor genera repelencia a los insectos. Ésta propiedad puede mantenerse en el aceite, conservando los elementos volátiles generadores de olor.

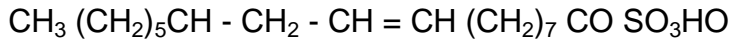
- **Cosmética Y Farmacia**

El aceite de ricino, es conocido desde la antigüedad: Herodoto, quien lo llamo Kiki (siglo IV A.C.), habla de su uso externo como unguento y por ser un extremadamente purgativo al ingerirse. En la medicina popular en Colombia se usa para: cremas antiarrugas, aplicado en el pecho y en la espalda para descongestionar los pulmones, como agente endurecedor de las uñas, para eliminar hongos en los pies, para eliminar el enrojecimiento de los ojos, para el dolor de oído, y múltiples aplicaciones mas.

- Jabones y detergentes

El aceite de ricino es ampliamente usado en jabones finos, incluyendo los jabones transparentes.

Al sulfatarse se obtiene el Aceite Sulfatado:



G = Núcleo del glicerol Tensoactivo usado como nivelador de colorantes textiles, base para detergentes con muchas aplicaciones en la industria.

- Lubricantes

El aceite de ricino y en general los aceites vegetales se emplearon extensamente como lubricantes, han sido sustituidos por aceites minerales, los cuales no se hidrolizan y son más baratos. Hay aplicaciones donde los aceites vegetales presentan ventajas, asegurando su empleo. Su principal propiedad es la de mayor capacidad de adherencia a las superficies metálicas, en forma de películas delgadas. La alta viscosidad del Aceite de Castor lo hace ser el preferido en estas aplicaciones.

- Combustible

El aceite de ricino se emplea como lubricante y combustible en motores de altas revoluciones, en mezcla de gasolina y alcohol etílico. Era usado por los egipcios como aceite para lámparas y tradicionalmente es utilizado en Colombia en las lámparas de las iglesias. Pero en la actualidad este aceite representa una seria posibilidad energética para el país, con la producción de biodiesel.

- Resinas

Al deshidratarse las resinas presentes en la planta, se produce un isómero del ácido linoléico, que se puede usar en fórmulas de recubrimiento protector que no adquiere color amarillo. Deshidratado se convierte en un aceite secante.

- Proceso de obtención de Biodiesel

Ya con el aceite extraído pasamos a la obtención de biodiesel a través de la transesterificación alcohólica, mediante soda cáustica y así obtenemos biodiesel y glicerina.

El alcohol mas utilizado para la operación de separación de la glicerina, es el metanol, y la dosis es del orden del 10% y en cuanto a la soda cáustica es del orden del 1%.

En comparación con otros aceites, tenemos que la higuierilla presenta características que lo hacen ventajoso frente a otros, algunas de ellas son:

- Punto de nube
- Puntos de ebullición y congelamiento
- Características de lubricación⁹⁴

Este proceso se tomará de una manera mas amplia, mas adelante en las generalidades del biodiesel lo que permitirá mas claridad, pero no es pertinente abordar en el momento profundamente.

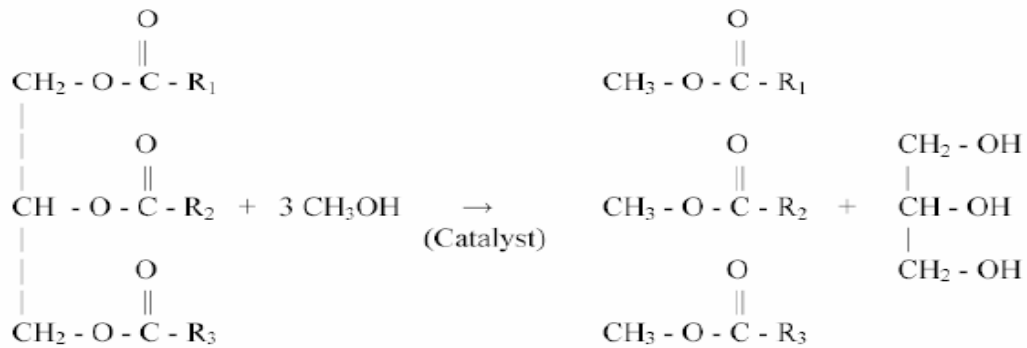
6.2.2.1.3. Análisis técnico General del Biodiesel

Según la American Society for Testing and Materials (ASTM) se define como “el éster monoalquílicode cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores diesel, se presenta en estado líquido y se obtiene a partir de un proceso denominado Transesterificación⁹⁵. (Ver imagen127)

⁹⁴ DELGADO, Federico. Ingeniero HIGUEROIL. Informe, La Higuierilla, PETROLEO VERDE. Medellín 17 de junio de 2006.

⁹⁵ OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

IMAGEN 127 "TRANSESTERIFICACION"



FUENTE: OJEDA, CESID, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel

El biodiesel como tal puede ser producido o por grasas animales o productos vegetales, siendo una oportunidad para el desarrollo de las regiones donde las tierras tienen capacidad de producir la biomasa con que se elabora este combustible, protegiendo el trabajo y ingresos de los productores de materia prima, fomentando la creación de industrias agrícolas, ayudando a la creación de empleo en el sector, y lograr estabilidad para la población en las zonas rurales.

El uso del biodiesel presenta unas ventajas en el tema de emisión de gases tóxicos a la atmósfera, aproximadamente emiten 40% y un 80% menos de dióxido de carbono que el diesel convencional y no emiten dióxido de azufre, ni partículas y disminuye la concentración de partículas en suspensión emitidas de metales pesados, de monóxido de carbono, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y de compuestos orgánicos volátiles.

Las características del biodiesel son las mismas que las del ACPM en cuanto a número de cetano y densidad. Con todas estas propiedades el biodiesel puede mezclarse con el diesel, sustituyéndolo total o parcialmente con la mezcla que se desee.

El biodiesel no contiene azufre, los montos de aromáticos es insignificante. La biodegradabilidad de los ésteres etílicos y metílicos es muy superior a la presentada por los derivados del petróleo, teniendo como diferencias, índices de

biodegradabilidad del 90 - 99 % para los primeros frente a 25 – 40 % para los segundos⁹⁶.

Propiedades del Biodiesel

Todas las características del biodiesel (Ver tabla 36), se dan de acuerdo con las materias primas que se usaron para su producción, a continuación se mostrara las propiedades que tienen estos aceites:

Punto de Inflamación: Al respecto de este punto se utiliza para temas legales de seguridad. Aquí se puede determinar si se halla una proporción grande de alcohol no reaccionado en el proceso de obtención en el caso del biodiesel.

Viscosidad: tiene que tener una viscosidad mínima para que no halla disminución en la potencia por fugas en la bomba de inyección y en el inyector. La viscosidad máxima se tiene que evitar por motivos de diseño y dimensión de los motores.

Densidad: Superiores densidades muestran que el biodiesel tiene superior energía térmica y economiza combustible.

Cenizas Sulfatadas. Los compuestos que conforman las cenizas en el biodiesel son:

- Sólidos abrasivos,
- Jabones metálicos solubles,
- Catalizadores no eliminados en el proceso.

⁹⁶ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

TABLA 35 "ESPECIFICACIONES PARA EL USO DE BIODIESEL"

Parámetro	Norma	Unidades	ASTM PS 121:99*	Limite CEN/TC 19**	Limite NBB***
Densidad (15°C)	ASTM D 1298 EN ISO 12185	g/cm3	0.860-0.900	0.860-0.900	
Viscosidad Cinemática 40°C	ASTM D 445 EN ISO 3104	cSt	1.9-6.0	3.5-5.0	1.9-6.0
Punto Inflamación V/C	ASTM D 93 ISO/CD 3679	°C	100 min.	101 min.	130 min.
POFF	IP 309	°C	Usuario	Usuario	Usuario
Punto de Nube	ASTM D 2500	°C	Usuario	Usuario	Usuario
Azufre	ASTM D 5453 UNE EN ISO 14596	%	0.05 max.	10 ppm max.	0.05 máx.
Residuo Carbonoso	ASTM D 4530 EN ISO 10370	%	0.05 max.	0.3 máx. (10%)	0.05 máx.
Agua y Sedimentos	ASTM D 2709	%	0.050 max.		0.05 máx.
Estabilidad Oxidación	prEN 14112	horas		min. 6	
Destilación 90%	ASTM D 86	°C	345 máx.		360 máx.
Agua	ASTM D 1533 EN ISO 12937			500 máx.	
Contaminación total	EN 12662	mg/kg		max. 24	
Corrosión al cobre	ASTM D 130 EN ISO 2160	-	Nº 3 máx.	Clase 1	Nº 3 máx.
Cenizas Sulfatadas	ASTM D 874 ISO 3987	%	0.02 máx.	0.02 máx.	0.02 max.
TAN	ASTM D 664 prEN 14104	mg KOH/g	0.80 max.	0.5 max.	0.80 max.
Metanol	prEN 14110	% (m/m)	0.2 máx.	0.2 máx.	
Monoglicéridos	prEN 14105	% (m/m)	0.8 máx.	0.8 máx.	
Diglicéridos	prEN 14105	% (m/m)	0.2 máx.	0.2 máx.	
Triglicéridos	prEN 14105	% (m/m)	0.2 máx.	0.2 máx.	
Glicerina Libre	ASTM D 6584 prEN 14105-06	% (m/m)	0.020 max.	0.02 max	0.020 max.
Glicerol Total	ASTM D 6584 prEN 14105	% (m/m)	0.240 máx.	0.250 máx.	0.240 máx.
Contenido en Éster	prEN 14103	% (m/m)		min. 96.5	
Éster metílico del ác. linoléico	prEN 14103	% (m/m)		máx. 12	
Ésteres metílicos poli-insaturados (≥4 dobles enlaces)		% (m/m)		máx. 1	
Índice de Yodo	prEN 14111	-	110 máx.	120 máx.	
Fósforo	ASTM D 4951 prEN 14107	mg/kg		10 máx.	10 máx.
Sodio + Potasio	prEN 14108-09	mg/kg		5 máx.	
Número de Cetano	ASTM D 613 EN ISO 5165	-	40 min.	51 min.	47 min.

FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Azufre: Desgasta el motor, en el cual aparecen depósitos que dependen del funcionamiento del motor. Afectan el funcionamiento del sistema de control de emisiones.

Corrosión a la Lámina de Cobre: Al observarse el desgaste de una lámina de cobre se identifica si en el sistema hay compuestos corrosivos, presencia de ácidos que puedan atacar al cobre o aleaciones de cobre.

Número de Cetano: Interviene en las emisiones y en la eficacia de la combustión. El número de cetano obedece al diseño del motor, de las variaciones de la velocidad, carga, situación de arranque y atmosféricas. En condiciones que el Número de Cetano es inferior lleva a que halla ruidos en el motor, aumentando el retraso de la ignición y aumentando el peso molecular de las emisiones.

Índice de Yodo: Indica el grado de instauraciones que poseen sus ésteres, indicando la tendencia a la oxidación de un biodiesel.

Punto de Nube: Muestra la temperatura en la los compuestos del combustible precipitan partículas como parafinas. Se utiliza esta medida en climas fríos.

Agua y Sedimentos: El agua y sólidos le dan al biodiesel unas características de lubricidad menores. El biodiesel puede absorber hasta 40 veces más agua que el diesel.

Residuo Carbonoso: Muestra el comportamiento del motor dirigido a formar depósitos carbonosos. Se obtienen datos de la contaminación como ejemplo de glicerina libre y de la calidad del biodiesel.

Destilación: Muestra la máxima temperatura en la se puede evaporar el combustible a unas condiciones de presión y temperaturas dadas, estas son:

- El biodiesel a la temperatura de 360°C tiene que estar el 90% destilado, según la norma ASTM D1160.

- El diesel a la temperatura de 360°C tiene que estar el 95% destilado, según la norma ASTM D86.

Número Ácido, TAN: Indica el grado de ácidos grasos. Al poseer una proporción alta de acidez se crearan depósitos y como consecuencia corrosión.

Contenido en metales: Acrecientan las cenizas y los depósitos carbonosos, teniendo la probabilidad de formar jabones sedimentando los filtros de combustible.

Lubricidad: Propiedad de los lubricantes para dar una buena lubricación evitando el desgaste entre dos piezas.

Glicerina Libre: Al purificar mal el biodiesel se da esta situación, esta glicerina libre causa en el inyector sedimentos, así como en los filtros. Si la proporción de glicerina es mayor al 0.5% genera residuos carbonosos.

Glicerina Total: Muestra el grado de glicerina enlazada y no enlazada presente en el biodiesel. Cantidades bajas representan que se han formado gran cantidad de monoésteres. Niveles altos de mono, di y triglicéridos pueden provocar la sedimentación de los filtros, depósitos carbonosos en los inyectores.

Contenido en alcohol: Disminuyen la lubricidad y el Número de Cetano, el punto de Inflamación baja.






Estabilidad a la Oxidación: Indica el vencimiento de acopio. La oxidación del biodiesel provoca la creación de gomas solubles e insolubles que se comportan así:

- Gomas insolubles. Problemas de sedimentación de filtros.
- Gomas solubles. Formación de depósitos en la punta del inyector y fallos en las boquillas de los inyectores.

Las Materias Primas Más Comunes

Las principales fuentes para la producción a gran escala de biodiesel son colza, girasol, soja, higuera, palma, aceites de fritura usado, sebo de vaca, (Ver imagen 128)

IMAGEN 128 "MATERIAS PRIMAS POTENCIALES"

Higuerilla	Girasol	Soya	Palma Africana	Algodón
				
Rendimiento por Hectarea (kg/ha)				
1,500	1,500	3,000	20,000	3,000
Contenido de Aceite				
47%	42%	18%	20%	15%
Rendimiento de Aceite (kg/ha)				
705	630	540	4,000	450
2005 Producción en Brasil (m³/año)				
90,000	23,000	5,600,000	151,000	315,000

FUENTE: DIAZ, Carlos, Gerente de Mercadeo PETROBRAS Colombia Combustibles, PETROBRAS Una Empresa Con Energía, Julio 2007

Aceites vegetales

- Aceite de girasol
- Aceite de colza
- Aceite de soja
- Aceite de coco

- Aceite de palma

Aceites vegetales alternativos

- Aceite de Brassica carinata
- Aceite de Cynara curdunculus
- Aceite de Camelina sativa
- Aceite de Crambe abyssinica
- Aceite de Pogianus
- Aceite de Jatropha curcas

Grasas animales

- Sebo de vaca
- Sebo de búfalo

Aceites de fritura usados

El aceite usado de frituras es una buena opción par obtener biodiesel, su ventaja radica en muchas razones, la utilización de un compuesto que se tiene como desecho hace abaratar mucho los costos, su recolección y almacenamiento seria una de sus desventajas. Otra es la reutilización y la exposición del aceite a altas temperaturas, cambia su composición química y física, así como en sus propiedades organolépticas, así afectando la calidad del aceite⁹⁷.

Aceites de otras fuentes

Se puede generar grasas con composiciones parecidas a los aceites vegetales, mediante procesos microbianos, a partir de algas, bacterias y hongos, así como a partir de microalgas.

⁹⁷ DIAZ CAMELO, Johan Manuel, Exploración Del Proceso De Tratamiento Y Limpieza De Aceite Usado De Cocina Para La Producción De Biodiesel, Universidad De Los Andes, Facultad De Ingeniería, Departamento De Ingeniería Química, Bogota D. C. 2005

- Aceites de producciones microbianas
- Aceites de microalgas

- ***Reacciones en el proceso de producción de biodiesel***

El proceso mediante el cual se tratan los aceites vegetales, se llama “transesterificación o alcoholísis” como se mencionó anteriormente, se fundamenta en la reacción de moléculas de triglicéridos, el número de átomos de las cadenas está comprendido entre 15 y 23, siendo el más habitual de 18, con alcoholes de bajo peso molecular, para producir ésteres y glicerina, en el que se hidrolizan los enlaces éster de los triglicéridos, obteniendo nuevos ésteres con los ácidos grasos liberados en la hidrólisis y un alcohol sencillo que se utiliza como reactivo. Este se realiza en presencia de un catalizador, normalmente sosa o potasa, y a una temperatura de 60 °C. En la elaboración del biodiesel se obtiene el principal compuesto para la fabricación de jabones, la glicerina, este compuesto puede servir como materia prima en muchas industrias, tras el aumento mundial de la elaboración del consumo de biodiesel se necesitara, investigaciones que le den una utilidad a la glicerina puesto se saturara el mercado de este subproducto. El rendimiento de este proceso productivo es alto: a partir de una tonelada de aceite, 156 kg de metanol y 9,2 kg de potasa se pueden obtener 956 kg de biodiesel y 178 kg de glicerina sin refinar, además de recuperar 23 kg de metanol⁹⁸.

El principal componente del aceite vegetal son los triglicéridos. Además, la formación de la base de la glicerina, inmisible con los ésteres metílicos, juega un papel importante en el desplazamiento de la reacción hacia la derecha, alcanzándose conversiones cercanas al 100%.

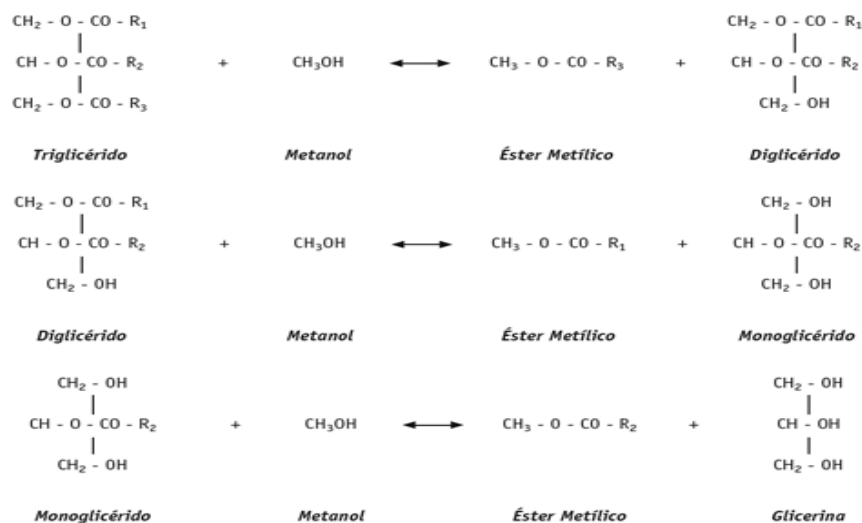
⁹⁸ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Los ácidos grasos que se presentan en los aceites son:

- Ácido esteárico $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ (18 carbonos, saturado)
- Ácido Linoléico $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ (18 carbonos más doble ligadura)
- Ácido palmítico $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$ (16 carbonos, saturado)
- Ácido oleico $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$ (18 carbonos 1 doble ligadura, insaturado)
- Ácido linolénico 18 carbonos, 3 dobles ligaduras⁹⁹

La reacción de transesterificación consiste en tres reacciones reversibles y se presentan a continuación: (Ver imagen129)

IMAGEN 129 "REACCIONES DE LA TRANSESTERIFICACION"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

⁹⁹ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

La reacción de transesterificación se utilizan catalizadores; a continuación se muestran algunos de los catalizadores usados en la industria:

Ácidos homogéneos:

- H_2SO_4
- HCl
- H_3PO_4 ,
- RSO
-

Ácidos heterogéneos:

- Zeolitas.
- Resinas Sulfónicas.
- SO_4/ZrO_2 .
- WO_3/ZrO_2

Básicos heterogéneos:

- MgO .
- CaO .
- $\text{Na}/\text{NaOH}/\text{Al}_2\text{O}_3$.

Básicos homogéneos:

- KOH .
- NaOH

Enzimáticos:

- Lipasas:
 - *Candida*,
 - *Penicillium*,

- Pseudomonas

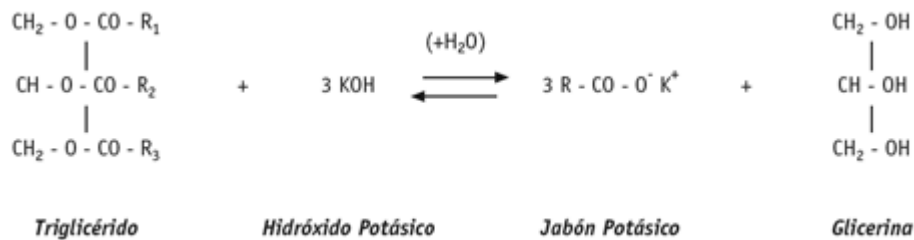
Los catalizadores homogéneos básicos realizan su trabajo con mayor rapidez y son los más utilizados en la industria. Al utilizar un catalizador ácido, tiempos largo de reacción y temperaturas altas, por esta razón se usa derivados de ácidos más activos.

El uso de álcalis, implica que el alcohol y los glicéridos deben ser anhidros, para impedir que se produzca la reacción de saponificación. Los triglicéridos deben contener una cantidad baja de ácidos grasos libres, evitando que se neutralicen el catalizador y formen jabones. Las reacciones secundarias serían:

- Reacción de neutralización de Ácidos grasos libres
- Reacción de saponificación

El catalizador básico reacciona con el triglicérido, consumiendo al primero en presencia de agua, formando jabones. (Ver imagen 130)

IMAGEN 130 "REACCION DE SAPONIFICACION"

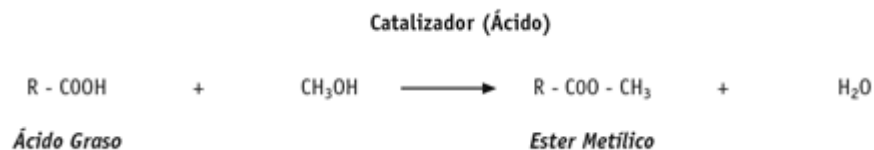


FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Una de las condiciones para la transesterificación es que los aceites se les elimine el agua, otra manera de eliminar los ácidos grasos libres es mediante una reacción de esterificación, con un catalizador ácido con lo que se formaría el éster metílico.

Los ésteres, tiene una gran importancia, de allí que se han desarrollado muchos procesos para obtenerlos. Uno de los métodos utilizados es el calentar una mezcla del alcohol y del ácido correspondiente con ácido sulfúrico, utilizando el reactivo en exceso para aumentar el rendimiento y desplazar el equilibrio hacia la derecha. En este caso el ácido sulfúrico, tiene dos funciones como sustancia que absorbe agua formada en la reacción y como catalizador. El alcohol tiene la posibilidad de sufrir reacciones de eliminación formando olefinas, esterificación con el propio ácido sulfúrico o de formación del éter, y el ácido orgánico puede sufrir decarboxilación¹⁰⁰. (Ver imagen 131)

IMAGEN 131 "REACCION DE ESTERIFICACION"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

- **Proceso de transesterificación**

La utilización de los diferentes métodos para la producción de biodiesel se usan de acorde a las plantas procesos Batch o discontinuos en plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación. Los procesos continuos, se utilizan en plantas con mayor capacidad.

¹⁰⁰ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

- **Proceso Discontinuo**

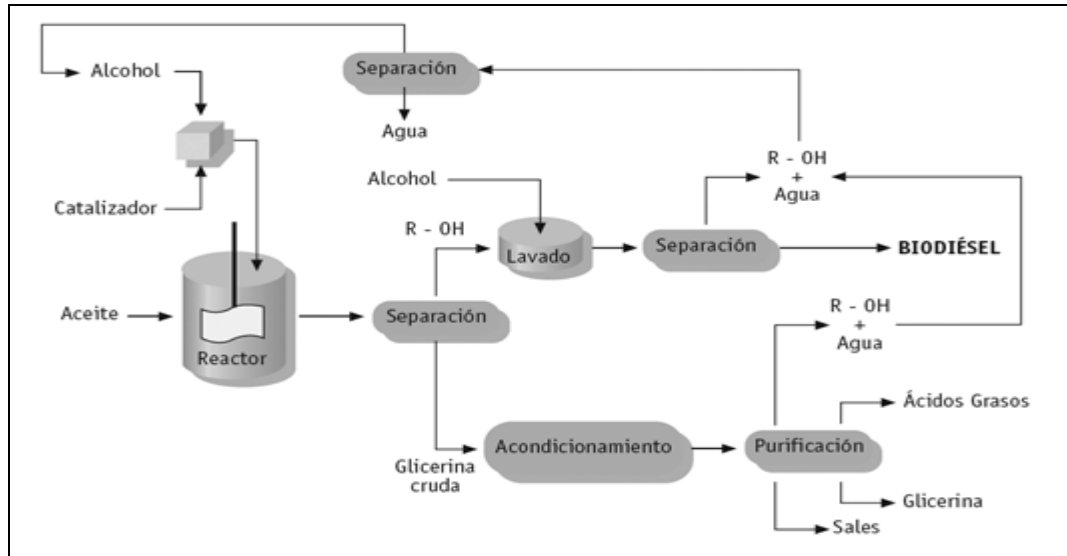
Costa de reactores con agitación, acá el reactor tiene la posibilidad de estar sellado o tener con un condensador de reflujo. Opera a temperaturas de 65°C, y con variaciones de temperaturas desde 25°C a 85°C. (Ver imagen 132)

Uno de estos procesos se denomina catálisis alcalina y tiene las siguientes características:

- La más utilizada comercialmente por la posibilidad que ofrece de trabajo en condiciones moderadas de presión y temperatura.
- Los catalizadores más usados son el NaOH, y el KOH.
- Requiere para una alta conversión que tanto el aceite como el alcohol deben ser anhidros para evitar la formación de jabones.
- Igualmente, el aceite utilizado como materia prima debe tener una baja proporción de ácidos grasos libres para evitar que se neutralicen con el catalizador y se formen también jabones.
- Debido a la poca solubilidad del aceite en el alcohol, se requiere de agitación para acelerar el proceso de reacción.
- Con el fin de obtener altas conversiones, se puede o utilizar alcohol en exceso, o retirar la glicerina subproducto de la reacción. Cuando se trabaja con exceso de alcohol se maneja hasta un 60%, porcentajes mayores, dificultando la separación posterior del glicerol¹⁰¹.

¹⁰¹ OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

IMAGEN 132 "PROCESO DE TRANSESTERIFICACIÓN DISCONTINUO"



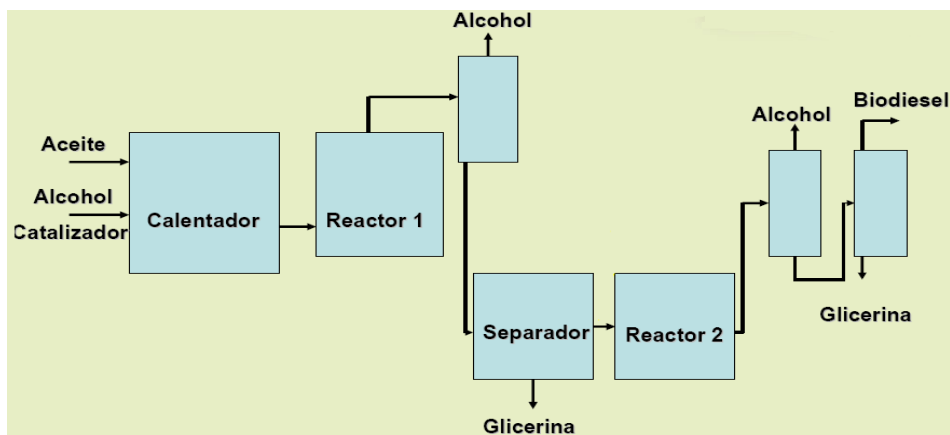
FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

- Proceso Continuo

La diferencia es el uso de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR del inglés, Continuous Stirred Tank Reactor, después de la decantación de glicerol en el decantador, la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida. (Ver imagen 133)

En el método continuo se utilizan tiempos menores (del orden de 6 a 10 minutos) por ende hay un ahorro. Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión.

IMAGEN 133 "PROCESO DE TRANSESTERIFICACION CONTINUO"

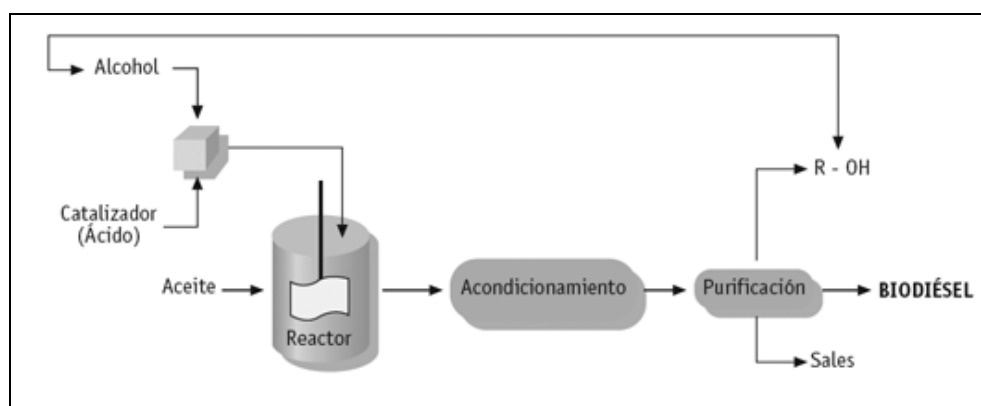


FUENTE: OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

- **Proceso de Esterificación**

- En este proceso se calienta una mezcla del alcohol y del ácido, en estos procesos de esterificación se utilizan catalizadores ácidos con ácido sulfúrico, utilizando el reactivo en exceso para aumentar el rendimiento y desplazar el equilibrio hacia la derecha. (Ver imagen 134)

IMAGEN 134 "PROCESO DE ESTERIFICACIÓN"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

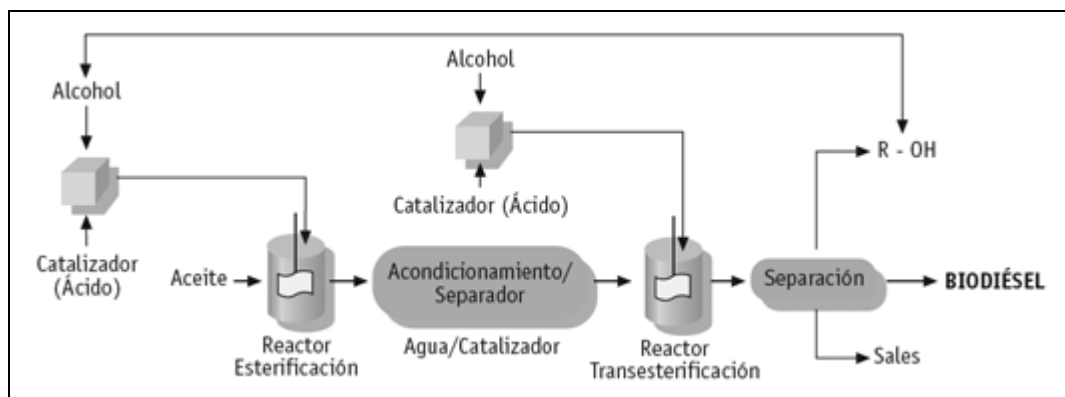
- **Proceso Combinado Esterificación-Transesterificación**

En este método se refina los ácidos grasos. Se añaden los catalizadores cáusticos y el producto de reacción se separa mediante centrifugación proceso al cual se llama Caustic Stripping. Los aceites que refinan, se secan y se envían a la unidad de transesterificación. De esta manera, los ácidos grasos pueden ser transformados en ésteres metílicos por razón de un proceso de esterificación.

Otra forma de llevar a cabo este proceso es usar un catalizador básico para formar jabón. El jabón es recuperado, y el aceite secado.

A continuación se mostrara el diagrama de este tipo de proceso (Ver imagen 135)

IMAGEN 135 "PROCESO DE CATÁLISIS ÁCIDA, PRODUCCIÓN DE BIODIESEL MEDIANTE ESTERIFICACIÓN/TRANSESTERIFICACIÓN



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

La catálisis ácida tiene las siguientes características:

- Adecuada para el procesamiento de materias primas que contienen altos niveles de ácidos grasos libres, tales como las grasas animales y los aceites usados.

- Los catalizadores ácidos simultáneamente pueden llevar a cabo las reacciones de esterificación (transformación de los ácidos grasos libres) y transesterificación.
- Los tiempos de reacción son mucho más lentos en comparación con la catálisis alcalina, hecho que se constituye en una limitante importante.
- Catalizadores en fase homogénea, el más investigado es el ácido sulfúrico, aunque también se han estudiado opciones como el HCl, BF₃ y H₃PO₄.
- Los catalizadores homogéneos conllevan una serie de problemas por los aspectos de corrosión y las dificultades relacionadas con la separación y purificación de los productos.
- Por lo anterior se ha mostrado un interés creciente en el desarrollo de catalizadores sólidos entre los que se encuentran: compuestos orgánicos de estaño y titanio, acetatos alcalinos, ácidos de Lewis, carbonatos alcalinos, y carbonatos alcalinotérreos.
- Se utiliza bastante como un proceso de pre-esterificación.

Utilización del glicerol para la obtención de aditivos (éteres de glicerol) que mejoren las propiedades del biodiesel¹⁰².

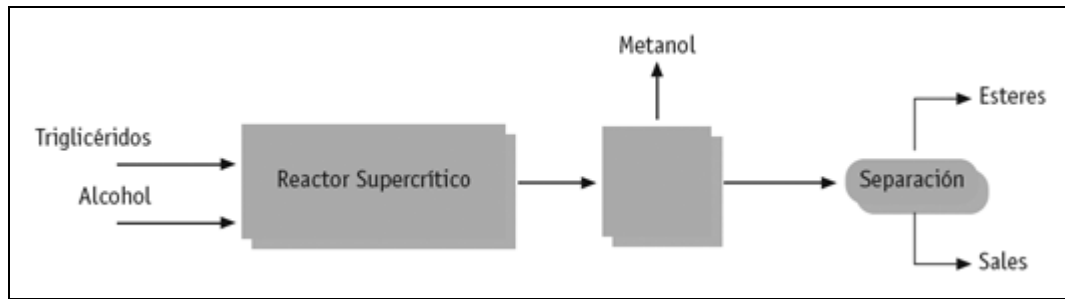
• Proceso en Condiciones Supercríticas

Cuando un fluido o gas es sometido a temperaturas y presiones que exceden su punto crítico, aparecen una serie de propiedades inusuales. Desaparece la diferencia entre la fase líquida y vapor, existiendo sólo una fase de fluido presente. Además, los disolventes que contienen grupos OH, como el agua o alcoholes primarios, toman las propiedades de superácidos¹⁰³. (Ver imagen 136)

¹⁰² OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

¹⁰³ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

IMAGEN 136 "PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL MEDIANTE PROCESO SUPERCRÍTICO"



FUENTE: REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

Las características de este proceso son las siguientes:

En estado supercrítico, la densidad del fluido es cercana a la del líquido, la viscosidad es parecida a la del gas, la conductividad térmica y el coeficiente de difusión toman valores intermedios.

- Se favorece la transferencia de masa debido a la baja viscosidad y alta difusividad. Adicionalmente, se mejora la transferencia de calor.
- ($T > T_{cy}$ $P > P_c$). Para el caso del metanol significa utilizar temperaturas superiores a 240°C, y presiones superiores a 7,9 MPa.
- Se mejora la reactividad del alcohol y por ende se facilita la reacción de transesterificación, de hecho para lograr un 98% de conversión se toma pocos minutos de 7 a 15.
- Poseen patentes tanto sin uso de catalizador, como empleando un catalizador sólido carbonato de sodio, óxido de calcio, hidroxido de calcio, carbonato de calcio, óxido de magnesio.
- Se pueden procesar materias primas con altos contenidos de ácidos grasos libres y agua, lo cual amplía el rango de materias primas a utilizar.
- Es inconveniente los altos costos de calentamiento y enfriamiento involucrados por el manejo de altas temperaturas, así como la utilización de altas relaciones

metanol/aceite hace que se incrementen los costos para la evaporación del metanol sin reaccionar.

- Se han propuesto mejoras consistentes en la utilización de dos reactores que operan en serie, que permite una etapa intermedia entre las dos reacciones para la remoción del glicerol, y trabajar con relaciones más bajas de alcohol/aceite. Adicionalmente, se introducen intercambiadores de calor, lo que optimiza el consumo energético¹⁰⁴

Otras tecnologías que se pueden aplicar para la producción de biodiesel son las siguientes: (Ver tabla 37)

TABLA 36 "TECNOLOGIAS ALTERNAS"

Tecnologías	Ventajas	Desventajas
Gasificación de Biomasa seguida de Síntesis Fisher-Tropsch	<ul style="list-style-type: none"> Produce diesel de alta calidad. (<i>Hidrocarburos lineales</i>). Combustibles libres de Azufre y Nitrógeno. Alta Eficiencia de Conversión 	<ul style="list-style-type: none"> Las condiciones de no son ambientales. Altas Temp. 475-625 °K y Presiones 14-40 bar. Altos costos de inversión y operación Combinación de Tecnologías Fase crítica de limpieza del gas de Síntesis.
Pirólisis de Biomasa	<ul style="list-style-type: none"> Simple y fácil de construir 	<ul style="list-style-type: none"> Normalmente produce una mezcla de productos líquidos, gaseosos y sólidos. Para obtener una alta conversión a líquido se necesita trabajar aprox. a 500°C El combustible producido tiene una potencia calórica 40% menor al biodiesel normal, alta viscosidad, contenidos de aguas y sólidos. Requiere procesos de refinación y mejoramiento.
Pirólisis de Aceites Vegetales	<ul style="list-style-type: none"> Se obtienen combustible similar al diesel en composición Tecnología similar al hidrotatamiento utilizado en la refinación del petróleo Menos costosa que la Transesterificación. 	<ul style="list-style-type: none"> En el uso de la opción del craqueo térmico, se obtiene una mezcla de algunos hidrocarburos oxigenados, lo cual es indeseable en el diesel El uso de la opción de hidrotatamiento (craqueo catalítico) requiere el uso de altas presiones.

FUENTE: OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

¹⁰⁴ OJEDA, Yesid, Asesor Programa Nacional de Investigaciones en Energía y Minería, COLCIENCIAS, Panorama de Tecnologías para la producción de Biodiesel, Julio 2007

Utilización Del Biodiesel

Problemas de viscosidad del biodiesel, provoca inconvenientes en la utilización en los motores, la solución es cambiar los motores, o usar motores Elsbett que se explicaran mas adelante. Los ácidos grasos fluctúan en su longitud y en el número de dobles enlaces contenidos en la cadena. Esto se ve representado en índice de yodo. La presencia de enlaces dobles infiere que será mejor su funcionamiento en bajas temperaturas, ya una cantidad muy grande de enlaces dobles, indica que el aceite vegetal tiene una viscosidad muy alta, acarreando problemas en el bombeo a los inyectores, teniendo un rendimiento deficiente. Los ácidos grasos poli-insaturados tienen una elevada reactividad que los hace susceptibles a la polimerización y formación de gomas, que se forman por oxidación durante el almacenamiento o por una deficiente polimerización térmica y oxidativa.

Las mezclas de los aceites vegetales con el ACPM muestran los siguientes inconvenientes:

- No se queman completamente dando por resultado depósitos carbonosos.
- Espesamiento del aceite lubricante.
- Elevada viscosidad. Dificultad para el bombeo y la formación de gotas.-
- Bajo número de cetano. Combustión deficiente en motores rápidos.
- Comportamiento deficiente en frío. Problemas de bombeo y filtrabilidad.
- Ensuciamiento de inyectores.

Una solución a estos problemas sería a través de la modificación del motor diesel:

- Precalentamiento del combustible.

- Inyección en pre-cámara. Inyectores auto-limpiantes.
- Motores más adiabáticos: cámara de combustión labrada, menor refrigeración.
- Sistema de arranque con DIESEL.
- Si bien se ha demostrado que se pueden utilizar en motores diesel sin modificar mezclas de hasta 1:2 biodiesel: diesel, en el caso del aceite de soja.

Motores Elsbett

Para utilizar los aceites vegetales sin el proceso de transesterificación, sería necesario utilizar a la par con el etanol, una tecnología diferente en los motores esta tecnología sería los “*Motores Elsbett*” diseñados por la empresa alemana Elsbett Konstruktion, aplicables tanto en motores monocilíndricos como en motores de hasta doce cilindros. Son motores impenetrables al calor es decir adiabáticos, lo que quiere decir que tiene poco intercambio de temperatura con el medio ambiente y cuentan con sistema de refrigeración que los hace ahorrar energía entre el 25% y 50% de la energía que pierde y además puede trabajar gracias a ello, a temperaturas mucho mas altas, se considera un motor limpio al quemar todo el combustible, Es un motor preparado para la combustión de aceite vegetal crudo, sin refinar y sin eterificar, que no carboniza ni deja sustancias residuales, que tiene una eficiencia térmica superior al 40 %. El cambio que se tiene en este tipo de motores es, quitar la cámara de agua del bloque, cambiar la tapa de los cilindros y los pistones y añadir un pequeño radiador para el aceite refrigerante. La única condición es que el motor no disponga de elementos cerámicos.

La goma y el caucho, materiales empleados en la fabricación de los conductos y las juntas del sistema se disuelven por la acción de los aceites vegetales, esta es una de las razones por la cual se utiliza la mezcla con el ACPM, de esta forma cuando se disuelve uno de estos componentes hay fuga de combustible. Estas características del comportamiento del biodiesel con las gomas y cauchos, obligo a muchos fabricantes de vehículos a cambiar estas partes por refacciones plásticas a las cuales el biodiesel no las afecta.

A continuación se realiza una comparación de los problemas del biodiesel frente al diesel:

- ***Incompatibilidad a bajas temperaturas***

El biodiesel tiene la característica de tener malos comportamientos con las temperaturas bajas, sus Puntos de de Obstrucción por Filtros Fríos (POFF), puntos de Congelación (PC), Puntos de Nube (PN), tienden a ser suavemente superiores o muy altos dependiendo de la biomasa de origen del aceite vegetal.

- ***Mayor Viscosidad.***

Puede haber bajas en los flujos a través de los inyectores y filtros por la mayor viscosidad del biodiesel. Si el spray es alterado por el flujo de combustible se puede generar una coquización del inyector o dilución del lubricante.

- ***Coquización del inyector.***

La coquización se aumenta paralelamente con al aumento de la Viscosidad, del peso Molecular, y la potencia Calorífica.

- ***Dilución del Lubricante.***

No cualquier lubricante se puede utilizar, tiene que ser uno con capacidad dispersante, superior a la utilizada con el diesel. La dilución que se produce por el biodiesel en el aceite, hace que la viscosidad disminuya en unas primeras etapas, Se han observado diluciones máximas en el cárter del orden del 15- 20%. Cada motor tiene un orden de dilución diferente debido a sus holguras de fabricación.

La dilución afecta el motor así:

- Formación de lacas en los orificios del inyector.
- Se observan depósitos de carbonilla blandos en la boquilla del inyector, corona del pistón y cabeza del cilindro.
- Desgastes en el cojinete de bancada
- Se generan menos depósitos de carbono en la válvula de admisión y similares en la de escape que respecto al diesel.
- El biodiesel genera unos depósitos de carbón similares al diesel en los segmentos superiores, pero se obtienen mayores lacas en los segmentos internos.
- Lodos en el sumidero, zonas de filtración de la bomba de aceite y otras partes del motor.

La dilución aumenta con la carga empleada que con la velocidad referente al lubricante:

- Aumento de la acidez del lubricante.
- Separación de fases. Se forma una pequeña capa de fangos negros.
- Por todo esto se recomiendan cambios en el aceite en periodos más cortos que para un diesel normal.
- Aumento de la viscosidad.

- Aumento de los niveles de metales de desgaste.

- ***Problemas de Corrosión***

Ataque al Cu y Pb. El plomo se desgasta con mayor facilidad con el biodiesel, en el motor hay muchas partes de este material se muestran a continuación:

- Casquillo de Pie de Biela 10% (recubrimiento).
- Casquillos de la Bomba de aceite (recubrimiento).

El Cobre al igual que el plomo se ve afectado por la utilización del biodiesel a continuación se mostrara las partes que conforman el motor con este material:

- Enfriador del aceite 100%.
- Casquillo de Pie de Biela 75%
- Diferentes partes en menores porcentajes.

Se puede sustituir el cobre en las refacciones:

- Enfriadores de acero inoxidable. Deben ser de mayor dimensiones, razón a que disipan mal el calor
- Sustitución de los casquillos de Pie de Biela, otros que resistan ácidos y Cl.

Ataque a las juntas y pinturas:

- Al entrar en contacto las juntas de nitrilo con el Biodiesel se disuelven, teniendo la necesidad de reemplazarlas por las Viton
- Sustituir las pinturas del tanque por pintura acrílica.

Agentes corrosivos presentes en el Biodiesel:

- El Cloro es un compuesto muy corrosivo y puede proceder del biodiesel elaborado con aceite de frituras
- Agua.
- Ácidos.
- Microbios.

Otros contaminantes:

- La presencia de Potasio y Sodio precipita los jabones obstruyendo los filtros.
- Los Diglicéridos y Triglicéridos forman quelatos¹⁰⁵ con los metales de las superficies metálicas.
- Glicerina libre y total afectan la bomba de inyección.
- ***Sedimentación o Colmatación de filtros.***

- El biodiesel limpia todo el sistema sedimentando los filtros y al utilizarlo en los motores se deberá cambiar rápidamente estos filtros.
- Los filtros también se pueden sedimentar con glicerina.
- Los glicéridos causan cristalizaciones a bajas temperaturas. Los mono y diglicéricos afectan al punto de nube, pero no al de congelación.
- Se pueden usar prefiltros de 5-10 mm para eliminar la mayor cantidad de suciedad inicial.

¹⁰⁵ Compuestos orgánicos que tienen la habilidad de atrapar iones que están disueltos en el agua convirtiéndolos en sustancias solubles.

- ***Problemas de Estabilidad.***

- El biodiesel no tiene tanta estabilidad que el diesel, a razón que el biodiesel posee dobles enlaces y oxígeno en su molécula.
- Al almacenar el biodiesel se puede hacer en recipientes aluminio o acero sin afectar su estabilidad.
- En cambio utilizar recipientes de plomo, cobre, cinc, o una aleación de los tres, afecta negativa su estabilidad ya crea sedimentos¹⁰⁶.
- El uso del biodiesel también tiene muchas ventajas que se tiene que tener en cuenta para tener un juicio claro entre los dos combustibles, al ser compatibles en mezclas y uso.

- ***Lubricidad.***

El biodiesel tiene mayor lubricidad que el diesel, y produce menos partículas de desgaste que el ACPM.

- ***Número de Cetano.***

El biodiesel tiene menor su numero de cetano, esto se da a razón de que los compuestos aromáticos poseen un Número de Cetano menor, y el aceite vegetal utilizado como combustible, tiene una pequeña proporción de estos aromáticos, en contraposición los ácidos grasos del biodiesel tiene Numero de Cetano mayor al diesel. Otro situación que afecta en el Número de Cetano para que sea mayor, es la estructura, sus ramificaciones y enlaces dobles de la molécula, y su cadena

¹⁰⁶ REVISTA Virtual PRO, Tecnologías Aplicadas para la producción de Biodiesel, I Seminario Taller Biocombustibles, Documento preparado como apoyo al taller de producción de bioetanol, 27 y 28 de julio del 2007, Universidad Manuela Beltrán

larga de (CH₂), así el Número de Cetano depende de las propiedades que tenga el biodiesel, dependiendo de su origen.

- **Emisiones Contaminantes.**

Las moléculas de Ester tiene presencia de oxígeno, así se producen la combustión en mejores condiciones, teniendo mejor rendimiento, alcanza menor cantidad de opacidad en los humos y partículas emitidas, esto se debe en parte por el mayor Numero de Cetano, reducción de las emisiones de CO₂ en el ambiente debido a que teóricamente se cierra el ciclo del carbono, ya que el CO₂ producido por la combustión del biodiesel, es capturado nuevamente por las plantas productoras del aceite, disminución del impacto ambiental comparado con los combustibles fósiles, debido a la reducción de las emisiones contaminantes de SO₂ y es biodegradable en un 98,3% en 21 días (Ver tabla 38).

TABLA 37 "CAMBIO EN LAS EMISIONES DE BODIESEL RESPECTO AL DIESEL CONVENCIONAL"

	GEI Directo			Precusores de GEI	
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Emisiones por ACPM (gr/Km)	776	0,045	0,021	3,787	6,270
Cambio en emisiones con B100%	- 50%	- 43,60%	+ 7,40%	- 30,75%	+ 7,40%
Cambio en emisiones con B20%	- 13,55%	- 16,16%	+ 1,44%	- 10,46%	+1,44%
Equivalentes en Tn de CO ₂ (20 años)	1	21	280	3	40

FUENTE: GONZÁLEZ, Alejandro. Estimación De Efectos En Emisiones Y En Costos Por La Utilización De Biodiesel En El Transporte De Carga Por Carretera En Colombia, Universidad De Los Andes, Facultad De Economía, Magíster En Economía Del Medio Ambiente Y De Los Recursos, Naturales – Pemar, Bogotá D.C., noviembre de 2004

Se tiene que tener en cuenta para el beneficio que se consigue al rebajar las emisiones, con la estimación del parque automotor en Colombia de carga se distribuye con un 44% de vehículos para servicios particulares y 56% de vehículos

para servicio público, y su característica principal, es su avanzada edad promedio, de aproximadamente 22 años¹⁰⁷.

- **Evaluación de la mezcla aceite vegetal diesel.**

TABLA 38 “ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DEL BIODIESEL COLOMBIANO”

PROPIEDADES	METODO DE ANALISIS	UNIDADES	Especificaciones (Resolución 1289)	Metil Ester 1 (BCME)	Metil ester RBD
Gravedad API	ASTMD 4052	°API	Reportar	30,1	30,8
Densidad (15°C)	ASTMD 4052	g/mL	-----	0,8753	0,8716
Viscosidad a 40° C	ASTMD 445	mm ² /s	1,9 - 5,0	4,49	4,43
Numero de cetano	ASTMD613	Cetanos	min 47	67,6	67,6
Punto de Chispa	ASTMD 92/93	°C	min 120	159	185
Punto de Fluidez	ASTMD 97	°C	3	12	12
Punto de nube	ASTMD 2500	°C	Reportar	13	16
Estabilidad Térmica	ASTMD6468	%Reflect	min 70	99,2	N.D
	ASTMD 1500	Antes/Desp	-----	4.0 / 4.5	N.D
Estabilidad al almacenamiento (3 Semana/6 Semanas)	ASTMD4625	mg/100 ml	máx 1.5	0.47 / 0.34	N.D
	ASTMD 1500	Inicial	-----	4.5L	N.D
		3 Semanas	-----	4.5L	
6 Semanas	-----	4.5L			
Color ASTM	ASTMD 1500	N/A *	-----	6,0	0,9
Corrosión Lámina de Cu	ASTMD 130	N/A *	1	1a	1a
Residuo de Carbon conrandson	ASTMD4530	% peso	máx 0,3	<0,1	N.D
Cenizas sulfatadas	ASTMD 874	% Peso	max 0,02	<0,005	<0,005
Contenido de agua	ASTMD 95	mg / kg	max 500	800	500
Número ácido	ASTMD 664	mg KOH/g	max 0,8	<0,1	<0,10
Poder Calorífico	ASTMD 240	MJ/kg	Reportar	39.866	40.025

FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Unidad de Planeación Minero Energética, “Desarrollo Y Consolidación Del Mercado De Biocombustibles En Colombia”, Biofuels Colsulting. Bogotá Unidad 22 De Agosto De 2007.

A continuación se mostraran los resultados hechos por el Instituto de Ingeniería Rural INTA CASTELAR de Argentina, donde se evaluaron las mezcla B20, la utilización de B100 en las pruebas, y diesel corriente (Gas-oil) en un tractor con las siguientes especificaciones (Ver tabla 40):

¹⁰⁷ GONZÁLEZ, Alejandro. Estimación De Efectos En Emisiones Y En Costos Por La Utilización De Biodiesel En El Transporte De Carga Por Carretera En Colombia, Universidad De Los Andes, Facultad De Economía, Magíster En Economía Del Medio Ambiente Y De Los Recursos, Naturales – Pemar, Bogotá D.C., noviembre de 2004

TABLA 39 "ESPECIFICACIONES DE TRACTOR"

TRACTOR	TRACTOR 1
Número De cilindros	6
Cilindrada	6.128
Relación de compresión	19:1
Inyección	Directa
Aspiración	Natural
Sistema de enfriamiento	Aire
Bomba inyectora	Lineal
Potencia a la toma de potencia (CV) INTA	118,2
Régimen de potencia máxima rpm	2300
Régimen de par máximo rpm	1600
Régimen máximo rpm	2495
Par máximo TdeP kgm INTA	39,2
Consumo potencia máxima l/h INTA	25,05
Consumo par máximo (l/h) INTA	20,91
Consumo específico potencia max (g/CVh) INTA	181
Consumo específico par máximo (g/CVh) INTA	183

FUENTE: HILBERT Jorge Antonio, Ing. Agr., Determinaciones En Laboratorio A La Toma De Potencia, INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CASTELAR, Buenos Aries Argentina NOVIEMBRE 2001

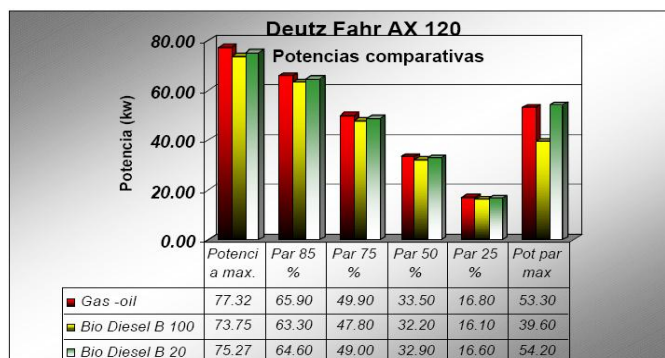
Se trazaron las curvas de potencia, consumo horario y específico a carga máxima en forma comparativa entre los combustibles (Ver tablas 41 y 42, Gráficas 30 y 31).

TABLA 40 "ENSAYOS DE POTENCIA"

Tractor	Combustible	Par Nm	Potencia kW	Cons.l/h	g/Kwh
Deutz AX 120	Gas-oil	1162.5	77.3	22.0	243.3
Deutz AX 120	B 100	1117.2	73.8	23.2	279.9
Diferencias %		3.90	4.61	-5.45	-15.02
Deutz AX 120	Gas-oil	1162.5	77.3	22.0	243.3
Deutz AX 120	B 20	1139.0	75.3	23.6	270.6
Diferencias %		2.02	2.65	-7.27	-11.23

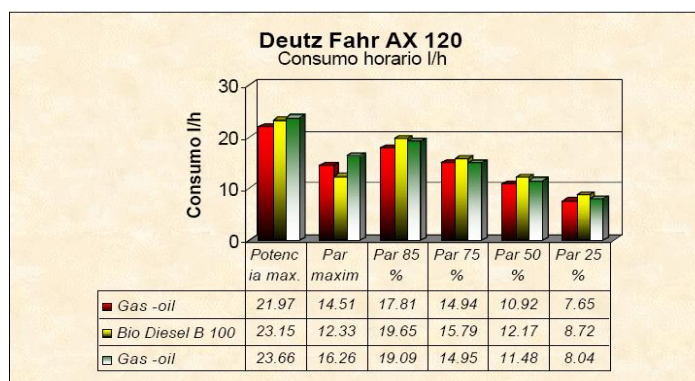
FUENTE: HILBERT Jorge Antonio, Ing. Agr., Determinaciones En Laboratorio A La Toma De Potencia, INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CASTELAR, Buenos Aries Argentina NOVIEMBRE 2001

GRAFICA 30 "POTENCIAS COMPARATIVAS"



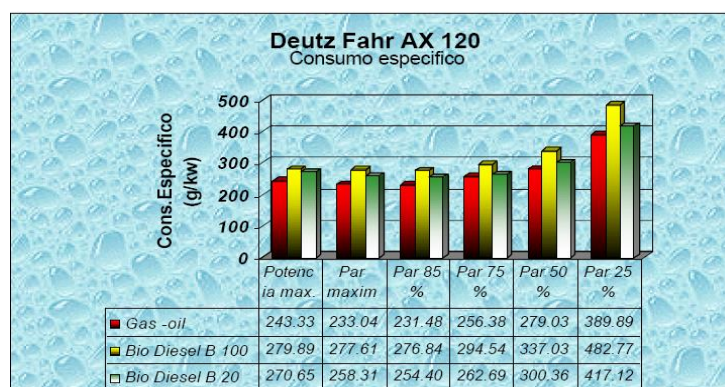
FUENTE: HILBERT Jorge Antonio, Ing. Agr., Determinaciones En Laboratorio A La Toma De Potencia, INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CASTELAR, Buenos Aries Argentina NOVIEMBRE 2001

GRAFICA 31 "CONSUMO L/H"



FUENTE: HILBERT Jorge Antonio, Ing. Agr., Determinaciones En Laboratorio A La Toma De Potencia, INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CASTELAR, Buenos Aries Argentina NOVIEMBRE 2001

GRAFICA 32 "CONSUMO ESPECIFICO"



FUENTE: HILBERT Jorge Antonio, Ing. Agr., Determinaciones En Laboratorio A La Toma De Potencia, INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CASTELAR, Buenos Aries Argentina NOVIEMBRE 2001

En el estudio concluyo, que en la utilización de diesel corriente, se observan más potencia, menos consumo de l/h y consumo específico (g/Kw), al contrario al ir aumentado la mezcla se disminuye un poco la potencia y aumenta consumo de l/h y el consumo específico (g/Kw).

- **Evolución de los Biocombustibles**

- **Biocombustibles de primera generación**

Los biocombustibles de primera generación son utilizados en mezclas, con los combustibles fósiles en cierto porcentaje, de esta forma se contribuye en los objetivos del protocolo Kyoto, sobre todo porque los beneficios se aplicarían a toda la flota de vehículos.

El uso de de estas alternativas es la primera fase para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ampliar la canasta energética utilizada en el transporte.

- **Biocombustibles de segunda generación y en adelante**

Tecnologías que se han desarrollado en la actualidad, refiriéndose al caso del alcohol carburante, como los motores flex-fuel, en los cuales se puede usar cualquier mezcla hasta el 100% del alcohol carburante y en el caso del biodiesel, en su totalidad con una mezcla B100, como los motores *Elsbett*, en los cuales se abaratan los costos al no tener procesos de transesterificación o refinación del aceite vegetal, como se menciona anteriormente.

- ***Biocombustibles de tercera generación***

Se puede obtener a partir de celulosa, ya se encuentran en un avance muy importante, En la Unión Europea se han creado tres instalaciones piloto, en Suecia, España y Dinamarca.

Esta técnica permitiría aprovechar el 100% de la biomasa,

Otras tecnologías que se han generado alrededor del biodiesel para convertir la biomasa en biocombustibles líquidos (BtL) son el biodiesel Fischer-Tropsch y el bio-DME (biodimetiléter). En Alemania y Suecia hay instalaciones de demostración operativas.

En combustibles como el gas natural sintético (SNG) tiene la característica de producirse a partir de recursos renovables como fósiles. Este combustible gaseoso tiene bajas emisiones de CO₂, y es un avance muy importante en la tecnología en el desarrollo de otros combustibles gaseosos.

También estas tecnologías a futuro pueden abaratar los costos de producción, dejando las tecnologías utilizadas en el país inviables económicamente. Las plataformas tecnológicas de los biocombustibles y otras plataformas tecnológicas pueden desempeñar un papel esencial a este respecto.

Esta etapa de los biocombustibles de primera, segunda y tercera generación, es el punto de partida para la producción de hidrógeno a partir de recursos renovables, en el cual se daría la posibilidad de que en su uso sea libre de emisiones. Aunque esta tecnología requería un cambio total en el tipo de motores, plantas de la producción de hidrógeno y un nuevo sistema de distribución.

6.2.2.2. Aspecto Social

- **Aspecto Social del sector palmero**

La palma de aceite ha ido ocupando en forma pacífica y sostenible el territorio nacional. Hoy se yergue orgullosa en setenta y tres municipios de la mitad de los departamentos de Colombia, donde genera alrededor de ochenta mil empleos que benefician a miles de familias y contribuye al desarrollo regional.

La agroindustria palmera agrupa a pequeños cultivadores, trabajadores agrícolas, personal administrativo, técnicos y profesionales de diferentes disciplinas, empresarios del campo e industriales. Un variado equipo humano, cohesionado por su indeclinable vocación trabajadora y empresarial.

En las regiones palmeras de Colombia se unen los medianos y grandes empresarios con los pequeños productores en alianzas estratégicas, en las que confluyen los saberes, las culturas y las energías en mutua disposición para el progreso.¹⁰⁸

Por otra parte desde la óptica agronómica y ambiental, existen limitaciones serias para la ampliación de la frontera agrícola para la producción de biocombustibles. Colombia dispone de un amplio margen para aumentar la dicha “frontera”, que actualmente es de alrededor de 3.4 a 3.6 Mha cultivadas dentro de una zona predominantemente agrícola de 6 Mha.

Dentro de esta extensión se necesitan 50.000 Has para satisfacer la demanda nacional de biodiesel para una mezcla B5 formando inicialmente 15.600 empleos en las zonas productivas, en las plantas de beneficio y en las plantas productoras

¹⁰⁸ FEDEPALMA, Centro de documentación. La palma social. www.fedepalma.org

de Biodiesel, en el futuro cuando se implemente la mezcla B10 se necesitarán 100.000 Ha, con disponibilidad de 31200 empleos y por último con la mezcla B20 se crearían 62400 empleos, ocupando 200.000 Ha, contenidas entre los 2'400.000 Ha o 2.4Mha que están disponibles para la agricultura a parte de la frontera agrícola del país, que como se dijo anteriormente no supera las 4Mha, sin contar las zonas que actualmente están en producción, trayendo a dichas zonas palmicultoras, alto desarrollo y estabilidad para la población que se dedicara a este negocio.

Los datos explicados anteriormente, están reunidos en la tabla de las hectáreas requeridas para el consumo nacional del estudio de Corpodib (Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Mas Limpia). (Ver tabla 43)

TABLA 42 "HECTÁREAS REQUERIDAS PARA EL CONSUMO NACIONAL"

	%	KTon/año	Miles Has	Empleos
BIODIESEL DE PALMA	5	200	50	15600
	10	400	100	31200
	20	800	200	62400

Fuente: CALA, Hederich, David F. Director Ejecutivo Corpodib. Biocombustibles en Colombia y el mundo, presentación seminario de Biocombustibles revista Virtual Pro, Julio de 2007.

Además de la disponibilidad de tierras para la producción de palma en el futuro, hoy hay aproximadamente 160 mil Has de palma en producción lo cual equivale a 640 mil Ton/año, Aproximadamente 4 Ton de aceite de palma /Ha. lo que da lugar a la exportación inicial del exceso de biodiesel, entendiendo que en el principio sólo se aplicará la mezcla de 5% de biodiesel y 95% ACPM y progresivamente se ampliará el negocio, pues no se puede abandonar la industria aceitera de Colombia.

- **Aspecto social del sector de la higuierilla**

Los beneficios del biodiesel son extensivos a toda la sociedad. La producción del combustible en escala industrial representa una economía de petróleo, acelera el fin de las importaciones de diesel y posibilita a los países el ahorro de divisas. Motivados por el auge inusitado que ha presentado el aceite de Higuierilla, debido a sus más de 700 aplicaciones, no solo en Colombia sino en países como, España, Francia, Alemania, Paraguay, Ecuador y Brasil, se ha considerado que la explotación intensiva del cultivo de la Higuierilla para la extracción de aceite, puede ser una solución a los problemas económicos que viven hoy muchos hogares en el país.

En el caso de Colombia ha generado expectativa, por las reconocidas propiedades del aceite de ricino, por los bajos costos que representa el cultivo de la higuierilla (Ver tabla 44) para los productores y la relativa simplicidad del proceso de extracción del aceite, para su posterior procesamiento en la obtención de biodiesel.

TABLA 42 "COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTAREA DE LA HIGUERILLA"

Costo de Producción de la Higuierilla					
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	PRECIO UNIT.	COSTO	%
Serv. Preparación mecanizada del suelo	2	pasadas	\$ 55.500	\$ 166.500	15,67
Serv. Descascaramiento en máquinas	1	toneladas	\$ 33.800	\$ 33.800	3,182
Labor, Siembra manual y fertilización	5,6	D/H	\$ 14.500	\$ 81.200	7,644
Labor raleo	0,5	D/H	\$ 14.500	\$ 7.250	0,682
Labor control de malezas	14	D/H	\$ 14.500	\$ 203.000	19,11
Labor aplicación de plagisidas	2	D/H	\$ 14.500	\$ 29.000	2,73
Labor 2° fertilización	1	D/H	\$ 14.500	\$ 14.500	1,365
Labor cosecha	14	D/H	\$ 14.500	\$ 203.000	19,11
Labor transporte interno	2	D/H	\$ 14.500	\$ 29.000	2,73
Insumos abono mineral (NP15-15-15)	300	Kg	\$ 450	\$ 135.000	12,71
Insumos semilla	6	Kg	\$ 5.950	\$ 35.700	3,361
Insumos insecticida	2	Kg	\$ 29.700	\$ 59.400	5,592
Insumos ensacados	17	unidades	\$ 200	\$ 34.000	3,201
Administración 3%	-	-	-	\$ 30.950	2,913
TOTAL	-	-	-	\$ 1.062.300	100

FUENTE: DELGADO, Salazar. Federico. Ingeniero Higueroil Octubre 2007

Pero si se tienen tantas ventajas con la extracción de dicho aceite, como es posible que esta industria no tenga el éxito que se esperaba, la respuesta está en que los canales de distribución no están completamente establecidos, las fábricas que extraen este aceite para otros usos o para biodiesel, no se han integrado de manera enérgica en el asunto, los esfuerzos del gobierno, en materia de subsidios, créditos, asesorías etc. se han enfocado hacia las materias primas de biocombustibles mas importantes como lo son la caña en el caso del etanol y la palma en el caso del biodiesel, descuidando en cierta manera, la posibilidad de diversificación, que las condiciones climáticas y ambientales del país permite en este negocio, imposibilitando a los pequeños productores a unirse a la causa energética de Colombia.

De acuerdo con los cálculos de costos realizados en *el estudio de desarrollo y consolidación de biocombustibles en Colombia* de la UPME, para la higuera, si se aplican los rendimientos reportados en otros países - de menos de 2 toneladas por hectárea - y los precios al productor por debajo de los 500 pesos por kilo, el cultivo no sería rentable. Si se aplican los rendimientos reportados por productores de semilla en Colombia - de 6 a 8 ton/ha/año - y los precios al productor de 500 pesos por kilo, el cultivo sería escasamente rentable. Un pequeño productor tendría que tener cerca de tres hectáreas en higuera para obtener dos salarios mínimos mensuales.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad Libre, está realizando planes de integración con los pequeños productores en materia de higuera, con el fin de determinar verdaderamente si es factible la posibilidad de establecer una industria que permita proveer a las empresas mayoristas encargadas de la mezcla de diesel y biodiesel.

La Facultad de Ingeniería ha realizado dos seminarios en el Valle de Tenza en el departamento de Boyacá, mas exactamente en los municipios de Garagoa y Chinavita con la participación de entidades como la Federación Nacional de

Biocombustibles, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Gobernación de Boyacá secretaria de fomento agropecuario y ASOVATE, Asociación de municipios del Valle de Tensa, sobre la higuera, donde se comparten opiniones acerca de las posibles oportunidades de negocio, los procesos de producción tanto del aceite de ricino, como del biodiesel y la intervención de la población en estas.

Con ello se ha logrado, establecer vínculos importantes como son los representantes de HIGUEROIL de Medellín, que en el país han demostrado su capacidad investigativa en este tema, animando a las distintas poblaciones de las regiones donde ellos han influido, a desarrollar la industria de la higuera como fortaleza y no artesanalmente como se vienen haciendo desde hace siglos.

El objetivo que se busca con estos esfuerzos, es reunir a las instituciones que son fortaleza en el cultivo, procesamiento y comercialización de la higuera y el aceite de ricino estableciendo una cadena de abastecimiento que sea capaz de reactivar la economía de los agricultores que se dediquen a ella creando nuevos empleos para ellos, sus familias y los participantes de dicha cadena. Para esto se necesita un interés colectivo acerca del tema por parte del gobierno, las plantas de beneficio y producción del biodiesel.

- ***Aspecto social del sector del biodiesel***

En los últimos 50 años se ha visto el deterioro ambiental que ha llevado a la pobreza sostenible del medio ambiente, ha habido una tendencia hacia una explotación inmisericorde de los recursos naturales no renovables, sobre todo de aquellos en los cuales se basa la civilización actual, tales como el petróleo, el hierro, el carbón, etc.

El medio ambiente se está deteriorando por la contaminación del agua, cuya calidad es el índice de la calidad de la vida de los pueblos; la tierra es infestada con las basuras y residuos de una sociedad que comete los mismos errores de los

países desarrollados y no se esfuerza mucho por tener los mismos aciertos. La tierra sigue erosionándose a causa de la tala de los bosques, las quemas y la explotación de las maderas sin haberlas reemplazado con nuevos árboles.

Las tierras cultivables son mal manejadas por la manera de labrarlas, de sembrarlas y de limpiarlas. El aire es contaminado con los residuos de la urbanización, de la industria y el transporte de una civilización de tendencia desafortunadamente consumista.

Hoy basamos nuestra movilidad en una fuente energética (petróleo) cuyo futuro está seriamente comprometido, esta es una razón más que suficiente para plantearse un cambio en el modelo de uso de dicha fuente, sabiendo además que el petróleo es un recurso distribuido geográficamente de manera desigual.

Cualquier experto estará de acuerdo que en materia energética, no existen las soluciones únicas, y los biocombustibles no son la excepción, pero si se convierten en una salida poco traumática para contrarrestar la escasez y generar condiciones sostenibles para las diferentes naciones, vale la pena analizarlos detenidamente.

El biodiesel, se puede catalogar como una alternativa viable para ser utilizado en motores diesel, ya que por sus características puede ser quemado puro o en mezcla, en cualquier proporción, con el combustible convencional (diesel), sin necesidad de realizar cambios drásticos en el motor, lo cual genera una reducción en los gases de emisión.

La ventaja medioambiental de tipo global del biodiesel es el cierre del ciclo de vida del CO₂ (emisión nula), pues las plantas oleaginosas por medio del proceso de fotosíntesis toman este gas y lo transforman en oxígeno. Otro elemento de juicio al momento de usar combustibles fósiles es su potencial en emisiones contaminantes, entre los cuales se encuentran el dióxido de carbono (CO₂) y el monóxido de carbono (CO), que tiene efectos letales sobre el hombre también óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos parcialmente quemados (HC),

principales formadores de smog fotoquímico en presencia de luz. Del mismo modo se presentan emisiones sulfurosas (SO_x), causantes de la lluvia ácida, generador de sulfatos, y material particulado, causante de enfermedades respiratorias y cáncer, igualmente interviene negativamente en tecnologías nuevas de motores diesel, pues los nuevos motores diesel contienen sistemas de postratamiento de gases de escape, que se dañan rápidamente si el combustible no es apropiado.

En la síntesis del biodiesel, se forman entre el aceite y el alcohol, normalmente metílico, ésteres en una proporción aproximada del 90% más un 10% de glicerina. La glicerina representa un subproducto muy valioso que de ser refinada a grado farmacológico puede llegar a cubrir los costos operativos de una planta productora.

La glicerina es eliminada en el proceso cuando se procede al lavado con agua. Sin embargo, la glicerina puede encontrarse en el biodiesel como consecuencia de un proceso inapropiado, como puede ser una insuficiente separación de la fase de glicerina o un insuficiente lavado con agua.

La glicerina se emplea en la fabricación, conservación, ablandamiento y humectación de gran cantidad de productos, éstos pueden ser resinas alquímicas, celofán, tabaco, explosivos (nitroglicerina), fármacos y cosméticos, espumas de uretano, alimentos y bebidas, etc.

Así, como coproducto del proceso de biodiesel se obtiene por tanto glicerina, de calidades farmacéutica e industrial. Estas glicerinas tienen un valor económico positivo y su comercialización forma parte de la rentabilidad del biodiesel.

Al nivel actual de producción, las glicerinas tienen suficientes salidas comerciales, pero conseguir una producción de biodiesel de la magnitud del objetivo fijado para el 2010 podría tener problemas en la saturación del mercado de glicerina, por lo

que es especialmente relevante asegurar los canales de comercialización de este producto.

Como conclusión, la glicerina se enfrenta a un reto de investigación y desarrollo de cara a tener una salida para la misma en caso que como es previsible su producción (como subproducto de la reacción de transesterificación) aumente significativamente en los próximos años. Por ello, se deben buscar nuevas salidas y aplicaciones al producto final o bien encontrar nuevas aplicaciones en las que ésta actúe como materia prima química.

6.2.2.3. Aspecto Económico

El uso por primera vez de aceites vegetales como combustibles, se remontan al año de 1900, siendo Rudolph Diesel, quien lo utilizara por primera vez en su motor de ignición - compresión y quien predijera el uso futuro de biocombustibles.

Durante la segunda guerra mundial, y ante la escasez de combustibles fósiles, se destacó la investigación realizada por Otto y Vivacqua en el Brasil, sobre diesel de origen vegetal, pero fue hasta la década de 1970, que el biodiesel se desarrolló de forma significativa a raíz de la crisis energética que se sucedía en el momento, y al elevado costo del petróleo.

Las primeras pruebas técnicas con biodiesel se llevaron a cabo en 1982 en Austria y Alemania, pero solo hasta el año de 1985 en Silberberg (Austria), se construyó la primera planta piloto productora de RME (Rapeseed Methyl Ester - metil éster de aceite de semilla de colza).

El biodiesel es un combustible sustituto del combustible para motores diesel, que puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasas de fritura usados y metanol o etanol (estos también pueden ser obtenidos a partir de productos agrícolas).

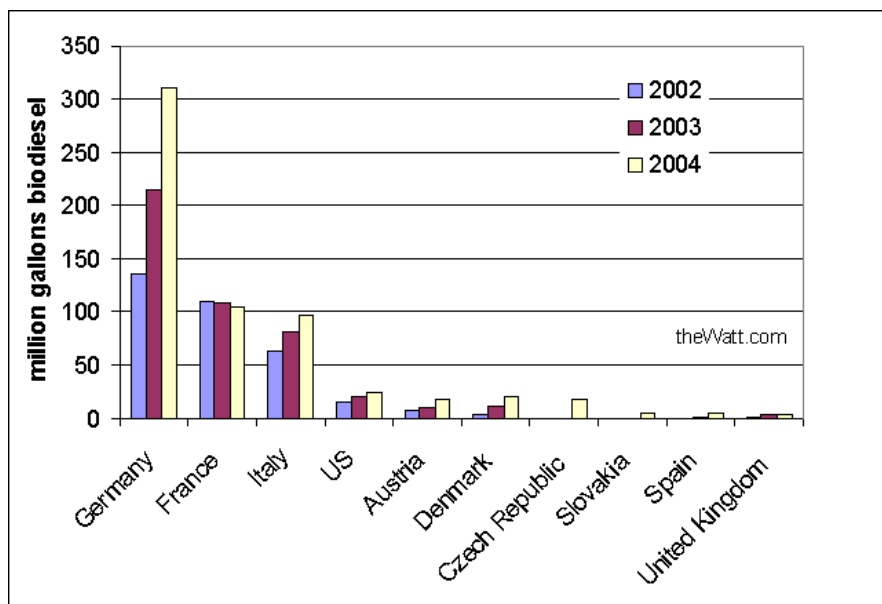
La producción de aceites vegetales puede realizarse a partir de más de 300 especies diferentes, sin embargo las condiciones edafoclimáticas, el rendimiento, el contenido en aceite y la necesidad de mecanizar la producción, limitan actualmente el potencial de obtención estos aceites a unas pocas especies, dentro de las cuales la palma, la colza, el girasol, la canola y la soya son las más utilizadas. De acuerdo con las estimaciones mundiales, la palma es el cultivo con mejor posibilidad de convertir su aceite en biodiesel.

El principal productor a nivel mundial es Europa, básicamente por la estructura de impuestos que beneficia el uso de diesel, por su amplia tradición en la producción de colza y porque el 50% de los vehículos están equipados con motores diesel. La producción de biodiesel alcanzó en este continente, casi 3.2 millones de toneladas en el año 2005, comparado con 1.9 millones en el 2004.

El principal país productor de biodiesel en el mundo es Alemania, que concentra el 63% de la producción, le sigue Francia con el 17%, Estados Unidos con el 10%, Italia con el 7% y Austria con el 3% y en la actualidad estos mismo países, junto con Canadá, Malasia y Suecia son pioneros no solo en la producción, sino, en ensayos y uso de biodiesel en automóviles.¹⁰⁹ (Ver gráfica 32)

¹⁰⁹ RAGUSA, Orlando, Combustibles, la nueva era de la biología vegetal aplicada, Diariouno; Mayo 7 de 2007, Publicado en <http://www.diariouno.net.ar/2007/05/07/nota146557.html>

GRAFICA 33 "PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE BIODIESEL"



FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias; www.geagroup.com

La Unión Europea (UE)

El objetivo del Proyecto Europeo "Local and Innovative Biodiesel" es contribuir al cumplimiento de que la cuota de mercado del biodiesel haya sido del 2% para el 2005 y del 5,75% para el 2010 en la Unión Europea por medio de:

- Eliminar las barreras por la escasez de materia prima y alto costo de la misma, ampliando el suministro a los aceites vírgenes y usados.
- Demostrar el uso de este innovador biodiesel en los mercados de "transporte público y comercial", donde los beneficios medioambientales son más necesarios.
- El transporte es el segundo sector que más energía consume en la UE y es el principal responsable de las emisiones contaminantes.
- El Proyecto consta de distintas fases, en las que están incluidas experiencias piloto de recogida, definición de estrategias, estudios potenciales y difusión del proyecto.¹¹⁰

¹¹⁰ www.biodiesel-uruguay.com

La demanda de combustibles fósiles va en aumento, en el 2004, se consumieron 270 millones de toneladas, comparando los 180 millones de toneladas de 1985. Se calcula que para el año 2020, el consumo en combustibles llegará a 325 millones de toneladas y debido a la escasez que prevé, es necesario complementar el uso de estos combustible con un producto que le permita ,no solo, realizar las mismas actividades, sino que también, generar un ahorro en la comercialización.

El mercado de biodiesel se está promoviendo en Europa a través de excepciones de impuestos y metas nacionales. Alemania, por ejemplo, tuvo el mayor consumo de biodiesel con 1,1 millones de toneladas en el 2004.

El Reino Unido redujo los impuestos sobre biodiesel en 20 peniques el litro en julio del 2002, promoviendo la inversión en este campo, aunque solo se consumiese 0,3 millones de toneladas de biodiesel en el 2004.

Para este mismo año la UE produjo 1,9 millones de toneladas de biodiesel para mezclas entre el 5% y 10% con el diesel (mezclas B5 y B10), siendo la canola la principal materia prima, y constituyendo un poco mas del 20% de la total producción.

Este impulso se dio a partir de 2003, cuando se introdujo una ayuda especial para los cultivos energéticos, a través de las reformas a la Política Agraria Común, que paga 45 Euros por cada hectárea, con un área máxima garantizada de 1,5 millones de hectáreas.¹¹¹

¹¹¹ EL BOOM DEL BIODIESEL EN EUROPA; 23-06-06, *Por Mae-Wan Ho*; www.ecoportal.net

Se estima que para alcanzar una penetración mínima del 12% de las fuentes de energía renovable para el 2010 son necesarias inversiones, estimadas, según la Comisión Europea, en 95.000 millones de Euros.

Para el 2005-2006 ya se percibieron beneficios económicos a través del aumento del empleo de las fuentes de energías renovables, incluso salidas a la exportación en razón de la capacidad para suministrar equipos y servicios técnicos y financieros.

Se espera un impacto en la creación de 500 a 900.000 empleos, un ahorro anual de gastos de combustible de 3 mil millones de Euros a partir de 2010, una reducción de las importaciones de combustible del 17,4% y una reducción de las emisiones de CO₂ de 402 millones de toneladas anuales para este mismo año.

El precio actual de la tonelada de aceite para biodiesel es aproximadamente de 400 Euros, no obstante, aun no puede hablarse de un precio de mercado internacional del biodiesel, debido a que se encuentra listado en el universo de NAMA (National Agri-Marketing Association), no como producto agrícola, razón por la cual está sujeto a la prohibición de subsidios a la exportación conforme a la Parte II del Acuerdo sobre subsidios y derechos compensatorios de la OMC (Organización Mundial de Comercio) a comparación con el bioetanol que sí forma parte del universo agrícola y por dicha razón es parcialmente subsidiable.¹¹²

Colombia

En el país, esta industria es nueva. Hasta ahora no hay producción a nivel comercial, ésta se inicia a partir del 1° de Enero de 2008. La producción de aceite se basa casi en su totalidad para consumo humano y en otras ocasiones como

¹¹² COGER, Alvaro, Informe sobre Desarrollo del Mercado de Biocombustibles de la Unión Europea: BIODIESEL; por; Octubre 13 de 2006; Publicado en http://www.uruguayinforme.com/news/13102006/13102006_kroger_biodiesel.php .

medicamentos, dependiendo de la materia prima de donde se extraiga, actualmente la palma africana (*Elaeis Guineensis*) y la higuera (Ricinus Communis), ahora con el biodiesel no solamente se explotaran estas dos especies, también se implementara la jatrofa (*Jatropha Curcas*).

Materia primas

En el balance económico del aceite de palma según Fedepalma, “*El desempeño del sector palmero Colombiano en 2006*”, la producción de aceite de palma crudo en 2006 alcanzó un nivel de 710.407 toneladas, 37.810 toneladas adicionales a las producidas en el año anterior. Este crecimiento de 5,6% fue inferior al crecimiento del año 2005. De otro lado, se produjeron 161.377 toneladas de almendra de palma, esto es 3.205 toneladas más que en 2005, un crecimiento de solo 2%.

Regionalmente volvió a destacarse el dinámico desempeño de la Zona Central, en 2006 la producción de aceite de palma crudo en esta zona creció 10,1%, equivalente a 18.411 toneladas. La Zona Oriental fue la segunda región que más creció, a una tasa de 6,2%. En tercer lugar se encuentra la Zona Norte, con un crecimiento de 8.568 toneladas ó 4,4%. La producción de la Zona Occidental presentó una caída de 2,3%, como consecuencia de varios factores, unos de corto plazo, como el menor nivel de lluvias de la zona durante 2005 que retraso la fertilización oportuna en varias plantaciones, y otros, de mayor envergadura que se han conjugado en esta zona durante los últimos años y han afectado seriamente el manejo y el desarrollo normal de los cultivos.

Entre ellos se destaca el deterioro de la seguridad y el encarecimiento de la mano de obra que indujo la proliferación de cultivos ilícitos, la incidencia de la enfermedad de pudrición de cogollo que viene afectando a los cultivos del

municipio de Tumaco desde hace dos años, y el estancamiento de las siembras durante la segunda mitad de la década pasada.

La distribución mensual de la producción ha venido cambiando en los últimos dos años. La producción del segundo semestre ha venido incrementándose sostenidamente, pasando de representar el 44% de la producción anual en 2004 al 47,7% en 2006. En otras palabras, el 80% del aumento de la producción de aceite de palma crudo en 2006, equivalentes a 30.230 toneladas, ocurrió durante el segundo semestre del año.

Se estima que al final de 2006, Colombia tenía un área sembrada en palma de aceite de 303.768 hectáreas, un 10,3% adicional a la que existía en 2005, la superficie en producción en 2006 fue de 183.905 hectáreas, equivalentes al 60,5% del total del área sembrada, al final del año se encontraban en desarrollo 119.863 hectáreas.

En términos de la producción de fruto, el rendimiento promedio cayó de 20,1 toneladas por hectárea en 2005 a 19,3 en 2006, se debió, principalmente, a la entrada en producción de más de 22.000 hectáreas de palma de aceite, que registran bajos rendimientos en los primeros años y equivalen al 14% del área en producción registrada en 2005. Consecuentemente, el rendimiento promedio de aceite de palma crudo también cayó en 7,4%, pasando de 4,17 toneladas por hectárea a 3,86 entre 2005 y 2006.

Las ventas de aceite de palma crudo en el Mercado local fueron de 463.757 toneladas, cifra superior en 40.006 toneladas ó 9,4% a las de 2005. Este nuevo récord en ventas se logró gracias a la recuperación de la economía colombiana y a que el precio interno del aceite de palma fue competitivo frente a los bienes sustitutos importados.

Las ventas al mercado interno en 2006 fueron superiores en todos los meses del año frente a las ventas mensuales de 2005, con excepción, las del mes de abril, cuando se presentó también un aumento de las importaciones de aceite crudo de soya.

Similar a lo que ocurrió con las exportaciones de aceite de palma crudo, las de aceite de palmiste crudo a México aumentaron su participación en el total, convirtiéndose en el principal destino, esta situación se presentó porque, en 2006 Ecuador reorientó la mayor parte de sus exportaciones de este producto a otros mercados diferentes a México, como Venezuela y Perú.

En resumen, se exportaron 16.046 toneladas a México (59%), 5.700 toneladas a España (21%), 4.084 toneladas al Reino Unido (15%) y 529 toneladas a República Dominicana (2%).

Luego del descenso de 7% que tuvieron las importaciones de aceites y grasas en 2005, en 2006 éstas nuevamente aumentaron 11,3% hasta un nivel de 365.167 toneladas, esto se explica, principalmente, por el aumento de 31.546 toneladas (+20,8%) en las importaciones de aceite crudo de soya y de 10.583 toneladas (+16,5%) de aceite incorporado en frijol de soya, el incremento fue compensado por una reducción de 5.298 toneladas en las importaciones de aceites y grasas refinados, de la cual, el 71% correspondió a menores importaciones de aceite de palma refinado y sus fracciones, adicionalmente, las importaciones de aceites y grasas animales también disminuyeron en 1.286 toneladas.

Los principales productos importados en 2006 fueron 182.865 toneladas de aceite crudo de soya, 74.690 toneladas de aceite en frijol de soya, 41.998 de aceites y grasas refinados, 30.260 de aceite crudo de girasol y 24.799 de sebo bovino y grasas de desperdicio.

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta por parte de FEDEPALMA es la determinación de los costos de producción por tonelada de cada actividad productiva, la recolección del fruto, la extracción del aceite y la refinación de éste, entre el 2003 y el 2004 se evidencio de la siguiente forma (Ver tabla 45)

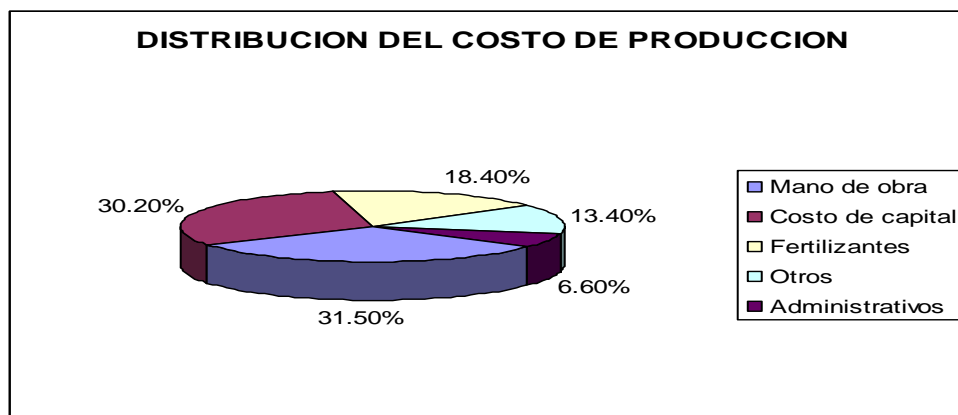
TABLA 43 "COSTOS DE PRODUCCIÓN / TONELADA"

ACTIVIDAD	2003 (\$)	2004 (\$)	VARIACION (%)
FRUTO	179.300	174.800	-2.5
EXTRACCION	151.000	90.600	-40.0
ACEITE	1'027.000	942.000	-8.3

FUENTE: FEDEPALMA; http://www.fedepalma.org/eco_competitividad.shtm

De igual forma especifica como se distribuye el costo de producción por factores que actúan directamente en el proceso productivo:(Ver gráfica 33)

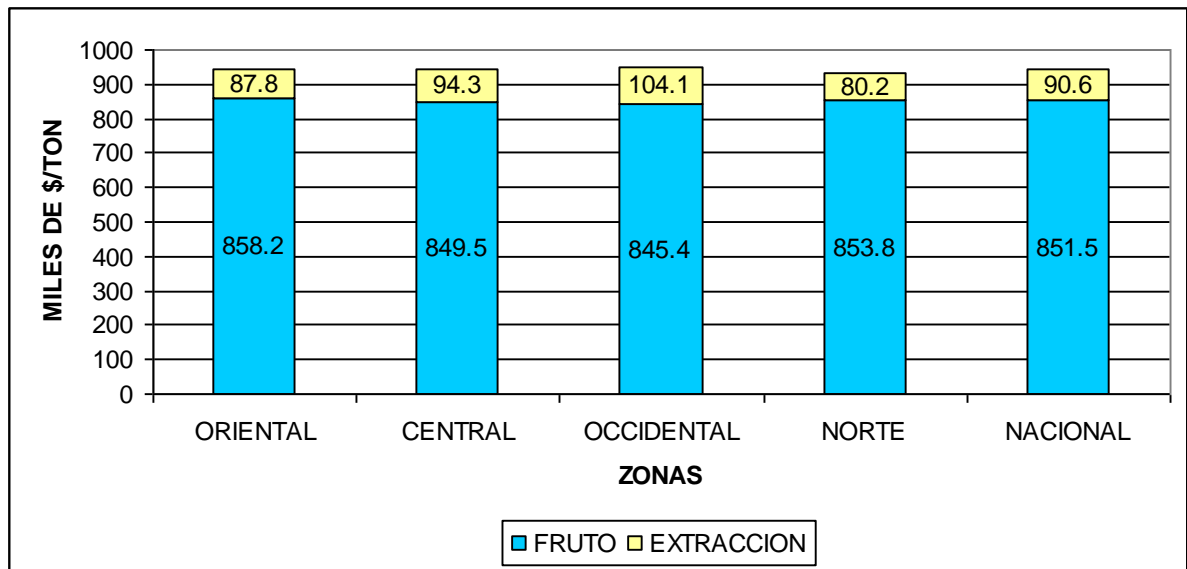
GRAFICA 34 "DISTRIBUCIÓN DEL COSTO DE PRODUCCIÓN PARA EL 2004"



FUENTE: FEDEPALMA; http://www.fedepalma.org/eco_competitividad.shtm

Finalmente se determina el costo de producción por zonas que nos muestra el costo total de producción entre la producción del fruto de la palma y el proceso de extracción: :(Ver gráfica 34)

GRAFICA 35 "DISTRIBUCIÓN NACIONAL DEL COSTO DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE PALMA"

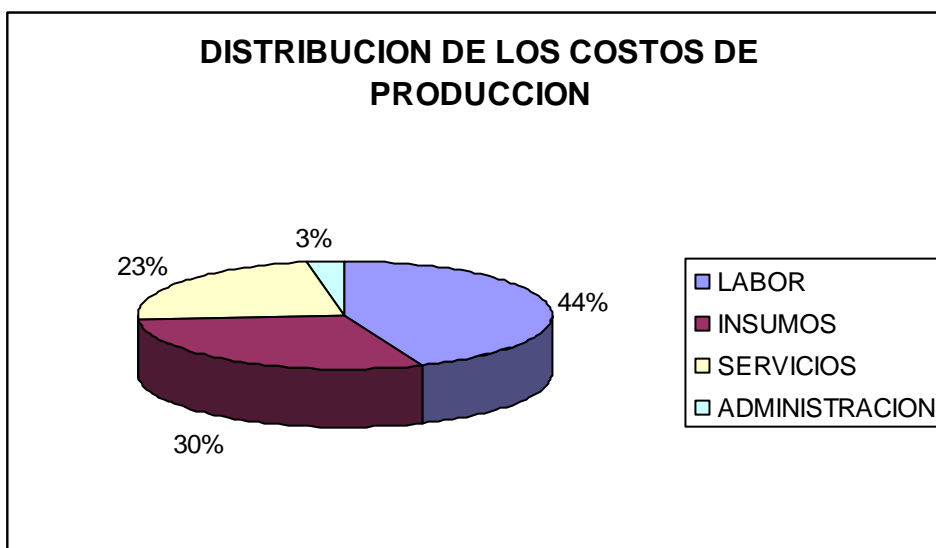


FUENTE: FEDEPALMA; http://www.fedepalma.org/eco_competitividad.shtm

Aunque existe una contradicción de información, debido a que en un documento elaborado para la Décima Cumbre de Gobernadores y Primera de Parlamentarios de la Región Amazónica y de la Orinoquía, denominado *“La Agroindustria de la Palma de Aceite y sus Perspectivas en la Región de la Orinoquía”*, del 31 de Agosto de 2007, determina que en lugar de disminuir el costo de producción de palma, cada año va aumentando, lo que significa que la información inicial es errónea y no esta actualizada, en este ultimo documento nos muestra como desde el año 2003, los costos de producción por tonelada de \$1'090.631 a 2004 se aumentaron en 1.7%, al 2005 en 3% y al 2006 en 6%, lo que hace que Colombia a nivel mundial en materias de costos no sea competitivo, desde que no exista una producción y comercialización estable, un registro de costos de transporte mas confiable y un manejo adecuado en el control de plagas y enfermedades, además de disminuir el conflicto interno de los grupos insurgentes respaldados por la expansión de los cultivos ilícitos y de la elevada utilización de costos capitales a tasas de interés altos, entre otros, hacen que la tendencia siga siendo al alza.

Los costos de producción por hectárea se estipulan en US\$451.66, es decir, aproximadamente \$835.571, a una tasa de cambio de \$1.850, distribuidos de la siguiente forma: (Ver tabla 35)

GRAFICA 36 "DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE ACEITE DE HIGUERILLA"



FUENTE: DELGADO Salazar, Federico HIGUEROIL COLOMBIA, El cultivo de la Higuera en Colombia como Alternativa. (Ver tabla 46)

TABLA 44 "BENEFICIOS EN EMPLEO AGRÍCOLA"

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (gal/ha/año)	Empleos Agric+ind/ha/año
Palma	5.550	1.466	0,27
Cocotero	4.200	1.110	0,52
Higuera	2.600	687	0,64
Aguacate	2.460	650	0,51
Jatropha	1.559	412	0,30

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Julio de 2007.

Es por esto que el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA plantea la producción e implementación del biodiesel en el país a raíz de la Ley 939 de 2004 en la cual "Se estimula la producción y comercialización de biocombustibles para uso en Motores diesel", para lo pertinente, en cuanto a estímulos tributarios, se fija exenta

la renta líquida generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento en cacao, caucho, palma de aceite, cítricos, y frutales, los cuales serán determinados por el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, la vigencia de la exención se aplicará dentro de los diez (10) años siguientes a la promulgación de la ley (Ley 934 de 2004).

De igual manera se establecen estímulos para la implementación de zonas francas para proyectos agroindustriales en materia de biocombustibles: Tasa de renta diferencial y beneficios en materia de excepciones de aranceles en bienes de capital, es decir, proyectos con potencial exportador (Decreto 383 de 2007) y en la última reforma tributaria se crean estímulos para la inversión en el sector agropecuario (Artículo 14 de la Ley 1111 de 2006).

Dentro del marco de la Ley 939 de 2004, también se define que el biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diesel de producción Nacional con destino a la mezcla con ACPM estará exento del impuesto a las ventas y del impuesto global de ACPM.

El Precio

Biodiesel: De igual forma que en el etanol y la gasolina de motor corriente oxigenada, el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA es el encargado de establecer lo referente, la Resolución 181780 de 2005, modificada por la Resolución 180212 de 2007, definió una banda de precios que toma el mayor valor entre los costos de oportunidad de las materias ha utilizar en la producción del biodiesel y el costo de oportunidad del ACPM de origen fósil, además de la garantía en la recuperación de las inversiones en ambos casos (Factor de producción eficiente), la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel, según dicha Resolución determina la disposición de precios para la producción, distribución y venta del ACPM mezclado con biocombustible:

- **El Ingreso Al Productor Del ACPM Mezclado Con Biocombustible Para Uso En Motores Diesel, IPAMB (t)**, expresado en pesos por galón, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{IPAMB (t)} = \text{Ip (t)} * 0.95 + \text{Ip BUMD} * 0.05$$

Donde:

Ip (t): Es el Ingreso al Productor del ACPM, tal y como dicho ingreso se establece en la Resolución 82439 de Diciembre 23 de 1998, Artículo Segundo o las normas que la modifiquen, adicionen o deroguen.

Ip BUMD (t): Es el Ingreso al productor del biocombustible para uso motores diesel, que para efectos de esta estructura de precios se define con base en la siguiente banda de precios.

Límite superior de ingreso:

$$\text{Ip BUMD (t)} = \{ \text{PIACPM (t)} + [\text{FPE}/(\beta * 42)] \} * \text{TRM}$$

Donde:

- **Ip BUMD (t)**: Es el Ingreso superior al productor del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en pesos por galón (\$/galón).
- **PIACPM (t)**: Es el precio paridad importación del ACPM, expresado en dólares por galón (US\$/galón), calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{PIACPM (t)} = \{ [\text{Pr FOB} + \text{FL} + \text{SE} + \text{IM}] * \text{TRM} \} + \text{A} + \text{TI} + \text{TPC}$$

* **Pr FOB**: Es el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. Gulf Coast Waterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por galón (US\$/Gal).

* **FL:** Es el costo de los fletes marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de ACPM desde la Costa del Golfo de los Estados Unidos de América hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US\$ /Galón). Dicho valor será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{FL} = [\text{Ws}/(\beta * 42)] * (\text{STR}/100)$$

Donde:

Ws: Es el valor del flete de referencia de la ruta Houston Pozos Colorados publicado anualmente por el Worlwide Tanker Nominal Freight Scale "Worldscale" vigente para el mes inmediatamente anterior al período t, expresado en dólares por tonelada métrica.

STR: Es el promedio aritmético de las cotizaciones publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, del factor de corrección de mercado para el flete de los tanqueros limpios de 30.000 Toneladas Métricas para la ruta CARIB/USG, de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, expresado en unidades de Worldscale (WS Assess).

β : Es el factor de conversión de toneladas métricas a barriles. Para el caso del ACPM este factor es de siete punto cuatrocientos noventa y un (7.491) barriles por cada tonelada métrica a 34^o API.

42: Es el factor de conversión de barril a galón.

* **SE:** Es el costo de los seguros marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de ACPM desde la Costa del Golfo de los Estados Unidos hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US \$/Galón), el cual será calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{SE} = \text{S} * \text{Pr FOB}$$

Donde:

S: Es el factor multiplicador utilizado para el cálculo de los seguros (SE). El factor vigente a partir de la entrada en vigencia de esta Resolución será 0.000387.

Este factor multiplicador será revisado anualmente, a partir del 1º de enero del año 2007. Para cada año el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA fijará el valor de S, con base en el promedio de cotizaciones de mínimo tres (3) compañías de seguros internacionales, cuya calificación de deuda en dólares de largo plazo sea igual o superior a BBB- de Standard & Poor's, o tenga un grado de calificación equivalente otorgado por otra agencia internacional de calificación de riesgo.

Pr FOB: Es el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. Gulf Coast Waterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por galón (US \$/ Gal).

* **IM:** Es el valor de las inspecciones de calidad en puerto de cargue y descargue, expresado en dólares por galón (US \$/galón). Este costo será de US \$0.000286 por galón a partir de la fecha de entrada en vigencia de la esta Resolución.

Este valor será ajustado anualmente, a partir del 1º de enero del año 2007, con base en los costos de inspección de calidad y manejo en el puerto que se encuentren, vigentes para cada fecha de ajuste.

* **TRM:** Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior.

* **A:** Es el valor correspondiente al pago de la tarifa arancelaria de las importaciones de ACPM, expresada en pesos por galón, calculado de acuerdo con

la tarifa general establecida en las normas que regulen la materia, o en aquellas que las modifiquen, adicionen o complementen, aplicada sobre la base gravable establecida en las disposiciones vigentes.

* **TI:** Es el valor correspondiente al pago del impuesto de timbre aplicable, expresado en pesos por galón, y calculado de acuerdo con la tarifa general establecida en las normas que regulen la materia, o en aquellas que las modifiquen, adicionen o complementen, aplicada sobre la base gravable establecida en las disposiciones vigentes.

* **TPC:** Es el costo máximo de transporte del poliducto Pozos Colorados - Barranca que conecta el puerto Pozos Colorados con la estación - Galán en Barrancabermeja, expresado en pesos por galón, definido en la Resolución 18 0088 del 30 de enero de 2003, modificada por la Resolución 18 1701 del 22 de diciembre de 2003, o las normas que las modifiquen, adicionen o deroguen.

* **t :** Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

- **FPE:** Es el factor de producción eficiente del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en dólares por tonelada de biocombustible (US\$/Ton), el cual se fija en ciento sesenta y cuatro dólares por tonelada de biocombustible (US\$ 164 / Ton).
- **B:** Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso del biocombustible este factor es de siete punto doscientos diecisiete (7.217) barriles por cada Tonelada métrica.
- **42:** Es el factor de conversión de barril a galón.

- **TRM:** Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior.
- **t:** Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

Límite inferior de ingreso

$$\text{Ip BUMD (t)} = \{\text{PIAp (t)} + [\text{FPEP} / (\beta * 42)]\} * \text{TRM}$$

Donde:

- **Ip BUMD (t):** Es el Ingreso al Productor piso del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en pesos por galón (\$/galón).
- **PIAP (t) :** Es el precio paridad exportación del aceite de palma, expresado en dólares por galón, calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{PIAP (t)} = (\text{Pr APR}) / (\beta * 42)$$

Donde:

* **PIAP (t):** Es el precio paridad exportación del aceite de palma, expresado en dólares por galón, para el periodo t.

* **Pr APR:** Es el promedio ponderado de las cotizaciones del aceite de palma crudo (CIF Róterdam) de la publicación Oil World, correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton) y calculado el día 26 del mes inmediatamente anterior. Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior, respectivamente.

* **β**: Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso del aceite de palma este factor es de seis punto ochocientos ochenta y dos (6.882) barriles por cada tonelada métrica.

* **42**: Es el factor de conversión de barril a galón.

* **t**: Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

- **FPEP**: Es el factor de producción eficiente del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en dólares por tonelada de biocombustible (US \$/Ton), el cual se fija en ciento sesenta y cuatro dólares por tonelada de biocombustible (US \$ 164 / Ton).

- **β**: Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso del biocombustible este factor es de siete punto doscientos diecisiete (7.217) barriles por cada Tonelada métrica.

- **42**: Es el factor de conversión de barril a galón.

- **TRM**: Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior.

- **t**: Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

- **Precio Máximo De Venta Al Distribuidor Mayorista**, es el precio máximo de venta, expresado en pesos por galón para el período t, por las ventas de ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{PMIAMB (t)} = \text{IP (t) AMB} + \text{PI} + \text{PG} + \text{Tt} + \text{Tma}$$

Donde:

PMIAMB (t): Es el Precio Máximo de Venta al Distribuidor Mayorista para el período t.

IPAMB (t): Es el Ingreso al Productor de ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel.

PI: Es el valor correspondiente al pago del Impuesto sobre las Ventas, expresado en pesos por galón, establecido de acuerdo con la tarifa y base gravable señalada en el Estatuto Tributario vigente. Este impuesto se aplicará a la porción de ACPM **(Ip (t) * 0.95)**.

PG: Es el valor correspondiente al pago del Impuesto Global al ACPM establecido en trescientos treinta y tres pesos con setenta y nueve centavos (\$333.79) por galón (Artículo 6° de la Ley 681 de 2001, que modifica el inciso primero y el párrafo del Artículo 59 de la Ley 223 de 1995) o en las normas que la complementen, sustituyan o modifiquen.

Este impuesto se aplicará sólo a la porción de ACPM **(Ip (t) * 0.95)**.

Tma: Es el valor correspondiente a la tarifa de marcación de los combustibles, que se reconoce a favor de ECOPETROL S.A. (de conformidad con lo señalado en el Artículo 9° del Decreto 1503 de 2002 o las normas que lo modifiquen, adicionen o deroguen) el cual se fija en tres punto cinco pesos (\$3.5) por galón. Este rubro podrá ser modificado en cualquier momento por el MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA en las resoluciones mensuales de precios que expida, cuando considere que existe justificación técnica y económica para dicho cambio.

Tt: Es el valor correspondiente al pago de la tarifa de transporte a través del sistema de poliductos:(Ver tabla 47)

TABLA 45 "TARIFA EQUIVALENTE (\$/GL) SEGÚN EL PUNTO DE ENTREGA"

CIUDAD DE ENTREGA	Tarifa Equivalente en \$ / Galón
Ciudad de Cartagena (Entregas locales y muelles)	34.00
Ciudad de Barrancabermeja (Entregas local)	35.32
Cartagena-Baranoa para entrega en Baranoa	69.00
Pozos Colorados-Galán para entrega en Galán	42.00
Coveñas - Galán para entrega en Galán	42.00
Galán-Bucaramanga para entrega en Bucaramanga	94.00
Galán-Sebastopol para entrega en Sebastopol	106.32
Sebastopol-Medellín para entrega en Medellín	96.00
Sebastopol-Salgar para entrega en Salgar y en Mariquita	40.00
Salgar Mansilla para entrega en Mansilla	74.00
Mansilla-Bogotá para entrega en Bogotá (Puente Aranda y Aeropuerto el Dorado)	15.00
Sebastopol-Tocancipá para entrega en Tocancipá	129.00
Medellín-Cartago para entrega en Cartago	28.00
Sistema ODECA entrega en Manizales, Pereira y Cartago	84.00
Cartago-Yumbo para entrega en Yumbo	28.00
Buenaventura-Yumbo para entrega en Yumbo	37.00
Yumbo-Buenaventura para entrega en Buenaventura	37.00
Entregas en B/ventura producto importado o de cabotaje (Solo para producto suministrado por Ecopetrol)	295.32
Salgar-Gualanday para entrega en Gualanday	55.00
Gualanday-Neiva para entrega en Neiva	52.00

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Julio de 2007.

Para calcular la tarifa de los tramos intermedios para los subsistemas señalados en el presente artículo, ECOPETROL S.A. interpolará de manera lineal con

respecto a la distancia en kilómetros (definido en la Resolución 18 0088 del 30 de enero de 2003, modificada por la Resolución 18 0209 del 27 de febrero de 2003, o las normas que la modifiquen, adicionen o deroguen).

Cuando el biocombustible para uso en motores diesel sea transportado por un medio diferente, la autoridad competente de acuerdo con las condiciones de mercado, definirá los correspondientes fletes entre las plantas productoras del biocombustible y las refinerías y/o plantas de abastecimiento mayoristas en donde se realice la mezcla.

- **Precio Máximo De Venta En Planta De Abastecimiento Mayorista.** El precio máximo de venta para un período t, expresado en pesos por galón, que cobrará el Distribuidor Mayorista al Distribuidor Minorista por las ventas de ACPM mezclado con biocombustibles para uso en motores diesel en Planta de Abastecimiento Mayorista, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$\mathbf{PMAAMB (t) = PMIAMB (t) + MD + PS}$$

Donde:

PMAAMB (t): Es el Precio Máximo de Venta en Planta de Abastecimiento Mayorista.

PMIAMB (t): Es el Precio Máximo de Venta al Distribuidor Mayorista para el período t.

MD: Es el Margen del Distribuidor Mayorista, expresado en pesos por galón, que se fija en el mismo valor previsto en el componente de la fórmula para el ACPM, esto es, ocho (8) centavos de dólar por galón teniendo en cuenta los costos de operación y mantenimiento, así como los gastos de administración y ventas.

Este valor será calculado mensualmente tomando como referencia el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior. (Definido en la Resolución 18 0822 de 2005 y/o en aquellas normas que la modifiquen, adicionen o deroguen).

PS: Es el valor correspondiente al pago de la sobretasa al ACPM, de acuerdo con lo establecido en las normas legales vigentes (señalado en el Decreto 1328 de 1999, modificado por el Decreto 3558 de 2004, y en la Resolución 8 1012 de 1999 del Ministerio de Minas y Energía, o las normas que las modifiquen, adicionen o deroguen).

- **Régimen De Libertad Vigilada:** A más tardar el 1º de enero del 2008, los precios de venta al público por galón de ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel, serán fijados libremente por cada Distribuidor Minorista para las ciudades de Bogotá, D.C., Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Cartagena, Cali, Pereira, Popayán, Armenia y Manizales y sus áreas metropolitanas.

- **Régimen De Libertad Regulada.** A más tardar el 1º de enero del 2008, los precios de venta al público por galón de ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel que se distribuya a través de las Plantas de Abastecimiento Mayoristas que abastezcan las ciudades de Bogotá, D.C., Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Cartagena, Cali, Pereira, Popayán, Armenia y Manizales, y en sus áreas metropolitanas, serán los que resulten de aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{PMVAMB (t)} = \text{PMAAMB (t)} + \text{MD} + \text{Fi}$$

Donde:

PMVAMB (t): Es el precio máximo de venta al público del ACPM mezclado con biocombustible, expresado en pesos por galón.

PMAAMB (t): Es el precio máximo de venta en planta de abastecimiento mayorista.

MD: Es el margen del distribuidor minorista que se fija como máximo en el valor previsto en el componente de la fórmula para el ACPM, esto es, doce (12) centavos de dólar por galón, (definido en la Resolución 18 0822 de 2005 y/o en aquellas normas que la modifiquen, adicionen o deroguen).

Fi: Es el valor correspondiente al flete desde las plantas de abastecimiento hasta las estaciones de servicio de los diferentes municipios y ciudades. Este valor será definido por el Comité Local de Precios del respectivo municipio.

- Suministro De Biocombustible Para Uso En Motores Diesel: El biocombustible para realizar la mezcla de ACPM para uso en motores diesel en las ciudades mencionadas, los importadores y refinadores de ACPM exigirán a los distribuidores mayoristas, certificación expedida por Revisor Fiscal en la que conste la disponibilidad del señalado biocombustible, en cantidad suficiente para mezclar con cada entrega de ACPM.

A manera de ilustración de presenta las siguientes tablas que desagregan el precio del diesel y del biodiesel:

El precio máximo de venta por galón + sobretasa, de este combustible tiene un valor de US \$1/Galón. Los valores incluidos representan los promedios de precios desde Enero del año 2001 hasta Enero del año 2003, con el fin de determinar un estimativo de los porcentajes de cada concepto (sobretasa, precio máximo al

público, entre otros) y de esta manera poder aplicar la metodología para cualquier precio de diesel. (Ver Tabla 48)

TABLA 46 “ESTRUCTURA DE PRECIOS DEL DIESEL” DIESEL = US \$1/GALÓN

CONCEPTO	\$/GALÓN
1. Precio máximo de venta por galón + sobretasa	2.905
2. Sobretasa	164,43
3. Precio máximo al público	2.740,56
4. Transporte planta de abasto mayorista a estación	14,88
5. Perdida por evaporación	-
6. Margen Distribuidor minorista	237,44
7. Precio máximo en planta de abasto mayorista	2.488,24
8. Margen al distribuidor mayorista	134,58
9. Precio máximo al distribuidor mayorista	2.353,66
10. Tarifa estampilla de transporte (Transporte por oleoducto)	244,88
11. Impuesto global	433,31
12. IVA	231,10
13. Ingreso al Productor	1.444,37

FUENTE: UPME, Unidad de planeación minero energética. Enero 2003

A partir de lo anterior, se construye la estructura de precios para el biodiesel, calculando el 10% de cada concepto, teniendo en cuenta que al precio máximo de venta por galón más sobretasa se le adiciona un sobrecosto que equivale a un incremento porcentual con respecto al costo actual del diesel que permite aumentar la rentabilidad del proyecto.

Por otro lado, tener el biodiesel como un componente ambiental en la reducción de emisiones de azufre, se adiciona un crédito por calidad que se calcula en función de la cantidad de azufre que se deja de emitir al utilizar una mezcla al 10% de

diesel con biodiesel. Este valor se estima en 180.4 \$/Galón. La tabla No. 12 presenta la nueva estructura en la cual se observa que los conceptos de impuestos (IVA, sobretasa, impuesto global), no se aplican al biodiesel. (Ver tabla 49)

TABLA 47 "ESTRUCTURA DE PRECIOS DEL BIODIESEL" TASA REPRESENTATIVA DEL MERCADO: \$2905/US\$

CONCEPTO	\$/Galón Biodiesel
1. Precio máximo de venta por galón + sobretasa + sobrecosto	4.066,99
2. Sobrecosto	1.162,00
3. Precio máximo de venta por galón + sobretasa	2.904,99
4. Sobretasa	-
5. Precio máximo al publico	2.904,99
6. Transporte planta de abasto mayorista a estación	14,88
7. Perdida por evaporación	-
8. Margen Distribuidor minorista	237,44
9. Precio máximo en planta de abasto mayorista	2.652,68
10. Margen al distribuidor mayorista	134,58
11. Precio máximo al distribuidor mayorista	2.518,09
12. Tarifa estampilla de transporte (Transporte por oleoducto)	244,88
13. Impuesto global	-
14. IVA	-
15. Ingreso al Productor	3.435,21
16. Crédito por menor azufre	180,40
17. Ingreso al productor de biodiesel	3.615,61
18. Ingreso al productor de biodiesel, US \$/Galón	US \$1,24/galón

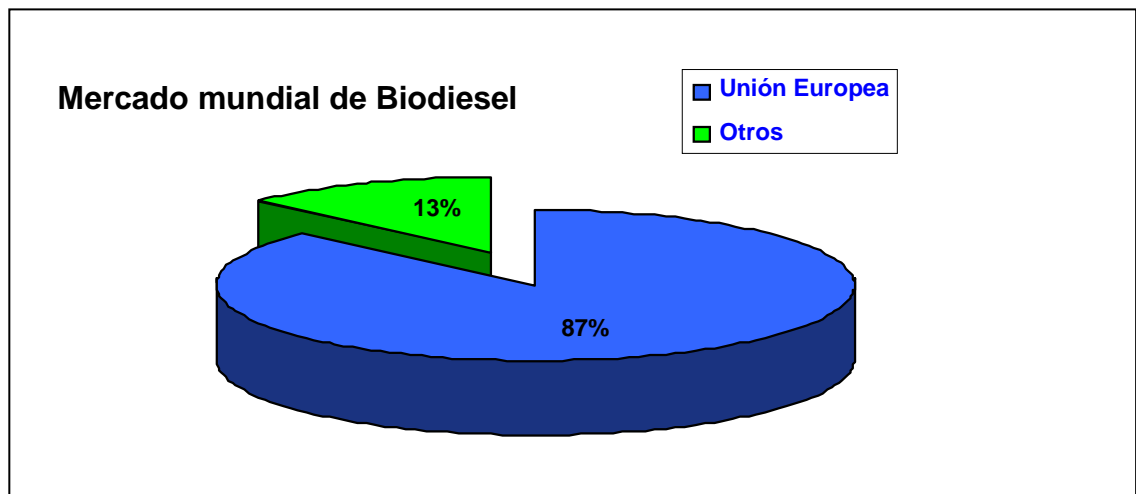
FUENTE: UPME, Unidad de planeación minero energética. Enero 2003

El Ministerio está contemplando la posibilidad de tomar medidas para el establecimiento de un Fondo de Compensación para el manejo de excedentes en el mercado interno.

El Mercado

Sin duda el mercado mundial lo abarca la Unión Europea con una gran mayoría en producción y consumo. (Ver gráfica 36)

GRAFICA 37 "PORCENTAJES DEL MERCADO MUNDIAL DE BIODIESEL"



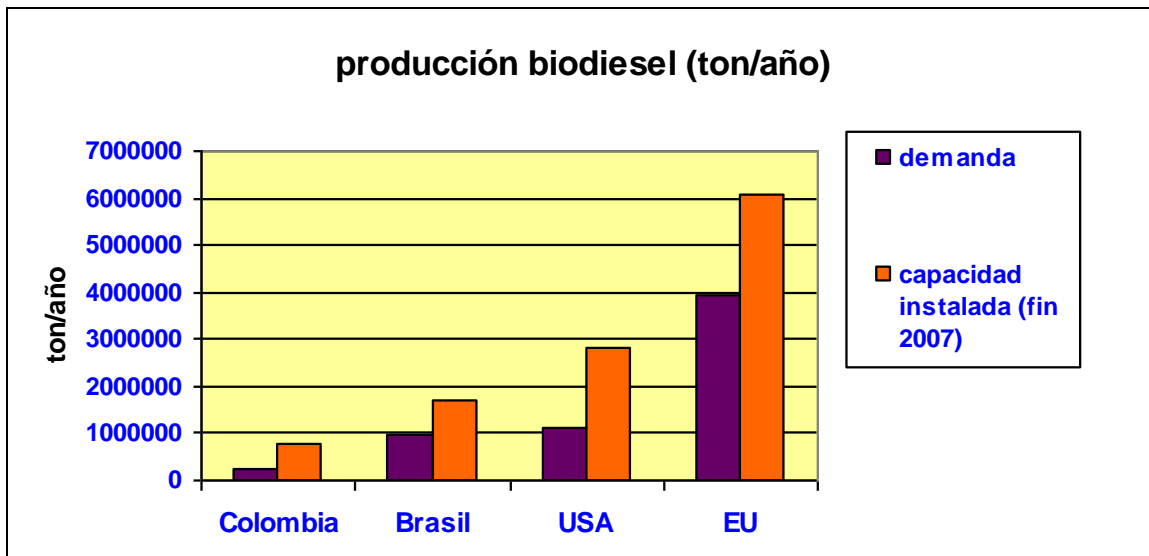
FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias, www.geagroup.com

En el año 2004, Alemania se convirtió no solo el mayor productor de Europa, sino, también del mundo con una producción de más de 300 millones de galones de biodiesel, a comparación de Francia que disminuyo su producción de los periodos anteriores llegando a un poco mas de 100 millones de galones, aun así conserva el segundo lugar en producción y seguidos de Estados Unidos superando ligeramente a, Austria, Dinamarca, Republica Checa, Eslovaquia, España, el Reino Unido e Italia

Para el 2007, Colombia entra a participar con un porcentaje por ahora no muy significativo, pero que en el transcurso de los próximos cinco años puede entrar a ser parte importante en la producción de biodiesel. Se espera que al finalizar el 2007, se llegue a cerca de 1'000.000 de Toneladas, aun lejos de los mas de 6'000.000 de Toneladas que produce la Unión Europea.

Colombia aspira a tener un papel importante en la oferta mundial de energéticos (Ver gráfica 37)

GRAFICA 38 "PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN COLOMBIA FRENTE A LOS GRANDES PRODUCTORES"



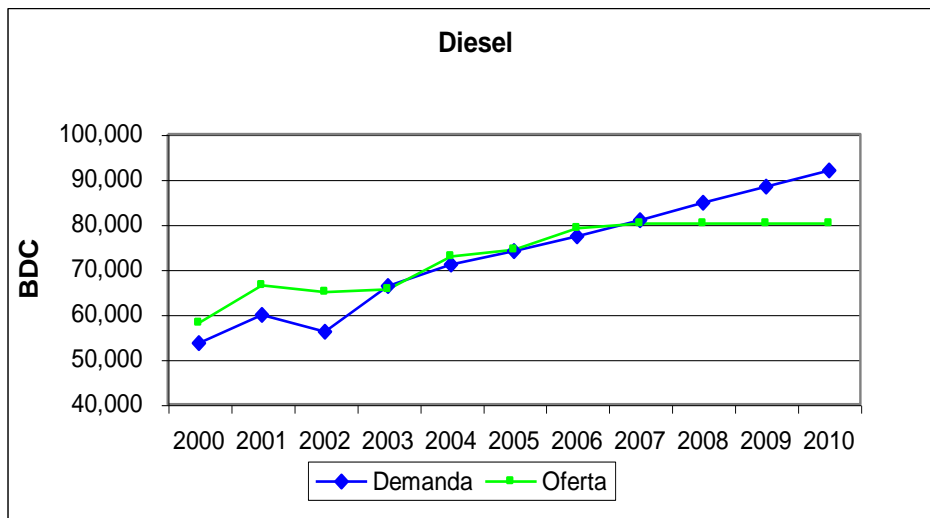
FUENTE: GLOBAL ENGINEERING ALLIANCE, Bioenergía: sus desafíos y promesas, tecnologías y tendencias; www.geagroup.com

Para cumplir, debe aumentar también el consumo interno de energía y también lograr los objetivos de crecimiento económico y de desarrollo social. El logro de estos objetivos dependerá de las condiciones económicas y ambientales en las que se desenvuelve el mercado internacional de energía y el nivel del consumo interno dependerá a su vez de las condiciones de la producción y uso de energéticos.

La demanda actual de diesel – ACPM – es del orden de 60,000 barriles diarios que son producidos en las refinerías de ECOPEPETROL en Cartagena y Barrancabermeja. La refinería de Barranca produce 48,000 barriles diarios en su totalidad para el consumo nacional, de los cuales 16,000 se consumen en Bogotá y el balance en el centro y occidente del país.

La refinería de Cartagena produce 15,000 barriles diarios, de los cuales se destinan 3,000 barriles al mercado de exportación y 12,000 barriles para el consumo de la zona norte del país. (Ver gráfica 38)

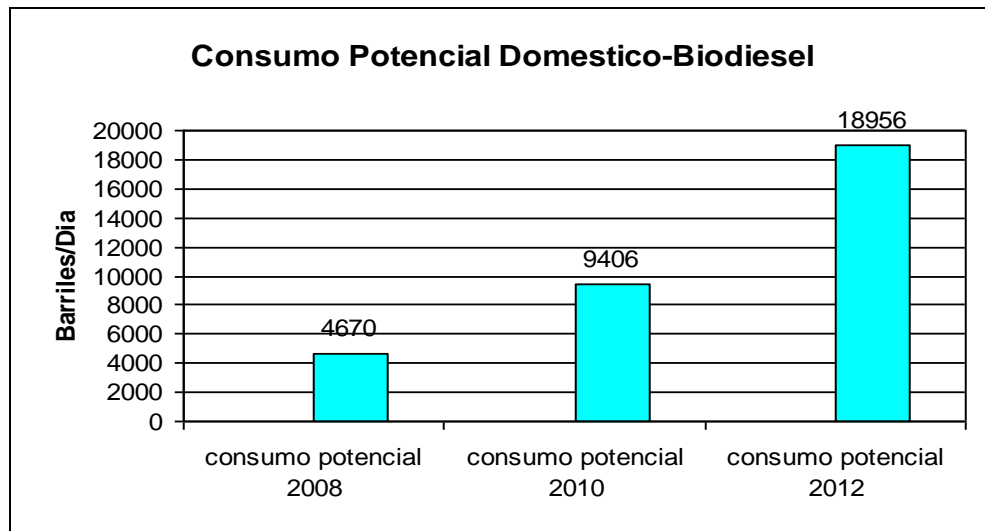
GRAFICA 39 "PROYECCIONES DEL MERCADO DEL DIESEL EN COLOMBIA"



FUENTE: UPME y ECOPEPETROL, CGR con cifras de. La demanda no incluye Diesel Marino.

Este mercado ha crecido a una tasa histórica superior al 5% anual en forma sostenida y debe ser atendido con ampliaciones de capacidad en las refinerías. Se ha tomado una cifra conservadora de crecimiento del 2.5%, a este ritmo, en dos años estará copada la capacidad de producción y se requerirán inversiones para atender la demanda. El proyecto de biodiesel permitirá, durante varios años, atender la demanda incremental y por tanto aplazar la necesidad de esas inversiones por parte de ECOPEPETROL. (Ver gráfica 39)

GRAFICA 40 "CONSUMO DE BIODIESEL DIARIO EN COLOMBIA"



FUENTE: MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA; Programa de Biocombustibles en Colombia.

Otro impacto favorable del biodiesel es el mejoramiento de la calidad del diesel que hoy se consume en el país. ECOPETROL hace esfuerzos a fin de reducir la cantidad de azufre del combustible y disminuir las emisiones contaminantes en las ciudades principales, un ejemplo es la formulación de un diesel de bajo azufre – 1,000 ppm – para el proyecto de Transmilenio en Bogotá; sin embargo, el resto del país debe consumir un contenido mayor de azufre en el combustible de 0.37 %, esto significa que en un futuro próximo será necesario construir plantas hidrodesulfuradoras en las refinerías con inversiones que pueden llegar a los US \$400 millones, que también se desplazarían en el tiempo como efecto de la implementación del proyecto de biodiesel debido a su capacidad de dilución del azufre en la mezcla 10-90 con el diesel producido en las refinerías.

La producción de diesel, tal como se indica en la tabla No. 12, está concentrada en las dos refinerías principales quedando una producción marginal en la refinería de Orito en el Putumayo y Apiay en el Meta. (Ver tabla 50)

TABLA 48 "CARGA DE CRUDO EN LAS REFINERÍAS DE ECOPETROL – 2001"

REFINERÍA	CARGA DE CRUDO, BPD	PORCENTAJE (%)
Barrancabermeja	217.2	75
Cartagena	69.7	24
Apiay, Orito	3.9	1
TOTAL	290.8	100

FUENTE: ECOPETROL. Unidad de Planeación de la Vicepresidencia de Refinación y Mercadeo.

La base para establecer la demanda es la proyección del consumo a nivel nacional. El mercado de biodiesel corresponde al 10% del mercado de etanol, además, es pequeño para la mezcla B5, como alternativa se presenta que la mezcla se aumente al 10% (mezcla B10) o más y volcarse al mercado internacional.

El biodiesel es producido específicamente para ser usado como combustible en vehículos con motor diesel, aunque también podría ser utilizado al igual que el aceite diesel, en quemadores de hornos, secadores y calderas.

Desde el punto de vista comercial, y con base en la experiencia europea, el biodiesel es utilizado principalmente en el sector automotor, ya que éste genera más del 70% de la contaminación del aire de las ciudades (fuentes móviles de polución).

Los proyectos

Se tienen ya en curso cerca de 9 proyectos de producción de biodiesel a partir de aceite de palma en diversas regiones de la geografía nacional con inversiones que superan los US \$150 millones, e inclusive con participación en uno de ellos de la estatal petrolera, según ECOPETROL S.A., con inversiones que superarán los US

\$20 millones de dólares y que le apuntan a producir cerca de 2 millones de litros por día de biodiesel, que permitirán cubrir la demanda del país hasta un 20% de mezcla e inclusive pensar en mercados de exportación. Adicionalmente, estos proyectos generarán más de 100.000 empleos formales y sostenibles, y más de 400.000 colombianos tendrían en el biodiesel un sustento.

Este es el llamado Programa Nacional de Biodiesel, que contemplan, los proyectos en construcción y los factibles:(Ver tabla 51 Y 52)

TABLA 49 "PLANTAS DE BIODIESEL EN CONSTRUCCIÓN 2007-2008"

Inversionista - Promotor	Capacidad		Municipio(s) / Región(es)	Departamento(s)	Materia Prima
	K-Lts / día	K-Ton / Año		Región(es)	
Biodiesel Las Flores - Oleoflores	175	50	Codazzi	Cesar	Aceite de Palma
Ecodiesel S.A. - Ecopetrol Proyecto Asociativo del Magdalena Medio	351	100	Magdalena Medio	Santander	Aceite de Palma
BioD	351	100	Factativá	Cundinamarca	Aceite de Palma
Aceites Manuelita S.A.	351	100	San Carlos de Guaroa	Meta	Aceite de Palma
Biocombustibles Sostenibles del Caribe	351	100	Santa Marta	Magdalena	
Biocastilla	123	35	Castilla La Nueva	Meta	Aceite de Palma
Odin Energy Santa Marta Corporation Jasb Group	126	36	Santa Marta	Magdalena	Aceite de Palma

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Julio de 2007.

TABLA 50 “PLANTAS DE BIODIESEL EN FACTIBILIDAD 2008-2009”

Inversionista - Promotor	Capacidad		Municipio(s) / Región(es)	Departamento(s)	Materia Prima
	K-Lts / día	K-Ton / Año		Región(es)	
Biodiesel de Colombia - Palmeiras	351	100	Tumaco	Nariño	Aceite de Palma
Proyecto Asociativo de la Zona Norte	351	100	Santa Marta - Fundación	Magdalena	
Ecopetrol - Petrobrás	70	20	Barrancabermeja	Santander	Higuerilla
Ecopetrol	351	100	Cartagena	Bolívar	Aceite de Palma
Biodiesel Las Flores - Oleoflores	351	100	Marialabaja	Bolívar	Aceite de Palma
Biodiesel Las Flores - Oleoflores	351	100	Santa Marta	Magdalena	
Cia Agroforestal Colombia - Erpasa - Ingemá	1,052	300	Puerto Carreño	Vichada	Jatropha

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Los Biocombustibles En Colombia, Julio de 2007.

Hasta el momento ha iniciado labores la planta de OLEOFLORES S.A. primera en el país y Latinoamérica, de propiedad de Carlos Roberto Murgas ubicada en la hacienda Las Flores, entre los municipios de Codazzi y San Diego, con una inversión de US \$40 millones se abastecerá de 20 mil hectáreas sembradas con palma africana, lo que generará 5 mil empleos directos y 15 mil indirectos.

Este complejo agroindustrial también utilizará la materia prima proveniente del trabajo de mil 500 familias vinculadas al modelo de alianzas.¹¹³

Uso de la Mezcla B5

De igual manera que el etanol tiene hasta un porcentaje de mezcla sin necesidad de modificaciones, la utilización de la mezcla B5 como combustible alternativo, utiliza la misma infraestructura de distribución de los combustibles tradicionales y que no requiere de modificaciones en los motores de combustión interna tradicionales.

¹¹³ PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA; Comenzó a operar en Codazzi primera planta de biodiesel; Julio 8 de 2007; www.presidencia.gov.co/prensa_new/sne/2007/julio/08/02082007.htm

Es decir, para una mezcla mayor al 5% hace que se presenten modificaciones en los motores, para esto el Gobierno Nacional por medio del Decreto 2629 de Julio de 2007 Artículo 1º, inciso b, especifica:

A partir del 1º de enero del año 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor, que requieran para su funcionamiento diesel o ACPM, que se produzcan, importen, distribuyan y comercialicen en el país, deberán estar acondicionados para que sus motores utilicen como mínimo un B-20, es decir que puedan funcionar normalmente como mínimo utilizando indistintamente diesel de origen fósil (ACPM) o mezclas compuestas por 80% de diesel de origen fósil con 20% de Biocombustibles para uso en motores diesel.

En el Artículo 2º dice:

A partir del 1º de enero del año 2010 se deberán utilizar en el país mezclas de diesel de origen fósil con biocombustibles para uso en motores diesel en proporción 90 – 10, es decir 90% de ACPM y 10% de biocombustible (B10).

- ***Programas de Fomento a la Inversión Para la Producción de Biocombustibles (Etanol Y Biodiesel)***

Para la inversión en la producción de biocombustibles el Congreso de la Republica aprobó por medio de La Ley 1133 de 2007 la creación e implementación del AIS (Agro Ingreso Seguro), programa del MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL que tiene como objeto fortalecer los ingresos de los productores que lo requieran ante las distorsiones derivadas de los mercados externos y mejorar la competitividad de todo el sector agropecuario nacional, con ocasión de la internacionalización de la economía Colombiana, con un monto

inicial para el 2007 de \$400.000 millones divididos en sistemas de riego y el fortalecimiento del ICR (Incentivo de Capitalización Rural).

A través de apoyos para la competitividad contemplada en el AIS se encuentra el ICR que es un aporte en dinero que realiza FINAGRO a productores del sector agropecuario que se encuentren desarrollando un proyecto de inversión nueva, para que modernicen su actividad y mejoren sus condiciones de productividad, competitividad y sostenibilidad y reduzcan riesgos.

Los recursos para este beneficio económico provienen del Presupuesto Nacional y se otorgan a manera de un abono al saldo del crédito que haya contraído el productor para financiar las actividades de inversión objeto del incentivo y esta dirigido a personas naturales y jurídicas que desarrollen proyectos de inversión nuevos en el sector agropecuario ya sea en terrenos propios, arrendados o en otras clases, los requisitos a cumplir son los siguientes:

- Tener un crédito aprobado con recursos procedentes de redescuentos en FINAGRO.
- El proyecto debe haber sido financiado con los recursos procedentes de este crédito en una proporción no inferior al 40% del costo total.
- Informar al Intermediario Financiero, en el momento de presentar la solicitud del crédito, la intención de utilizar el Incentivo de Capitalización Rural.
- El crédito debe ser NUEVO.
- Las inversiones sujetas de incentivo deben ser NUEVAS.
- La inversión no debe contar con otro subsidio directo concedido por el Estado, excepto los dispuestos a través de tasas de interés preferenciales y los que hayan sido otorgados a pequeños productores.
- La antigüedad del gasto no podrá ser mayor a 180 días calendario con anterioridad a la fecha de redescuento del crédito respectivo (para

establecimiento de cultivos de tardío rendimiento, en la etapa de previvero y vivero la antigüedad del gasto podrá ser hasta de un año).

- La culminación de las inversiones objeto de ICR deberá ser posterior a la fecha de redescuento del crédito (para establecimiento de cultivos de tardío rendimiento, se entiende finalizado el proyecto una vez se haya sembrado en sitio definitivo la totalidad del área incluida en el proyecto).
- Los beneficiarios del ICR, tienen derecho a presentar una nueva solicitud un año después de la fecha de otorgamiento del anterior.
- Es necesario conservar las facturas legales y los contratos de obra con sus actas de liquidación, los cuales serán soporte para la liquidación del respectivo porcentaje del ICR y tomar fotografías de las inversiones que se están realizando.

En cuyos casos, los porcentajes de préstamo son catalogados por tipo de productor según FINAGRO (Ver tabla 53)

TABLA 51 "PORCENTAJES DE PRÉSTAMO SEGÚN EL TIPO DE PRODUCTOR"

Inversiones elegibles de ICR según tipo de productor	Pequeños Medianos Grandes		
	Máximo valor reconocido	40%	20%
Adecuación de tierras	X	X	X
Manejo del recurso hídrico	X	X	X
Obras de infraestructura para la producción	X	X	X
Desarrollo de Biotecnología y su incorporación en procesos productivos	X	X	X
Maquinaria y equipos para la producción agrícola	X	X	X
Equipos pecuarios y acuícolas	X	X	X
Modernización pesquera y equipos de pesca artesanal	X	X	X
Infraestructura y equipos para transformación primaria y comercialización	X	X	X
Plantación, mantenimiento y renovación de cultivos de tardío rendimiento	X	X	X
Adquisición de ganado bovino puro	X		

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL,
www.ais.gov.co/MinAgricultura/web/03_programas.html

Donde:

Pequeño Productor: Activos totales < 46 MM

Mediano Productor: Activos totales ≤ 4.080 MM

Gran Productor: Activos totales > 4.080 MM

Al costo de la inversión, a la cual se le reconocerá el ICR, se le aplicará el respectivo porcentaje de acuerdo con el tipo de productor, lo que dará como resultado el monto del incentivo.

El monto máximo para proyectos ejecutados por productores individuales es de: 1.500 smmlv a la fecha de redescuento del crédito y para proyectos de inversión en cultivos de tardío rendimiento, ejecutados mediante alianzas estratégicas, o por colectivos es de: 5.000 smmlv a la fecha de redescuento del crédito.

Existe también dentro de este mismo marco La Línea Especial de Crédito para financiar proyectos destinados a la reconversión a cualquier actividad agrícola o pecuaria que forme parte de la Apuesta Exportadora Agropecuaria del MINISTERIO DE AGRICULTURA o al mejoramiento productivo de todo el sector agropecuario.

Dentro los ítems de la Apuesta Exportadora Agropecuaria esta comprendido: Biocombustibles: Etanol a partir de Caña de Azúcar, Caña Panelera y Yuca y Biodiesel a partir de Palma de Aceite y esta dirigida a las personas naturales y jurídicas que desarrollen proyectos de inversión en reconversión de cultivos, a productos de la apuesta exportable del Ministerio de Agricultura y a los productores del sector agropecuario que desarrollen proyectos de inversión para el mejoramiento de la productividad.

Las actividades que se podrán financiar son:

- Para reconversión se financiarán inversiones en: plantación y mantenimiento de nuevos cultivos, adquisición de maquinaria y equipo, adecuación de tierras, infraestructura para la producción agropecuaria, acuícola y pesca, e infraestructura y equipos para transformación primaria y comercialización.

- Para mejoramiento de la productividad se podrán financiar inversiones en: adquisición de maquinaria y equipo, adecuación de tierras, infraestructura para la producción agropecuaria, acuícola y pesca, e infraestructura y equipos para transformación primaria y comercialización.

Las condiciones de la Línea Especial de Crédito se basan en lo siguiente:

- La tasa de interés para todos los beneficiarios de esta línea será del DTF – 2.
- Los abonos a capital y la periodicidad de pago de los intereses se podrán pactar con el intermediario financiero, de acuerdo con el flujo de caja del proyecto.
- Se aceptará la capitalización de intereses en los casos en los que lo considere el Manual de FINAGRO.
- Una vez el redescuento haya sido cancelado, el intermediario financiero podrá exigir la tasa sin subsidio.
- El plazo máximo para el pago del crédito podrá ser de hasta 15 años y se podrán contemplar hasta 3 años de gracia, de acuerdo con el flujo de caja del proyecto.
- Los créditos con cargo a esta línea especial podrán acceder a las garantías del FAG (Fondo Agropecuario de Garantías) de acuerdo con lo establecido en el Manual de Servicios de FINAGRO.
- Los créditos con cargo a esta línea especial no tendrán acceso al Incentivo a la Capitalización Rural.
- Como mínimo el 30% de los recursos destinados por el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL para esta Línea Especial de Crédito, deberá estar dirigido a subsidiar el diferencial de tasa de interés en créditos para pequeños productores, de acuerdo con la definición de FINAGRO.

En el cuadro que sigue, se muestra la diferencia entre las tasas de redescuento (tasa cobrada por FINAGRO al intermediario financiero) y las tasas de colocación (tasa cobrada por el intermediario financiero al beneficiario del crédito) de la línea ordinaria FINAGRO y la línea especial de crédito del programa Agro Ingreso Seguro: (Ver tabla 54)

TABLA 52 "TASAS DE REDESCUENTO Y DE COLOCACIÓN"

Tasa de Redescuento		
Tipo de productor	Línea Ordinaria	Línea AIS
Pequeño	DTF e.a. - 3.5%	DTF e.a. - 3.5%
Mediano y Grande	DTF e.a. + 1%	DTF e.a. - 2%

Tasa de Colocación		
Tipo de productor	Línea Ordinaria	Línea AIS
Pequeño	DTF e.a. + 4%	DTF e.a. - 2%
Mediano y Grande	DTF e.a. + 8%	DTF e.a. - 2%

FUENTE: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL,
www.ais.gov.co/MinAgricultura/web/03_programas.html

El monto seleccionado para la adquisición de la Línea Especial de Crédito dependerá del tipo de productor: Para pequeños productores se financiará hasta el 100% de los costos del proyecto y para medianos y grandes productores se financiará hasta el 80% de los costos del proyecto. Con estos sistemas de financiamiento y junto a otros beneficios que otorga el Gobierno Nacional dentro del marco legal correspondiente a la producción de biocombustibles, se estimula la inversión Nacional e Internacional para desarrollar proyectos que generen mano de obra directa e indirecta y a su vez fomentar el nombre de la Nación como una potencia a nivel mundial.

6.2.3. Lectura de la Información Recolectada

La industria de los biocombustibles en el mundo, está jugando un papel trascendental, pues constituye una alternativa para alargar la vida útil del petróleo,

que cada día es más escaso. Así mismo, la variación en el precio del mercado cada vez tiende más hacia el alza, sin que por ahora se prevea una tendencia contraria. Dentro de estos mismos parámetros muchos países industrializados y en vía de desarrollo, dedican sus esfuerzos para tratar de frenar este acontecimiento que claramente produce estragos en cualquier tipo de industria, debido a que, prácticamente el mundo depende del petróleo para hacer que las organizaciones comercialicen sus productos, además, de expandir sus actividades económicas. En ese sentido, Colombia no es la excepción, para eso las acciones gubernamentales y del sector privado han repercutido de tal manera que en poco tiempo el país se ha convertido en una potencia mundial en la producción de biocombustibles, etanol y biodiesel, los cuales complementan los combustibles fósiles, que traen ventajas económicas, sociales y técnicas, en la cual en la siguiente lectura explicaremos detalladamente.

Para efectos del trabajo en cuestión y con el ánimo de cumplir con los objetivos planteados, a continuación se presentan los comentarios pertinentes a la revisión bibliografía efectuada, empezando por una definición a nivel mundial y siendo más específicos en el caso colombiano, cuya relación se presenta en otro aparte de este trabajo.

Biogasolina

Aspecto Técnico

- El alcohol carburante y en general los biocombustibles, pueden ser el resurgir agrícola que tanto se ha buscado para Colombia.
- Los biocombustibles, no reemplazarán el petróleo como fuente principal de energía, lo que se busca es ampliar la canasta energética para prolongar la existencia de los hidrocarburos al reemplazar una parte de ellos en el mercado disminuyendo las emisiones contaminantes.

La utilización de biomasa como fuente trae ciertas ventajas desventajas y barreras

Ventajas:

- Balance de producción de CO₂ equilibrado, se evita la emisión de azufres e hidrocarburos policíclicos altamente contaminantes (lluvia ácida), Recurso renovable en periodos cortos de tiempo, canaliza los excedentes agrícolas alimentarios, permite el uso de tierras abandonadas por otros cultivos, se obtienen productos biodegradables Incrementa la actividad agrícola y económica, se abren frentes de investigación agrícola, pecuaria, de proceso y uso eficiente de los recursos y de energías alternas.

Desventajas:

- A menos que los biocombustibles se produzcan de una manera sostenible, podrían existir prácticas más intensivas en energía y en daño de los ecosistemas, no todo el petróleo será sustituido por biocombustibles, elevados costos de recolección y transporte (falta de infraestructura vial para el transporte de la materia prima y de los biocombustibles), requerimiento de inversión en tecnologías que permitan una producción competitiva de agro energía estacionalidad de la producción agrícola, energía más barata a partir de combustibles fósiles, competencia entre alimentos y bioenergía, impacto directo en los precios de productos agrícolas y no precisamente a la baja, alta variabilidad en los precios y consecuente inestabilidad tanto para los productores como para los consumidores, menor rendimiento energético de los biocombustibles, variación fisicoquímica del biodiesel por variabilidad de la materia prima.

Barreras:

- Falta de consenso con respecto a los verdaderos impactos ambientales y a las externalidades a corto, mediano y a largo plazo que se desprenden de

la utilización de estas fuentes de energía, falta de conocimiento sobre las prácticas agronómicas y especies agroforestales más adecuadas para la producción de biomasa, falta de conocimiento sobre el manejo de los sistemas de producción con visión holística, falta de conocimiento sobre la producción y recolección en sistemas agroforestales con fines de producción de energía eléctrica, falta de programas de difusión de la utilización de agroenergía, falta de un programa especial de investigación y desarrollo sobre biomasa y Agroenergía

- Colombia tiene potencial para ser protagonista en la producción mundial de biocombustibles, por la amplia extensión de tierras que tiene para cultivar y la no estacionalidad.

Caña

- La caña llegó a Colombia en 1510 en Santamaría La Antigua del Darién y es originaria de Nueva Guinea.
- El cultivo de caña es permanente y dura varios años, aunque cada año se cosecha rotando la extensión del cultivo en todos los meses.
- La producción de la caña está relacionada con la función clorofiliana, pues a mayor brillo del sol aumenta la producción de sacarosa en la planta.

Industria panelera

- La actividad panelera es la segunda agroindustria rural del país después del café
- Colombia es el segundo productor de panela a nivel mundial entre sólo 25 países que la producen.
- La zona panelera de la Hoya del Río Suarez es mucho mas avanzada tecnológicamente que la zona panelera de Cundinamarca, pues el

rendimiento en producto final en la primera es de 13200Kg/ha mientras el rendimiento en Cundinamarca es de 5000 Kg./ ha

Industria azucarera

- La sobreproducción de azúcar en el mundo a traído efectos negativos no solo para esta industria, sino que también a la industria panelera, pues cuando los ingenios veían que su negocio no compensaba la inversión, fabricaban panela, bajando súbitamente los precios, lo que afectaba negativamente a los pequeños productores, que en varias ocasiones llegaban hasta la quiebra.
- En la actualidad, la producción de alcohol carburante en el país se lleva a cabo exclusivamente en los ingenios.
- Aproximadamente un millón de personas depende de la industria del azúcar en el país que se extiende desde el norte del departamento del Cauca, hasta el sur del departamento de Risaralda pasando por el Valle del Río Cauca, con presencia de un ingenio en el departamento de Sucre.

Industria del alcohol carburante a partir de caña

- En Colombia se ha sabido aprovechar la experiencia y rendimiento que tiene la industria azucarera para la implementación de la naciente industria del alcohol carburante.
- La producción de alcohol carburante se realiza eventualmente de las mieles residuales lo que asegura el negocio de los ingenios ya sea en el azúcar o en el alcohol, dependiendo de las ventajas que se presenten en los precios de cada uno.
- Se crearán aproximadamente 170.000 empleos entre temporales, directos e indirectos solo en la industria del alcohol.

- La tecnología implementada por los ingenios para la producción del alcohol es originaria de la India (PRAJ- DELTA T).
- El manejo de las vinazas ha sido para Colombia un gran problema ambiental desde el comienzo de la industria alcohólica del país.

Remolacha

- La remolacha originalmente se utilizaba como planta de jardín versátil y se consumían sus hojas como verduras no su raíz, tiempo después, la variedad roja se consumía por su agradable sabor dulce.
- Sólo hasta el año de 1747 se demostró que el jugo almibarado que se extrae de la cocción de la remolacha blanca, era químicamente igual, al jugo extraído de la caña, solo que no tenía el color café que lo caracteriza.
- La industria azucarera de la remolacha en Europa se debió al apoyo de Napoleón cuando el azúcar de caña escaseó en Francia casi hasta desaparecer en 1806.
- En el cultivo de la remolacha, la luz solar tiene el mismo efecto que en la caña de azúcar, mientras mayor iluminación se tenga, mayor concentración de azúcar se tiene en la raíz.
- Según la investigación de la Universidad Autónoma, la remolacha ofrece dos cosechas al año mientras la caña sólo tiene la capacidad de dar una cosecha, la remolacha tiene una producción que puede alcanzar las 400 ton/ha al año mientras la caña solo alcanza hasta las 120 ton/ha al año.
- Otro ejemplo de mayor rendimiento en la remolacha ha sido Syngenta, empresa que ha invertido en la producción de la planta en varios países como Sudán, Tailandia, México, República Dominicana, Colombia entre otros.
- Maquiltec es otra de las empresas pioneras en la industria de la remolacha en el país.

- Actualmente el 90% del azúcar que se consume en Europa es de producción interna y se extrae de remolacha azucarera.
- La producción de azúcar a partir de la remolacha es prioritaria en Europa siendo Francia su más fuerte productor.
- El proceso de producción de alcohol carburante de la remolacha es igual al de la caña de azúcar, por la similitud de los jugos extraídos de las dos plantas.

Yuca

- La yuca ha sido parte de la dieta alimenticia de los habitantes de América Latina desde mucho antes de la colonia, su nombre proviene de la lengua de los Indios Caribe, que la llamaban “yog ca” que significa que se amasa molida.
- La yuca ocupa el cuarto lugar en importancia como fuente de energía después del arroz, el maíz y la caña de azúcar, siendo un alimento básico en la canasta familiar.
- Se teme que la expansión de cultivos, tenga efectos erosivos en el suelo, pues la planta es capaz de absorber agua del suelo hasta una profundidad de 2.5 m, lo que empobrece y debilita la capa productora del terreno.
- La yuca contiene un glucósido cianogénico llamado *linamarina* que en presencia de una encima, (linamarasa) y en medio ácido se hidroliza liberando ácido cianhídrico, compuesto altamente toxico.
- El veneno de la yuca existe en todas las especies desde la dosis mas despreciable hasta una tóxica y mortal que puede reaccionar en los tejidos descompuestos de la planta o en el sistema digestivo de de los animales que la consuman.
- La forma de clasificar las especies de la yuca, es precisamente según el nivel de linamarina que poseen.

Industria del almidón

- La industria del almidón en Colombia se divide en dos, almidón agrio y nativo. El almidón agrio se usa en la industria alimenticia y el almidón dulce o nativo, se utiliza para la fabricación de papel, pegamentos, plásticos, orgánicos etc, aunque también se usa en la industria de alimentos.
- La única diferencia en la producción de los dos tipos de almidones, es que en el almidón agrio se realiza la fermentación, que le da al almidón propiedades de expansión que son agradables para el consumidor, el almidón nativo, también se utiliza como alimento pero no posee las mismas propiedades.

Producción de alcohol carburante a partir de yuca

- El mayor productor de alcohol a partir de yuca es Nigeria, pero su nivel de producción no es competente en el exterior.
- Para extraer el alcohol del almidón es necesario romper los enlaces glucosídicos que conectan las unidades de glucosa para liberarlas y poder fermentar.
- El proceso que rompe los enlaces glucosídicos se llama hidrólisis y es un proceso que también se realiza cuando el alcohol es extraído de celulosa.

Alcohol carburante general

- El etanol es uno de los productos biotecnológicos más antiguos, pues el origen de su proceso se remonta a la época de la antigua Grecia.
- Solo hasta 1801 se logró llegar hasta el aparato de destilación continua, lo que dio verdaderamente el punto de partida a la industria alcoholera moderna.

- En la producción, generalmente se utilizan levaduras aunque hay hongos y bacterias que son capaces de sintetizarlo en cantidades considerables.
- La biomasa de la cual se puede extraer etanol por medio de fermentación alcohólica, es aquella que contiene, glucosa, fructosa, xilosa o polisacáridos como el almidón, la celulosa y la hemicelulosa.
- En un principio se consideraba la melaza como un desecho que se obtenía luego del proceso de fabricación del azúcar, que no se utilizaba en la industria de licores por su mal sabor, ahora se considera como una materia prima para el alcohol carburante que contiene mas del 43% de contenido en azúcares.
- Existen microorganismos en las melazas, capaces de afectar negativamente el proceso de fermentación, disminuyendo la calidad del producto final, por lo que es necesaria la esterilización de las mismas.
- La concentración adecuada para las melazas en la producción de etanol es de máximo 25° Brix.
- Para el tratamiento de las vinazas no se debe utilizar ácido sulfúrico, sino ácido clorhídrico en su lugar lo que evita que las sales reaccionen con el ácido sulfúrico provoquen el aumento de temperatura por insolubilidad

Materias primas con alto contenido de almidón:

- Las materias primas con alto contenido de almidón son cereales como maíz, arroz, trigo, centeno, cebada, yuca y papa,
- De los tratamientos que se le aplican a los cereales por ser mucho mas económico es la molienda seca, la cual consta de dos procesos, Molienda seca, donde se usan dos tipos de maquinaria:
Molino de martillo
Molino de rodillos
El último se utiliza para granos pequeños.

- El proceso con este tipo de materiales es más complejo que el de los anteriores.
- El proceso que se le aplica a los cereales se denomina hidrólisis del almidón.
- Se desarrollan nuevas tecnologías, de sacarificación y fermentación simultaneas (SSF), se convierten rápidamente los azúcares en alcohol, con estas tecnología se obtiene 2,75 Gal / saco de maíz de alcohol.
- Una de las ventajas es que la temperatura alta que se aplica en estos procesos, permite una buena sacarificación del almidón, y crea un ambiente estéril para los microorganismos.

Materias primas con alto contenido de celulosa:

- La celulosa es la sustancia más abundante de la naturaleza.
- Se establecen retos tecnológicos, que de vencerse puede bajar los costos de producción, de forma que la fabricación actual de alcohol con materias primas seleccionadas, se puede desechar al ser inviable económicamente
- Las materias primas de las cuales se puede obtener celulosa son casi todas en la naturaleza, teniendo un potencial muy grande para cuando se desarrolle esta tecnología, a continuación se mencionan algunas de ellas:
 - Madera
 - Residuos agrícolas
 - Residuos de centros urbanos
 - Residuos de papel
- Se necesitan tres pasos para la fermentación a partir de los materiales con alto contenido de celulosa:

Deslignificación

Hidrólisis ácida

Fermentación de la mezcla de hexosas

- Las características y tecnologías de la hidrólisis ácida son:

En la hidrólisis enzimática o biológica, se emplean muchas bases y solventes, que de no ser tratados, sus residuos pueden ser un problema potencial de contaminación.

Tiene alto contenido de consumo de energía, razón a la por cual puede aumentar costos, falta investigación para desarrollar esta tecnología.

- Otras tecnologías para aplicar a este tipo de materia prima es donde son termoquímicamente gasificados, la ventaja de esta técnica, es que actúa sobre la lignina, la hemicelulosa y celulosa, teniendo más campo de acción que las otras técnicas, se obtiene una gama de alcoholes excelentes para combustible pero no tan aptos para otras industrias.
- En Colombia se ha propuesto el uso de algunas de estas tecnologías en la zona de Urabá, donde se rechaza anualmente el 20% de la producción, ascendiendo a 200.000 toneladas, que actualmente son desecho orgánico, así se puede aprovechar un material que era un problema de contaminación ambiental, en una nueva oportunidad para el desarrollo de la región.

Fermentación

En la fermentación se presentan los siguientes problemas en el proceso:

- Disipación de calor

- Manejo de temperatura de fermentación
- Contaminación
- Nivel de alcohol
- Concentración de sustrato
- Control de Ph
- Microorganismos empleados
- Aireación

Existen cuatros operaciones que se pueden utilizar en este caso:

- Fermentaciones por Lotes (Batch)

Sus ventajas son: se obtiene un producto final más concentrado, ofrece sencillez en la implementación y mantenimiento de la planta, se logran varias especificaciones de producto. Sus desventajas son: se da una baja productividad, dificultad en automatizar, Tiempo muertos muy frecuentes, Costos altos de mano de obra.

- Fermentaciones Continuas

Este tiene ciertas ventajas frente a la fermentación por lotes: los costos son menores, pues requiere un menor mantenimiento y operación, dando mayor productividad.

Otros métodos son:

- Fermentaciones intermitentes (Fed – Batch)
- Fermentaciones semi-continuos

Proceso de Separación.

- El primer paso para la separación es la destilación. Luego se realizan los pasos para la deshidratación:
 - Destilación.
 - Deshidratación: la cual se puede realizar por los siguientes métodos
 - ◆ Destilación extractiva
 - ◆ Destilación azeotrópica
 - ◆ Tamices moleculares
 - ◆ Pervaporación
 - ◆ Extracción de fluidos supercríticos

- Los tamices moleculares se posicionaron en la industria desplazando a métodos como destilación azeotrópica, por su efectividad.

Residuos de la industria del Etanol.

- Las vinazas son el principal residuo de la industria del alcohol.
- Por 1 tonelada de caña se generan 45 Kg de melaza, 12 Litros y de 30 a 156 litros de vinazas dependiendo el proceso, y todas las variables que lo afecten.
- Una pequeña comparación de producción de vinazas en Colombia se muestra a continuación.

TABLA 53 "COMPARACIÓN DE PRODUCCIÓN DE VINAZAS"

Empresa	Litros Eth/ Dia	Litrs Vinaza
Ingenios	130.000	320.000
Sucromiles	60.000	840.000
Ind. De licores del Valle	50.000	125.000

FUENTE: AUTORES

- Para que se evite un impacto ambiental negativo en la producción , a las vinazas se les usar de la siguiente forma:
 - o Fertilizantes
 - o Sustrato de compost
 - o Biogás
 - o Suplemento alimentito
 - o Incineración

Estudio de mezclas de etanol gasolina.

- Sus beneficios de utilizar esta mezcla y eventualmente en el futuro ampliarla son los siguientes:
 - o Disminución de efecto invernadero.
 - o Reducción de emisiones de monóxido de carbono (CO), e hidrocarburos totales (THC) de los gases de escape de los vehículos.
 - o Eleva el octanaje del combustible, lo cual permite reemplazar compuestos aromáticos y otras sustancias toxicas de elevado octanaje.
- El efecto de la mezcla en los automotores, en sus emisiones y efectos colaterales al motor de combustión interna son las siguientes:
 - o La presión de vapor base se incrementa con la adición de etanol.
 - o El índice antidetonante (IAD) aumenta, al tener el alcohol carburante más octanaje que las gasolinas comunes extra y corriente.

- Se encontraron muchas contradicciones entre los estudios, frente al tema de la potencia obtenida por los automotores, utilizando la mezcla de etanol con gasolina, En estudios de ECOPEPETROL se muestra que la potencia aumenta con la mezcla, mientras que estudios hechos en la universidad de los Andes, muestra que la potencia disminuye con la utilización de biogasolina, esto se puede dar por muchos factores como el estado de los vehículos al hacer las pruebas, estado de los equipos de medición entre otros.
- La tolerancia del agua en la mezcla etanol-gasolina aumenta con la concentración de etanol.
- Como se puede ver el consumo de combustible mejora con la mezcla de etanol anhidro.
- Los resultados observados en estos estudios, muestran que las emisiones de gases contaminantes como CO, CO₂, THC (Hidrocarburos totales) y NO_x disminuyen con la mezcla de etanol gasolina, mientras que a su vez la concentración de O₂ aumenta.
- Se incrementa en un 350% la formación de depósitos sólidos en las válvulas de admisión utilizando la mezcla E10.
- También se presentan problemas de corrosión con el tanque de combustible, las mangueras de conducción del combustible, la bomba de combustible, el filtro y el carburador.
- Es imposible operar el motor sin modificarlo con mezclas superiores al 20% de etanol
- Existen tecnologías, que sirven para que los automotores, se puedan abastecer con cualquier mezcla de etanol anhidro, este tipo de motores se les conoce como flexible (Flex Fuel), pueden ser abastecidos con gasolina, etanol o cualquier combinación de los dos combustibles.

Recomendaciones a los consumidores en sus vehículos

- Existe la eventualidad de desperfecto de elementos metálicos o de caucho por la utilización de la gasolina con mezcla E10.
- Al sistema de combustible se le debe realizar exámenes periódicos y verificar que no hay imperfectos.
- En caso de imperfectos se debe hacer una revisión en los concesionarios o talleres autorizados y cambiar las partes averiadas por partes originales.
- Lavar el tanque antes primer suministro de combustible, y revisarlo periódicamente en lo posible para controlar los contenidos de agua.
- Colocar un filtro nuevo antes de de la primera tanqueada.
- Sincronizar el automotor después de la primera tanqueada, y con especial atención los autos con carburador.¹¹⁴

Manejo logístico del alcohol carburante

- Desnaturalización del Alcohol: El encargado de realizar la desnaturalización del alcohol carburante, es el productor, quien debe garantizar que el producto no sea apto para el consumo humano.
- Mezcla y distribución: El distribuidor mayorista es el responsable de garantizar la mezcla en línea, compuesta por un 10 por ciento de alcohol carburante, que ya desnaturalizado es transportado hasta las plantas por medio de carro tanques y un 90 por ciento de gasolina.
- Distribución Minorista: Esta forma de distribución directa con el consumidor final, se lleva a cabo en la estación de servicio o distribuidor minorista. Al momento de recibir allí la Biogasolina, la estación de servicio debe garantizar que el producto que va a recibir contenga el mínimo porcentaje de agua.

¹¹⁴ MINISTERIA DE MINAS Y ENERGIA, Los Biocombustibles en Colombia, Octubre 2005

- Factores determinantes para mantenimiento de la mezcla E10: Compatibilidad del tanque de almacenamiento, protección de sobrellenado, detectores de escape en líneas y bombas, reemplazo de medidores o recalibración, filtros y dispensadores, materiales resistentes al alcohol, mangueras, sellos, boquillas, limpieza y secado del tanque, protección contra contaminación con agua, secadores en líneas de venteo y entrada de aire a válvulas de presión y vacío, tapa de llenado, Uso de marcas y señales especiales.
- *Entorno de los productores:* En inversiones a mediano plazo el productor de alcohol carburante, debe considerar aspectos que van desde las licencias ambientales otorgadas por el estado, hasta los compromisos con las compañías que efectuarán las mezclas con la gasolina, pasando por el suministro permanente de las materias primas, los riesgos y responsabilidades en los procesos industriales y el desempeño del producto
- *Entorno del estado:* El estado tiene la misión de establecer incentivos o proporcionado esquemas con deducciones o rebaja de impuestos o entrada al país de equipos sin aplicación de aranceles o gravámenes o aplicación de convenios o protocolos como el de Kyoto.
- Aspectos como la *disminución en los niveles de CO₂*, aumento en el octanaje de la gasolina, disminución en la compra de gasolina procesada en el exterior (y eventualmente de petróleo), oportunidades de inversión, posibles nuevos negocios, posibilidades de nuevos empleos, etc. son los suficientemente fuertes y claros como para que el usuario final, se sienta motivado y satisfecho.

Aspecto social

Aspecto social panelero:

- El problema en cuanto a la explotación de caña, se limita a su crecimiento del mercado, el precio de la panela no tiene sustentación, perjudicando a las familias que tiene su sustenta de esta industria.
- Una de las situaciones que ocurrían antes de la implementación de la industria de alcohol carburante en los ingenios, era que los ingenios al estar el precio internacional del azúcar muy baja, producen panela, dándola a precios, que los paneleros no pueden mantener obligando al cierre de muchos de estos trapiches.

Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.

- Los consorcios que conforman el sector azucarero generan 36.000 empleos directos y 216.000 indirectos
- Los ingenios han hecho inversiones de 120 millones de dólares para la regeneración del medio ambiente.
- Este sector entre otros, a realizado las siguientes actividades referente a la parte social que lo involucra:
 - Programas de seguridad social y salud preventiva por \$65.000 millones.
 - Préstamos para vivienda por \$4000 millones otorgados a los trabajadores de los ingenios.
 - \$2600 millones invertidos en educación, sosteniendo escuelas y colegios de la red educativa azucarera, red que beneficia a 5000 estudiantes del valle. Convenios con las instituciones de educación superior, técnicas y profesionales de la zona. Programas y cursos de capacitación para trabajadores y líderes de cooperativas de trabajo asociado.

- Promoción de asociaciones de usuarios de las cuencas de los ríos de influencia en la zona azucarera.
- Apoyo a las iniciativas de la corporación Vallenpaz para el desarrollo de proyectos de seguridad alimentaria, protección ambiental, construcción de capital social y búsqueda de la paz por \$687 millones.
- Inversiones para la protección del medio ambiente en las actividades productivas y recuperación de la franja forestal, protectora del río Cauca por más de \$53.000 millones.

Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios

- Los ingenios fabrican el alcohol carburante de mieles residuales.
- Cuando los precios internacionales del azúcar bajan, los ingenios no cambian la producción de azúcar por la de panela, si no que la cambian por la de alcohol carburante.
- Se perjudica a los pequeños cañicultores al acordar un precio de la tonelada de caña destinada para la producción de alcohol carburante, y otro para la producción de azúcar, este ultimo es mas alto que el primero, al haber escasez de azúcar, los ingenios siguen comprando la caña precios acordados para fabricación de alcohol.

Aspecto social Remolacha

- Proyecciones de empresas como Malquiltex S.A. genera 3000 empleos directos y 9000 indirectos.
- Las empresas crearían programas cabeza de familia, proyectos de guardería entre otros.
- Se crearía o se abriría el mercado para empresas proveedoras de las plantas y cultivos generando bienestar social.

Aspecto Social: Industria del Almidón de Yuca

- Alrededor de la industria de almidón, hay una cultura la cual muchas familias dependen sus sustentó de allí, como en el departamento de Sucre y Cauca.
- Los centros de acopio como Santander de Quilichao, tiene mayor contaminación hídrica, a razón a esta industria.
- En departamentos como sucre, FINAGRO financia el 80%, de los costos del sembrado de yuca, sin contar con costos indirectos.

Aspecto socia: Alcohol carburante producido a partir de yuca

- Proyectos de desarrollo de plantas de alcohol carburante en Sucre, generarían 3 empleos indirectos por 1 indirecto, generando globalmente 7590 empleos mitigando el desempleo en Sucre.
- En el Cauca se necesitaría ampliar los cultivos, al necesitarse en Sucre casi todo el almidón, para la producción de alcohol carburante, así evitar el desabastecimiento de las otras industrias derivadas del almidón.

Aspecto Social General del Alcohol Carburante

- En el país se cuentan con 50.000 hectáreas para la producción de etanol, tendiendo estas a aumentar.
- Potenciales efectos directos de la industria.
- Modificación de ecosistemas naturales como sabanas, humedales, ciénagas, entre otros. Los bosques naturales están protegidos por la Ley General Forestal (ley 1021 de 2006).
- Uso de zonas de alta biodiversidad o sensibles, estén o no fragmentadas y/o desintegradas.
- Afectación de áreas con rico valor cultural.

- Uso de organismos genéticamente modificados.
 - Potenciales efectos indirectos
 - Apertura de regiones inaccesibles (construcción de vías y otra infraestructura).
 - Desplazamiento y/o compra a los campesinos de tierras, quienes generalmente van a cultivar a otras zonas, que en términos generales podrían ser no aptas por ser biodiversas.
 - Sustitución de productos para consumo por la producción de biomasa.
 - Cambio de la calidad y cantidad del recurso hídrico.
 - Cultivo
 - Aumento de residuos sólidos por podas y cosechas
 - Uso de agroquímicos y fertilizantes
 - Mayores requerimientos de agua para el cultivo
 - Posibles emisiones de GEI no cuantificadas
 - Simplificación paisaje
 - Aumento plagas por monocultivos
 - Conflictos uso agua
 - Producción
 - Mayores caudales de aguas residuales
 - Aguas residuales con alta carga orgánica y sólidos suspendidos
 - Contaminación del aire en procesos industriales
 - Mayor producción de vinazas
 - Desarrollo regional

Una fuente de energía sostenible no solamente deberá crear una prosperidad adicional en los países importadores de la misma, sino también en los países

productores; este beneficio local en los países productores no sólo debe ser para los grandes inversionistas de los proyectos sino para la comunidad circunvecina.

- Bienestar social
- o Condiciones de trabajo de los empleados.
- o Derechos humanos.
- o Derechos de propiedad y derechos de uso.
- o Circunstancias sociales de la población local.
- o Integridad.

Aspecto económico

Brasil:

- Pionero en la producción y uso de etanol a partir de caña azucarera mezclado con gasolina convencional a nivel mundial, además, en innovación tecnológica (motores flex-fuel).
- Segunda potencia mundial en la producción de etanol con el 33% del total.
- El Gobierno estimula la producción por medio de subsidios causados en la implementación de impuestos.
- Puede producir el desplazamiento de extensiones de terreno dedicados a otras actividades importantes y en crecimiento como la ganadería hacia las selvas del Amazonas, provocando daños ambientales irreparables al país y al medio ambiente.

Estados unidos:

- Es el mayor productor de etanol a nivel mundial con el 39% del total que junto a Brasil producen más del 70% de la producción del mundo.

- Utiliza millones de hectáreas para el cultivo del maíz, principal materia prima en la producción de etanol.
- Los cultivos requieren de un gran consumo de energía, agua y fertilizantes, lo que ha generado un encarecimiento de este producto y de otros que dependen del mismo.
- El valor de mercado de algunas de las más grandes empresas agrícolas dedicadas a la producción de etanol en el país, han aumentado, consecuencia de la demanda de producto para mezclar con la gasolina convencional.

Centroamérica:

- La producción de etanol esta en su mayor auge, Nicaragua y Cuba son los principales impulsores de esta industria.
- México, aún no define que acciones tomar, está a la expectativa de lo que pueda suceder con en petróleo, gran parte de su economía depende de esta industria.
- Nicaragua es el único productor de etanol en Centroamérica, la producción es destinada a la exportación hacia Europa.

No existe la posibilidad de destinar el etanol a consumo interno para mezclarlo con la gasolina convencional, la falta de interés del Gobierno ó la insuficiente capacidad productiva no lo permite.

- El Salvador y Costa Rica importan el alcohol hidratado de Brasil, lo deshidratan en plantas para exportarlos hacia Europa.

El mercado de los biocombustibles es de alto riesgo económico por su inestabilidad que puede causar perdidas si no se tiene un segmento asegurado.

- Cuba, gracias al apoyo por parte del Gobierno Brasileño producirá etanol para mezclar con la gasolina convencional en una medida E6.

Principal actividad económica de Cuba, producción de azúcar.

Problemas de tipo climático y organizativo han provocado baja en la producción de azúcar de hasta el 85%, por lo que no es viable un aumento en la capacidad agrícola y productora.

Sus grandes extensiones de cultivo de caña azucarera no son suficientes para destinar una parte a la producción de etanol.

Colombia:

Inicio

- La Ley 693 de 2001, se dicta la normatividad del alcohol carburante, otorga estímulos tributarios: exención de impuestos a la gasolina y la creación de zonas francas para la producción, comercialización y uso, ente otras disposiciones.
- La industria del etanol es nueva, Octubre de 2005 se dio inicio a la producción.

Materias Primas

- la caña Tiene la ventaja, de que los procesos azucareros derivan la producción de etanol, ya que, de las mieles residuales que se obtienen, se extrae el etanol.
- Para obtener etanol, previo se realiza el proceso de fermentación que posteriormente se lleva a la destilación para finalmente deshidratarlo, cuyo porcentaje llega hasta un 98% de pureza, del resultado se obtiene etanol y vinazas.
- por otra parte la panela es la segunda agroindustria después del café de la cual dependen más de 300 mil personas y por sus grandes extensiones de cultivos, además, pertenece a los productos de la canasta familiar al igual que el azúcar lo que hace que sea indispensable mantener una oferta estable.
- Colombia es el primer consumidor per capita de panela, las cifras en los primeros cinco meses del año ha disminuido en cerca de 2%, los paneleros al ver el aumento en el precio del azúcar, están derritiendo la panela para producir este producto.
- La baja en la oferta repercute en aumentos en el precio de la panela.

- La entrada de nuevas zonas en el sur del territorio nacional no tradicionales a cultivar y producir panela ha permitido reducir la falta de oferta y estabilizar el precio en el mercado.
- La producción de etanol de la caña panelera, puede generar un conflicto interno en desabastecimiento del producto, que tradicionalmente se ha caracterizado por su bajo precio en beneficio de las persona de escasos ingresos y como es un mercado que no depende directamente de ningún comportamiento a nivel internacional, se efectúa a manera de demanda-oferta.
- El sistema de producción no es tecnificado, lo que genera grandes desperdicios de jugo de caña y contaminación atmosférica, no hay control de calidad en los cultivos, lo que produce el procesamiento de tallos contaminados con algún tipo de de bacteria y algunos con bajo contenido de jugo, lo obtenido en ganancias son para suplir las necesidades mínimas de los productores y el mercado de la panela tiene un sin numero de intermediarios, situación que no favorece a los mismos.
- La yuca y la remolacha son otras de las materias primas ha utilizar, contienen casi el mismo rendimiento en litros por hectárea y mayor rendimiento en litros por tonelada que la caña de azúcar en un escenario productivo esperado, pero con menos productividad de cosecha en toneladas por hectárea.
- La yuca posee la ventaja de ser resistentes a sequías y plagas, además, de ser tolerable a suelos ácidos, muy comunes en los países del trópico, dos cosechas al año, 30 toneladas por hectárea de cultivo y como el etanol se extrae del almidón, éste tiene un contenido de 30% por yuca entera.

Mercado

- El mercado de etanol es muy promisorio, el principal cliente seria Estados Unidos, a pesar de ser el mayor productor del mundo, no cumple con la demanda necesaria para suplir a todo el país.
- Colombia es el tercero a nivel mundial en producción.

- El T.L.C. con Estados Unidos facilita las exportaciones y así mismo las importaciones de tecnología sin la aplicación de aranceles e impuestos aduaneros, sin embargo, el país del Norte tiene que defender los intereses y beneficios (subsidios) que son atribuidos a los productores de maíz, pues de las acciones gubernamentales depende que el precio de esta materia prima no se incremente, perjudicando otros productos que utilizan de una manera integral o sus derivados en la producción de bienes de consumo, lo que incurre en un riesgo financiero alto.
- El cambio tecnológico es otro riesgo, la producción de etanol a partir de la celulosa puede bajar considerablemente el costo de producción de etanol.
- El mercado del etanol es especulativo.

Precio

- El precio de comercialización de la mezcla es regulado por el Estado.
- Está atado al precio internacional del azúcar blanco.

Proyectos

- Los ingenios azucareros iniciaron la producción de etanol a partir de la caña azucarera, INCAUCA y MANUELITA en el Valle del Cauca empezaron en Octubre, luego PROVIDENCIA, MAYAGÜEZ también en el Valle y RISARALDA en el departamento de Risaralda en el siguiente mes.
- Extensión de cultivos de 50 mil Ha aproximadamente.
- Se obtenían 3 millones de litros por mes aproximadamente, con solo dos plantas de producción, posteriormente, aumentaron a más de 12 millones de litros mensuales con la entrada de las otras destilerías.
- La meta es, que la producción de etanol se expanda, no solo para suplir el mercado interno para la mezcla E25 que correspondería a un 32% de la producción, también para exportar el 68% restante a los Estados Unidos.
- Actualmente se producen 1'100 mil de litros diarios para la mezcla E10.

- En 2006 la producción sobrepasó los 25 millones de litros.
- En el primer semestre de 2007, la producción se estima en 26 millones de litros, para Diciembre se proyectan 29 millones de litros.
- La entrada en funcionamiento de nuevas destilerías en el 2008, permitirá que la cantidad de litros por mes aumente, para cumplir este objetivo, el Gobierno Nacional presupuestó una partida para la creación de un fondo de capital de riesgo que promueva la inversión en la construcción de plantas en zonas de bajo atractivo económico como las ZNI (Zonas No Interconectadas), además, de la ampliación de cultivos de las materias primas que se requieren.
- Existen otros proyectos para ayudar a suplir la demanda, las perspectivas para los próximos diez años es la construcción de por lo menos 15 plantas de producción de etanol de diferentes materias primas: caña de azúcar y panelera, yuca y remolacha azucarera.
- La inversión estimada es de US \$642'500 mil, más de 127.150 empleos directos e indirectos y alrededor de 145.000 Ha cultivadas para una producción esperada de 4'800.000 litros diarios de etanol.

Uso

- El uso de la mezcla E10 en el parque automotor ha generado incertidumbre en la comunidad en general, en cuanto al rendimiento, eficiencia y si requiere cambios en el motor para que funcione de igual forma como funciona con la gasolina convencional.
- Pruebas experimentales demuestran beneficios técnicos y ambientales en motores de carburador e inyección.
- El gobierno Nacional expidió el Decreto 2629/07, donde obliga el uso de motores flex-fuel a partir de 2012.

Biodiesel

Aspecto técnico

- El biodiesel es un combustible renovable, de muy bajo contenido de azufre y libre de aromáticos, no tóxico, biodegradable.
- Las plantas existentes son:
 - o Facatativá: Se surte con aceite proveniente del Meta, atiende la demanda de Bogotá y Cesar.
 - o ECOPETROL: Atiende desde el Magdalena Medio a Antioquia, el Eje Cafetero, Huila, Tolima y Santander.
 - o Santa Marta: Atiende a la Costa y la Guajira.
- Para mayor equidad y transparencia en la producción y comercialización, se debe crear un fondo de compensación de precios del biodiesel al estilo de los ya diseñados para el azúcar y el aceite de palma, que compense las diferencias de costos entre las plantas por su localización.

Palma Africana.

- La palma de aceite, como es su nombre original, es una planta de clima calido que crece en tierras por debajo de los 500 m.s.n.m, proviene del Golfo de Guinea de África Occidental.
- Fue introducida a América por los portugueses, y a Colombia fue introducida por Florentino Claes inicialmente con fines ornamentales en Palmira, Valle del

Cauca. En 1945, cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento de Magdalena

- Las zonas en Colombia, que son aptas para el cultivo son las que cumplen las siguientes características:
 - o Precipitaciones de un nivel de 1500 a 3000mm o mayores, distribuidas adecuadamente durante el año.
 - o Clima subtropical.
 - o Temperaturas máximas promedio de 29-33 °C, y mínimas promedio de 22-24° C. La temperatura óptima es de 28° C.
 - o Insolación constante de por lo menos 5 horas por día, todos los meses del año.
 - o Suelos francos o franco-arcillosos planos o ligeramente ondulados, sueltos y profundos, de buena permeabilidad y bien drenados.
 - o Acidez: PH 5.8 – 6.5, no desarrolla en suelos alcalinos.
 - o Desarrollo de la plantación e inicio de la cosecha 36 meses.
 - o Humedad relativa superior al 75 por ciento.

Producción.

- El aceite de palma es un alimento natural que se viene consumiendo desde hace 5.000 años
- En los años 60's habían en el país 18.000 hectáreas de palma africana hoy en día hay 150.000 distribuidos en cuatro zonas productivas:
 - o Norte: magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira.
 - o Central: Santander, Norte de Santander, Sur del Cesar, Bolívar.
 - o Oriental: Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá.
 - o Occidental: Nariño

- Colombia es el primer productor de Biodiesel en América Latina y el cuarto en el mundo.

- Se ha logrado en este posicionamiento a nivel mundial gracias a que desde 1962, se creó la federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, FEDEPALMA

- El proceso de obtención cuenta con los siguientes pasos:
 - Recolección.
 - Esterilización
 - Clarificación
 - Refinación
 - Neutralización
 - Blanqueo

- El aceite extraído puede tener los siguientes destinos en la industria.
 - Aceite recuperado: se pueden usar en los procesos de fabricación de jabones o aceites para concentrados de animales o la fabricación de grasas pasantes
 - El aceite crudo, recuperado o refinado: Se obtiene glicerina, ácidos grasos se usan en jabonería
 - El aceite refinado: Puede utilizarse aceite de cocina o panaderías, mezclado con otros tipos de aceites.
 - El aceite de palmiste refinado: Se usa en pastelerías, confituras y farmacia

Higuerilla

- Es nativa de África, donde alcanza 12 m de altura o más, aunque algunos científicos atribuyen el origen de esta planta a América Central.
- Es conocido como aceite de ricino, la planta se cultiva mucho en Brasil, India, Tailandia y países tropicales.
- Es una opción para el campo colombiano para generar empleo y bienestar social.
- Según el Ministerio de Agricultura, se necesita siembra de unas 50.000 hectáreas, que generarían unos 10.300 empleos directos, hay que tener en cuenta que estas 50.000 hectáreas se reparten entre varios frutos.
- Entre la planta se siembre a mayor altura, empobrece el contenido de aceite en la semilla.
- En una unidad productiva de una hectárea se pueden sembrar entre 10.000 a 15.000 plantas.
- La planta producirá grano para extracción constantemente, dependiendo del contenido de agua en el suelo y de las lluvias de la región para activar este proceso.
- En Colombia se utilizan las siguientes variedades:
 - o Semilla Blanca Jaspeada Variedad, Características: Hasta 48% de aceite, Se cultiva de 500 a 1800 msnm, Tiempo de cosecha 5 - 7 meses.
 - o Semilla Negra Variedad, Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses
 - o Semilla Negra Jaspeada Variedad, Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses
 - o Semilla Roja Variedad, Características: Hasta 52% de aceite, Se cultiva de 0 a 800 msnm, Tiempo de cosecha 4 - 5 meses

Producción

- De la higuera se obtiene el aceite de ricino o aceite de castor, la higuera se lleva a la extracción, la cual se realiza mediante calentamiento y prensado en maquinas diseñadas para dicho fin denominadas "Expeler" las cuales por presión extraen el aceite separándolo de la materia seca o torta.

- El aceite tiene los siguientes pasos de refinación:
 - o Neutralización
 - o Lavado
 - o Secado
 - o Decoloración

Los usos del aceite de ricino, son los siguientes:

- o Poliuretano
- o Agroquímicos
- o Cosmética Y Farmacia
- o Jabones y detergentes
- o Lubricantes
- o Combustible
- o Resinas

Proceso de obtención de Biodiesel

- El biodiesel se obtiene a través de la transesterificación alcohólica mediante soda cáustica y así obtenemos biodiesel y glicerina.
- El alcohol mas utilizado para la operación de separación de la glicerina, es el metanol.
- Características del aceite de ricino que lo hacen ventajoso frente a otros, son:

- Punto de nube
- Puntos de ebullición y congelamiento
- Características de lubricación

Análisis técnico General del Biodiesel

- El biodiesel se define como éster monoalquílicode cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, como por ejemplo aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores Diesel, se presenta en estado líquido y se obtiene a partir de un proceso denominado Transesterificación.
- El biodiesel se puede obtener de grasas animales o productos vegetales, esto se da como gran alternativa para el desarrollo de las regiones, donde las tierras tienen capacidad de producir la biomasa con que se elabora este combustible.
- El procesó de la transesterificación, que consiste en una reacción entre una grasa o aceite con un alcohol de cadena corta generalmente metanol o etanol.
- Con el uso del biodiesel, se reducen las emisiones que se emiten en un 40% y un 80% menos de dióxido de carbono que el diesel corriente, y no emiten dióxido de azufre, ni partículas y se disminuye la concentración de partículas en suspensión emitidas, de metales pesados, de monóxido de carbono, de hidrocarburos aromáticos policíclicos y de compuestos orgánicos volátiles.
- El biodiesel tiene las mismas características en cuanto a número de cetano y densidad, con esta similitud se puede hacer la mezcla del aceite vegetal y el ACPM sin problemas.
- El biodiesel no contiene azufre en cantidades, y el porcentaje de aromáticos insignificante, y un índice de biodegradabilidad del 90 - 99 %.
 - Elementos corrosivos como el azufre afectan el funcionamiento del sistema de control de emisiones.
 - El punto de nube muestra la temperatura en que algunos compuestos del combustible comienzan a precipitar sólidos en forma de parafinas.

- El biodiesel puede absorber hasta 40 veces mas de agua que el diesel lo que le da una lubricidad menor a la mezcla

Materias primas y aspecto técnico

- El biodiesel se puede extraer tanto de grasas animales, como de grasas vegetales y de aceites de fritura usados, pues estos tres tipos de aceite cumplen con las propiedades básicas del biodiesel por lo que es posible su extracción.
- El proceso mediante el cual se tratan los aceites vegetales de llama transesterificación o alcoholisis.
- La glicerina, en la producción que podría presentarse al implementarse al implementar la industria del biodiesel, puede representar n problema de saturación en el mercado por lo que se necesitan investigaciones en las que se le de uso a la glicerina sobrante.
- A partir de una tonelada de aceite se pueden producir hasta 956 Kg. de biodiesel y 178 Kg. de glicerina.
- Los catalizadores homogéneos básicos realizan su trabajo con mayor rapidez y son los más utilizados en la industria.
- Cuando se utilizan álcalis implican que el alcohol y los glicéridos deben ser anhidros para evitar que se produzca la reacción de saponificación.
- Los triglicéridos deben contener una cantidad baja de ácidos grasos libres evitando que se neutralice el catalizador y se produzcan jabones.
- En el estado supercrítico la densidad del fluido es cercana a la del líquido pero la viscosidad es parecida a la del gas, la conectividad térmica y el coeficiente de la difusión toman valores intermedios.

Utilización del biodiesel

- Los problemas de viscosidad del biodiesel provocan inconvenientes en la utilización de los motores con 100% biodiesel, la solución es adaptar los motores mecánicamente o usar motores Elsbett.
- Las mezclas de los aceites vegetales con ACPM tienen los siguientes inconvenientes.
 - Los ácidos grasos polinsaturados tienen una elevada tendencia a formar gomas.
 - No se queman completamente, lo que produce depósitos carbonosos y corrosión.
 - Se espesa el aceite lubricante.
 - Elevada viscosidad lo que dificulta el bombeo y la formación de gotas.
 - Comportamiento deficiente en frío.
- Las soluciones que hasta el momento se han propuesto son: precalentamiento del combustible, inyección en la pre-cámara, inyectores auto limpiantes, motores más adiabáticos, cámara de combustión labrada, menor refrigeración, sistema de arranque con diesel.
- Con el uso de biodiesel se disminuyen las emisiones contaminantes debido a que teóricamente se cierra el ciclo del carbono y las mismas emisiones de CO₂ que puede producir la combustión del biodiesel son las mismas que los cultivos pueden absorber a lo largo de su vida.
- En Colombia el parque automotor de carga se distribuye con un 44% de de vehículos particulares y un 66% de vehículos de servicio público, que funcionan con diesel y aproximadamente tienen una vida útil de 22 años.

Evolución de los biocombustibles

- *Biocombustibles de primera generación:* Son los que tienen su origen en la biomasa y que se utilizan en las mezclas con los combustibles fósiles.
- *Biocombustibles de segunda generación:* Son los que tienen su origen en la biomasa pero que se utilizan sin mezcla en los motores ya sean Flex Fuels para el alcohol carburante o Elsbeltt para el biodiesel.
- *Biocombustibles de tercera generación:* En este punto, encaminan los biocombustibles, de primera y segunda generación en la producción de biocombustibles a partir de la celulosa. Si se lograra desarrollar esta tecnología de manera eficiente, tanto para la segunda generación como para la tercera, los esfuerzos de los estados para hacer más fuerte la primera generación, serían inútiles, pues en este caso no se necesitaría ningún proceso previo a la biomasa, (cultivos especializados, procesos de tratamiento de los jugos de la biomasa) en la obtención del alcohol, ni serían necesarias las mezclas.

Aspecto social

Palma

- Setenta y tres municipios de Colombia se dedican al cultivo y procesamiento de la palma de aceite.
- Se tienen planeadas 50000 ha para la producción de biodiesel, pero estas 50000 ha deben ser divididas entre todas las materias primas del mismo, no sólo de palma.
- Hay discrepancia en los datos de las hectáreas de producción disponibles. En los estudios, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, cita una cantidad de 70000 ha para la producción de biodiesel y Corpodib argumenta que son 50000ha.

Higuerilla

- En varios países del mundo, como España, Brasil, Alemania y Colombia entre otros han considerado a la higuerilla como una excelente opción de negocio para las personas de escasos recursos en la zona rural, debido a que el cultivo tiene relativamente bajos costos.
- La poca tecnificación en lo que respecta al cultivo y procesamiento de la higuerilla, o ricino como se conoce internacionalmente, se debe a la falta de apoyo por parte del gobierno en cuestión de créditos y subsidios.
- Hay vacíos enormes en la cadena de distribución de las semillas de la higuerilla para su procesamiento, lo que crea desconfianza a los agricultores que prefieren seguir trabajando en los cultivos tradicionales desechando la posibilidad de la higuerilla.

Aspecto económico

- La producción y uso del biodiesel en el mundo se remota desde principios del siglo XX.
- La crisis energética y el elevado costo del petróleo en las décadas de los 70's y 80's, dieron inicio a la producción de biodiesel en Europa a partir de la colza.
- El biodiesel puede sustituir en 100% el diesel derivado del petróleo sin necesidad de realizar modificaciones en los motores, es biodegradable y no tóxico.
- Se puede obtener de materias primas vegetales, animales y hasta de residuo como el aceite de fritura usado.
- La obtención de biodiesel a base de materias primas vegetales o animales, debe ser analizada con mucha cautela, pues la mayoría de estas son utilizadas como productos de primera necesidad, el más destacado es el aceite de palma.

- La palma de aceite es la principal materia prima para la obtención de biodiesel, por los costos de extracción y por ser el que más rendimiento tiene, también están la colza, la soja y el girasol que cumplen una similar función que la palma.

Unión europea

- Europa es el principal productor a nivel mundial de biodiesel con el 68% de la producción.

- El 50% de los vehículos en la UE utilizan diesel y una estructura de impuestos definida hacen viable la producción de biodiesel.

- Alemania es el país que más produce biodiesel a nivel mundial con el 63% de la producción, seguido de Italia, Austria, Francia y Estados Unidos, a estos se le suman Canadá, Malasia y Suecia que no solo son grandes productores, también, son pioneros en ensayos y usos de biodiesel en vehículos.

- El ahorro en la comercialización no solo por la disminución del consumo del diesel fósil, también por las acciones gubernamentales que se tienen estipuladas como la exención de impuestos, entre otros.

- Los objetivos del mercado están encaminados al aumento de la penetración en el mercado mundial hacia el 2010, alrededor del 12%, pero para llegar a tal porcentaje se estima que se requiere una inversión cercana a los 100,000 millones de Euros, generaría alrededor de 900.000 empleos en toda el continente, ahorrando casi 3,000 millones de Euros al año, reduciendo la dependencia en un 18% en la importaciones y lo mas importante disminuyendo la emisión de gases tóxicos en mas de 400 millones de toneladas al año.

- La comercialización en el mercado es complicado, ya que el biodiesel esta clasificado como combustible y no como producto agrícola, por lo que no cuenta con los privilegios de tener subsidios a la exportación.

Colombia

Inicio

- La Ley 939 de 2004, estimula la producción y comercialización de biodiesel de origen vegetal o animal, para uso en motores diesel, otorga estímulos tributarios, determina la reglamentación de la calidad y en precios y normatividad técnica.
- Los estímulos tributarios se conceden con el fin de incentivar la inversión extranjera en proyectos y zonas francas con perspectivas exportadora, nuevos cultivos de tardío crecimiento.
- También en la inversión en el sector agropecuario de empresas cuyo objeto social sea exclusivamente el agro, que manejen acciones en la bolsa y que la propiedad accionaría sea soberanamente participativa.
- De forma similar, la producción nacional que se destine al uso en motores diesel, quedara exenta de impuestos a las ventas y global de aceite combustible para motor.
- La industria del biodiesel al igual que el etanol es nueva, pero ha avanzado rápidamente.

Materias Primas

- La palma africana, permite su apresurado progreso, por su alto nivel de producción.
- Colombia es el cuarto país en producción a nivel mundial y primero en Latinoamérica, cuya explotación casi en su totalidad se destina al consumo humano en forma de aceite y grasas vegetales.
- El cultivo de la palma es de tardío y largo rendimiento, su ciclo productivo puede llegar a más de 50 años, con la dificultad que después de 25 años por la altura de su tallo se dificulta la recolección de las semillas.
- El proceso de producción de aceite se lleva a cabo en plantas extractoras, en donde se esterilizan los frutos, se desgranar, se maceran y se extrae el aceite de

la pulpa, para luego clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo, de igual forma, se procesan para obtener otros productos para alimentación animal.

- El cultivo de palma cuenta con una amplia extensión de tierras desplegadas en casi todo el territorio nacional.

- La producción de aceite de palma alcanzo cifras en el 2006 que denotaron un crecimiento de alrededor del 5%, siendo la zona central la mas productiva y la menos productiva la zona occidental con decrecimiento en 2.3%, debido principalmente a factores climáticos desfavorables y a una deficiente planeación en cuanto al cuidado de plantaciones, entre otros.

- Para finales de este mismo año, el cultivo de palma tenía sembrados en el país alrededor de 304.000 hectáreas, a comparación del año anterior que fueron de 273.400 hectáreas.

- La producción del fruto para la extracción de aceite cayo, a pesar de la entrada de nuevas zonas cultivadas, pero con bajos rendimientos en los primeros años, lo que generó también que la producción de aceite disminuyera 7,4%, entre 2005 y 2006.

- La higuierilla es otra de las potenciales materias primas para la producción de biodiesel.

- Como fuente de empleo, sobretodo, en el área rural, es una de las que mayor proyección a mediano plazo posee, sus condiciones favorables de desarrollo en diferentes alturas sobre el nivel del mar, obviamente con sus limitaciones que a mayor altura, menor será su rendimiento.

- Se puede combinar con distintos cultivos para un mejor aprovechamiento de los nutrientes de la tierra conservando los espacios requeridos entre cada planta.

- En un terreno apto para el cultivo los costos de producción de aceite de higuierilla son menores que los de la palma de aceite.

- Su rentabilidad es escasa, debido a la falta de desarrollo de mercado interno y externo tanto del aceite como de los subproductos que se derivan, también de subsidios estatales que lo convierta en un producto competitivo.

Mercado

- El comportamiento en el mercado nacional es favorable a diferencia de otros periodos, el aumento en las ventas de aceite en un 9,4% en el 2006 se debió a la recuperación de la economía, a que el precio de venta fue competitivo con respecto a otros bienes sustitutos importados y al incremento en las exportaciones, gracias a que países productores desviaron sus destinos a otras naciones, dejando sin suministros de aceite a grandes consumidores como México, España y el Reino Unido.
- En el término de los años 2003 y 2004, se observó una reducción de los costos de producción por tonelada en cada una de las actividades productivas, por el auge de las exportaciones y el descenso de las importaciones. Existe una contradicción con lo referido, tal vez es debido a la desactualización de la información.
- La distribución en porcentajes de los costos de producción se tratan según la actividad productiva, siendo la mano de obra la cifra más significativa, seguido por el costo capital y los fertilizantes.
- El mercado mundial de biodiesel lo abarca la Unión Europea con el 87% de la producción.
- Alemania a partir de 2004 pasó a ser el principal productor a nivel mundial con más de 300 millones de galones al año, seguido de Francia e Italia.
- Las proyecciones en Colombia a mediano plazo es hacer parte importante en la producción de biodiesel.
- Se estima que al término del año 2007 la producción de biodiesel de acerque al millón de toneladas, siempre y cuando, se cumplan con objetivos que permitan el buen desarrollo de la industria como el crecimiento económico, que ya se esta dando en más del 7% en el primer semestre y programas de desarrollo social.
- De efectuarse estos objetivos es debido a que se cumplieron con condiciones económicas y ambientales que se presentaron en el comportamiento del mercado mundial de energía.

- A nivel de consumo interno, para que se presente un comportamiento favorable, debe cumplir con unas condiciones técnicas, económicas y ambientales en la producción y uso de combustibles de origen fósil que obligue al estado a determinar acciones en busca de nuevas alternativas energéticas.
- La demanda de diesel en Colombia se calcula en 60.000 barriles diarios, que son producidos en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena.
- La primera produce 48.000 barriles diarios, 16.000 son destinados al consumo en el Distrito Capital y el resto se distribuye para consumo en el Centro y Occidente del país.
- La segunda produce 15.000 barriles diarios, de los cuales 3.000 barriles se destinan a la exportación y el resto para el consumo de la zona Norte del país.
- Las proyecciones del mercado del diesel colombiano, con un crecimiento constante de consumidores hacia el 2010, es que no habrá capacidad productiva para atender la demanda, lo que conduciría a la importación de más de 10.000 barriles diarios de combustible.
- Este efecto produciría alzas en el precio de comercialización del diesel, incrementos en los fletes de transporte, que a su vez generaría aumento en el costo de vida de la población.
- La mezcla diesel y biodiesel, mejora la calidad del combustible en cuanto a su composición en PPM (partes por millón).
- Es por esto que el programa de biodiesel en Colombia es una alternativa viable para evitar que estas acciones afecten la economía del país.
- Se estima que para el 2008 cuando se de inicio a la mezcla B5 en el país se consuman alrededor de 5000 barriles diarios, es decir, cerca de los 800 mil litros diarios y se espera que para el 2012 el consumo sea de aproximadamente 19.000 barriles diarios, equivalentes a 3'021 mil litros al día.
- El mercado de biodiesel con respecto al etanol, es una décima parte de lo que se produce en Colombia.

- Se indica que la mezcla B5 no es suficiente para un mercado inicialmente pequeño, que el porcentaje debería aumentarse hasta el 10%, es decir, la mezcla B10 y precipitarse hacia el mercado internacional.
- El biodiesel se puede utilizar en otro tipo de maquinas que funcionen con combustible diesel.
- Su principal uso es en vehículos, ya que, producen más del 70% de la contaminación en las ciudades debido a la cantidad de automotores que existen.

Precio

- El precio de comercialización al igual que el etanol lo regula el Estado y esta atado al precio internacional del aceite.
- El monto esta inmerso dentro de una banda de precios, se define entre el mayor valor de los costos de oportunidad de las materias que se utilizan en la producción de biodiesel y el costo de oportunidad del ACPM de origen fósil y una garantía de recuperación de la inversión para ambos factores.
- Dentro de la estructura de precios existe también una banda de valores más específicamente para el Ingreso al Productor del Biocombustible para Uso en Motores Diesel (IPBUMD), donde el ingreso techo es el máximo valor permitido a tener en cuenta en la estructura, que depende del Precio de paridad a la Importación del ACPM (PIACPM) que se regula en el mercado internacional y el ingreso piso es el mínimo valor que se puede considerar en la estructura, con un comportamiento similar al ingreso techo.

Proyectos

- Hasta el momento hay 9 proyectos en curso en diferentes zonas geográficas del país con participación pública y privada.

- Existen 4 plantas de producción en construcción con capacidad de procesar 286.000 toneladas de semilla de palma al año, que entrarían en funcionamiento en 2007.
- 5 plantas en factibilidad con capacidad de procesar de 410.000 toneladas de semilla de palma al año para el 2008-2009.
- Cuando todas las plantas estén al 100% de funcionamiento, tendrían la capacidad de procesar cerca de 700.000 toneladas de semilla de palma al año.
- Generando 42.000 empleos directos aproximadamente.
- Utilizando una extensión de tierras de 155.000 Ha.

Uso de la Mezcla B5

- Inicialmente se utilizara la mezcla B5.
- La distribución se realizara de igual forma como se ha venido realizando.
- Los motores de los vehículos no requieren modificación.
- Cuando en el futuro la mezcla sobrepase el 5% de adición, los motores requieren de ajustes para un normal funcionamiento.
- Para tal efecto el Gobierno Nacional expidió el Decreto 2629/07.
- Específicamente para el biodiesel y al igual que el etanol, el parque automotor a partir del 2012, tienen que funcionar como mínimo con la mezcla B20.
- También, que a partir del 2010 se debe aumentar la mezcla de B5 a B10.

Programas De Fomento A La Inversión Para La Producción De Biocombustibles (Etanol Y Biodiesel)

- AIS (Agro Ingreso Seguro), programa de financiación para el agro creado por el MAYDR e implementado como Ley 1133 de 2007 aprobado por El Congreso de la Republica.

- Consiste en fortalecer los ingresos de los productores cuando el mercado externo presente variaciones en el comportamiento que pueda afectar las finanzas del productor.
- Debido a la globalización, la idea es mejorar la competitividad del campo.
- Con una inversión de \$400 mil millones por parte del Gobierno Nacional proveniente del Presupuesto de la Nación, se espera la tecnificación de los sistemas de riego y el fortalecimiento de incentivos (ICR).

Apoyos para la competitividad

- Hace parte del AIS.
- El Incentivo de Capitulación Rural otorgado por FINAGRO a productores en el sector agropecuario, es para la consecución de nuevos proyectos que cumplan con el objetivo del AIS.
- El incentivo es un crédito, otorgado a personas naturales o jurídicas en forma de abono al saldo de éste, contraído por la(s) persona(s) y FINAGRO, que realicen proyectos nuevos, ya sea en terrenos propios, arrendados o de otra clase y cumpliendo con los requisitos que exige ésta entidad.
- Los porcentajes de préstamo que se otorgan dependen del tipo de productor y del tamaño de la organización (Cuadro No. 1), que están entre el 20 y 40% dependiendo del caso.
- El monto máximo del préstamo depende de la cantidad de productores que participan del proyecto, individual o colectivo, está definido por SMMLV (Salario Mínimo Mensuales Legales Vigentes) según el caso.
- Productores individuales hasta 1500 SMMLV.
- Para productores de cultivos de tardío rendimiento, en alianzas estratégicas o colectivos, hasta 5000 SMMLV.

La Línea Especial de Crédito

- Hace parte del AIS.
- El objetivo de esta línea de crédito es la financiar la reconversión a cualquier actividad que del sector agropecuario haga parte.
- También que se integren a la Apuesta Exportadora Agropecuaria, otro programa del MAYDR para fomentar la competitividad.
- Dirigido a personas naturales y jurídicas que quieran invertir en el campo.
- Dentro de los parámetros de al Apuesta Exportadora Agropecuaria, se contemplan los biocombustibles, etanol y biodiesel de diferentes materias primas.
- Se fomenta el desarrollo de proyectos de reconversión de cultivos en todas sus fases, desde la plantación hasta la comercialización.
- De igual manera para el mejoramiento de la productividad en todo lo que requiere, desde la adquisición de maquinas hasta la comercialización.
- Para ser acreedor de un crédito en línea especial, se requiere cumplir unos requisitos establecidos.
- Las tasas de interés cobrada a los beneficiarios depende del valor DTF semanal, que realiza la Superintendencia Bancaria según la captación de CDT's a 90 días y promedia el Banco de la Republica.
- El monto a reconocer depende del tipo de productor, grande, mediano y pequeño, que va desde 80 hasta 100% según el caso.

Determinación de la Matriz DOFA

A partir de los resultados obtenidos de la lectura, se da inicio a la parte final del trabajo con la determinación de la matriz DOFA, luego realizar el análisis correspondiente que permite identificar los pros y contras de los biocombustibles, para obtener un criterio objetivo de la situación actual y perspectivas de la industria en el país.

TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS TECNICOS DE LA PRODUCCION DE ETANOL (ALCOHOL CARBURANTE) EN COLOMBIA.

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Biogasolina</p> <ul style="list-style-type: none"> - La producción de CO₂ se equilibra, se evita la emisión de azufres e hidrocarburos policíclicos altamente contaminantes. - Aprovecha la ventaja de materias primas al ser, renovables en periodos cortos de tiempo. - Encamina los excedentes agrícolas, al evitar que la sobreproducción, causé bajonazos en los precios. - Aumenta la actividad agrícola y económica. - Se incrementa la investigación referente a la producción agrícola. <p>Industria panelera</p> <ul style="list-style-type: none"> - La actividad panelera es la segunda agroindustria rural del país después del café - Colombia es el segundo productor de panea a nivel mundial entre sólo 25 países que la producen. <p>Industria azucarera</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la actualidad, la producción de alcohol carburante en el país se lleva a cabo exclusivamente en los ingenios. - Un millón de personas depende de la industria del azúcar en el país 	<p>Biogasolina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hace falta infraestructura vial, para el transporte de la materia prima y de los biocombustibles. - Se requiere inversión en tecnologías que permitan una producción competitiva. - Falta de conocimiento sobre las prácticas agronómicas y especies agroforestales más adecuadas para la producción de biomasa. - Falta de consenso con respecto a los verdaderos impactos ambientales y a las externalidades a corto, mediano y a largo plazo. - Carencia un programa especial de I +D sobre Biomasa y Agroenergía. <p>Industria panelera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se ha visto desfavorecida esta industria, por la baja tecnificación que tiene, al no tener métodos y equipos obsoletos para que sea competitiva. <p>Industria azucarera</p> <ul style="list-style-type: none"> - La sobreproducción de azúcar en el mundo a traído efectos negativos no solo para esta industria. <p>Industria del alcohol carburante a partir</p>

<p>Industria del alcohol carburante a partir de caña</p> <ul style="list-style-type: none"> - En Colombia se ha sabido aprovechar la experiencia y rendimiento que tiene la industria azucarera para la implementación de la naciente industria del alcohol carburante. - La producción de alcohol carburante se realiza eventualmente de las mieles residuales lo que asegura el negocio de los ingenios ya sea en el azúcar o en el alcohol. <p>Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiene como ventaja que el jugo que se extrae de la cocción de la remolacha blanca, es químicamente igual, al jugo extraído de la caña, siendo óptimo para la producción de alcohol. - La remolacha ofrece dos cosechas al año mientras la caña sólo tiene la capacidad de dar una cosecha <p>Industria de alcohol carburante a partir de Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hay empresas como Maquiltec y Sygenta que ya comenzaron actividades, para el desarrollo de esta industria. <p>Yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - La yuca ocupa el cuarto lugar en importancia como fuente de energía después del arroz, el maíz y la caña de azúcar, siendo un alimento básico en la canasta familiar. 	<p>de caña</p> <ul style="list-style-type: none"> - El manejo de las vinazas ha sido parte en Colombia un gran problema ambiental desde el comienzo de la industria alcohólica del país <p>Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faltan mayores estímulos para el cultivo de la remolacha. - Hay carencia de más estudios sobre la producción de remolacha en el país, que determinen hasta que punto se puede llegar con este tipo de biomasa. - No se cuenta con la tradición del cultivo en el país. - No se ha creado hasta el momento una federación que agremie a los cultivadores. <p>Industria de alcohol carburante a partir de Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de tradición, en esta industria. - Incertidumbre de lo que pueda pasar con todos los aspectos que conlleven la implementación de esta industria. <p>Yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - La yuca contiene un glucósido cianogénico llamado <i>linamarina</i> que en presencia de una encima, (linamarasa) y en medio ácido se hidroliza liberando ácido cianhídrico, compuesto altamente tóxico.
--	--

<p>Industria del almidón</p> <ul style="list-style-type: none"> - El almidón dulce o nativo, sirve para la fabricación de papel, pegamentos, plásticos, orgánico - El almidón agrio se usa en la industria alimenticia. - Almidón agrio sirve de materia prima para la industria de alcohol. <p>Producción de alcohol carburante a partir de yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reactiva la industria del almidón de yuca en Colombia. <p>Residuos de la industria del Etanol</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiene usos alternativos como: Fertilizantes, Sustrato de compost, Biogás, Suplemento alimenticio, Incineración 	<p>Industria del almidón</p> <ul style="list-style-type: none"> - Almidón nativo, no posee las mismas propiedades, que el almidón agrio, solo sirve para industria de consumo <p>Producción de alcohol carburante a partir de yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - La tecnología para la obtención de alcohol carburante a partir de almidón puede ser mas costosa de jugos azucarados. <p>Residuos de la industria del Etanol</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las vinazas son el principal residuo de la industria del alcohol
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Biogasolina</p> <ul style="list-style-type: none"> - La implementación de la industria del alcohol carburante, pueden ser oportunidad de activar el sector agrícola Colombiano. - Se necesita ampliar la canasta energética para, y así extender la vida de los combustibles fósiles al reemplazar una parte de ellos en su uso. - Colombia tiene potencial para ser protagonista en la reducción mundial de biocombustibles, por la amplia extensión 	<p>Biogasolina</p> <ul style="list-style-type: none"> - Competencia entre alimentos y bioenergía, impacto directo en los precios de productos agrícolas y no precisamente a la baja - Se tiene que producir los biocombustibles de manera sostenible, podrían existir prácticas más intensivas en energía y en daño de los ecosistemas. <p>Industria panelera</p> <ul style="list-style-type: none"> - La producción de panela, se puede ver

<p>de tierras que tiene para cultivar y la no estacionalidad.</p> <p>Industria panelera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se da una situación favorable, para la tecnificación de esta industria, al crearse el ambiente propicio después de la entrada de producción de alcohol carburante por parte de los ingenios, al estabilizarse el propicio de la panela en el país <p>Industria azucarera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se diversifico la industria azucarera, con la producción de alcohol carburante <p>Industria del alcohol carburante a partir de caña</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se crearán aproximadamente 170000 empleos entre temporales, directos e indirectos solo en la industria del alcohol. <p>Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - La luz solar tiene el mismo efecto que en la caña de azúcar, mientras mayor iluminación se tenga, mayor concentración de azúcar se tiene en la raíz, así teniendo Colombia un potencial enorme para el cultivo de la remolacha. - Puede ser una alternativa, de desarrollo económico y social en el altiplano cundí boyacense. <p>Industria de alcohol carburante a partir de Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - El proceso de producción de alcohol 	<p>disminuida en los sectores como la Hoya del Río Suárez, en el momento que entren en funcionamiento el complejo agroindustriales para producir alcohol carburante, al utilizar la caña solo para este ultimo fin.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando los ingenios veían que su negocio no compensaba la inversión, fabricaban panela, bajando extremadamente los precios quebrando a los pequeños productores. <p>Industria azucarera</p> <ul style="list-style-type: none"> - La sobreproducción de azúcar en el mundo a traído efectos negativos no solo para esta industria <p>Industria del alcohol carburante a partir de caña</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que se desarrolle industrias para la obtención de alcohol carburante, mas eficientes en costos, desplazando así a la industria del etanol a partir de caña. <p>Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que no se cumplan las expectativas que se tengan de desarrollo, en las regiones involucradas. - Posibilidades que se especulen con los precios de la remolacha, desfavoreciendo a los cultivadores. <p>Industria de alcohol carburante a partir de Remolacha</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que no se logre el abastecimiento de la
---	---

<p>carburante de la remolacha es igual al de la caña de azúcar, por la similitud de los jugos extraídos de las dos plantas. Aprovechando la experiencia que se tenga en Colombia para la producción a partir de los jugos de la remolacha</p> <p>Yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede ampliar los cultivos, aumentando el desarrollo en las regiones que se amplié. <p>Industria del almidón</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede crear empresas paralelas a la de alcohol carburante. <p>Producción de alcohol carburante a partir de yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se amplía las materias primas para la obtención de alcohol carburante, no solo dependiendo de la caña. <p>Residuos de la industria del Etanol</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede generar empresas alrededor de este desperdicio. 	<p>materia prima para, surtir a las plantas de materia prima.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En forma contraria que allá sobreproducción de materia prima, y tener el uso para estos excedentes. <p>Yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se teme que la expansión de cultivos, tenga efectos erosivos en el suelo, pues la planta es capaz de absorber agua del suelo hasta una profundidad de 2.5 m. <p>Industria del almidón</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que la materia prima no tenga salida en el mercado al estar saturado el mercado <p>Producción de alcohol carburante a partir de yuca</p> <ul style="list-style-type: none"> - El mayor productor de alcohol a partir de yuca es Nigeria, pero su nivel de producción no es competente en el exterior, puede pasar lo mismo en Colombia. <p>Residuos de la industria del Etanol</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede convertir en un problema ambiental.
---	--

TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS SOCIALES DE LA PRODUCCION Y USO DE ETANOL (ALCOHOL CARBURANTE) EN COLOMBIA.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los ingenios azucareros al remplazar la producción de panela por la de etanol, se mejoro la situación del sector panelero. <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los consorcios que conforman el sector azucarero generan 36.000 empleos directos y 216.000 indirectos - Los ingenios han hecho inversiones de 120 millones de dólares para la regeneración del medio ambiente. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando los precios internacionales del azúcar bajan, los ingenios no cambian la producción de azúcar por la de panela, si no que la cambian por la de alcohol carburante. 	<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El problema en cuanto a la explotación de caña panelera, se limita a su crecimiento del mercado <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Se limita todos los beneficios a las regiones donde se encuentran los ingenios. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se perjudica a los pequeños cañicultores al acordar un precio de la tonelada de caña destinada para la producción de alcohol carburante, y otro para la producción de azúcar, este ultimo es mas alto que el primero, al haber escasez de azúcar, los ingenios siguen comprando la caña precios acordados para fabricación de alcohol.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede tecnificar su producción haciéndola competitiva. <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña</p>	<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La falta de tecnificación, teniendo falencias de competitividad <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña</p>

<p>azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se pueden ampliar los beneficios obtenidos al mejorar la situación económica de los ingenios. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se pueden ampliar los beneficios sociales, al haber mas desarrollo económico el los ingenios 	<p>azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que la situación de los ingenios desmejore por situaciones exógenas, teniendo que desmejorar todas las inversiones que se han hecho en el aspecto social <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - La industria de alcohol carburante por distintas razones entre en un decrecimiento afectando a todos sus participantes
---	--

TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCION DE ETANOL (ALCOHOL CARBURANTE) EN COLOMBIA.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - El marco legal pertinente estimula tributariamente la producción de alcohol carburante. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Variedad de materias primas: <p><u>La caña azucarera y panelera:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Etanol a partir de las mieles residuales del proceso azucarero. - Ventaja en rendimiento en litros y toneladas de cosecha por hectárea a las otras materias primas. 	<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solo crea estímulos a los productores de alcohol y no a los de materias primas. <p>Materias Primas</p> <p><u>La caña azucarera y panelera:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiene solo una cosecha al año. - Inadecuado manejo de la tierra poscosecha: quema de cogollos. - No hay rotación de cultivos. - Se utiliza el 12% de los tallos para cultivar una nueva cosecha. - Tiene 10% de contenido de azúcar por

<ul style="list-style-type: none"> - Procesos productivos tecnificados a excepción de la panelera. - Grandes extensiones de tierra cultivadas, 50 mil Ha aproximadamente. - La yuca y la remolacha, contienen casi el mismo rendimiento en litros por hectárea y mayor rendimiento en litros por tonelada que la caña de azúcar en un escenario productivo esperado, pero con menos productividad de cosecha en toneladas por hectárea. <p><u>La yuca:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Posee la ventaja de ser resistentes a sequías y plagas. - Tolerable a suelos ácidos, muy comunes en los países del trópico. - Dos cosechas al año. - 30 toneladas por hectárea de cultivo. <p><u>La remolacha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiene una ventaja muy por encima de las demás materias primas, en Colombia no es apta para consumo humano como lo es en la Unión Europea en donde se utiliza para la producción de azúcar. - Dos cosechas al año. - Contiene de un 17 a 20% de azúcar por tubérculo. - La producción de etanol por hectárea es de 13 a 15 toneladas. - Rotación de cultivos. <p>Proyectos</p>	<p>tallo.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los agricultores de la caña panelera no llevan un control adecuado de enfermedades y plagas. - El proceso de extracción del jugo y del cultivo de la caña panelera son artesanales. - La producción de alcohol carburante a partir de la caña, afecta la fabricación y comercialización del azúcar y la panela. - Desechos altamente contaminantes. <p><u>La yuca:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Menos rendimiento en litros y toneladas por cosecha que la caña. - El alcohol carburante se extrae del almidón. - Tiene 30% de almidón por yuca entera. - El cultivo de yuca absorbe gran cantidad de nutrientes en su etapa de desarrollo, por lo tanto no puede haber rotación de cultivos. <p><u>La remolacha:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Menos rendimiento en litros y toneladas por cosecha que la caña. <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de producción. - Elevada inversión. - Atraso en investigación y desarrollo. - Complejidad alta en la red de distribución.
--	---

<ul style="list-style-type: none"> - Los ingenios azucareros iniciaron la producción de etanol a partir de la caña azucarera. - 12 millones de litros mensuales en el 2005. - En 2006 la producción sobrepaso los 25 millones de litros. - En el primer semestre de 2007, la producción se estimo en 26 millones de litros mensuales. - Se producen 1'100 mil de litros diarios para la mezcla E10. - La entrada en funcionamiento de nuevas destilerías en el 2008, permitirá que la cantidad de litros por mes aumente. 	
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eliminación de barreras comerciales para inversionistas de capital extranjero. - Entrada de nuevos competidores. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los ingenios azucareros ampliaron su mercado y su cartera de productos para satisfacer nuevas necesidades. - Aprovechamiento de los desechos para la obtención de otros productos. - Estabilización de los precios de comercialización de los productos de la canasta familiar que depende directamente de las materias primas destinadas a la 	<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cambios adversos en los tipos de cambio y en las políticas comerciales de otros países. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Falta de mercado de los productos obtenidos del procesamiento de los desechos. - Disminución de la oferta de los productos de la canasta familiar derivados de las materias primas como la panela y el azúcar blanco. - Para la panela, producto derivado de la caña panelera, el bajo precio de

<p>obtención de alcohol carburante.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La entrada de nuevas zonas de cultivos destinados a la fabricación de productos de la canasta familiar como la panela, mitigando el impacto socio-económico que se presente. - Mejor aprovechamiento y expansión de la tierra cultivable del país. - Se presta para el desarrollo de cultivos de buena calidad con la utilización de la biotecnología. <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - La meta es, que la producción de etanol se expanda y amplíe, no solo para suplir el mercado interno para la mezcla E25 que correspondería a un 32% de la producción, también para exportar el 68% restante a los Estados Unidos. - Para Diciembre se proyectan 29 millones de litros. - Para expandir la producción de alcohol carburante, el Gobierno Nacional presupuestó una partida para la creación de un fondo de capital de riesgo que promueva la inversión en la construcción de plantas en zonas de bajo atractivo económico como las ZNI (Zonas No Interconectadas). - Las perspectivas para los próximos diez años es la construcción de por lo menos 15 plantas de producción de etanol de diferentes materias primas: caña de azúcar 	<p>comercialización, no permite que tenga participación en el mercado internacional.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cultivos de mala calidad por no llevar un control adecuado de enfermedades y plagas. - Nuevas plagas y enfermedades. - Cambios climáticos. - Crecimiento demográfico urbano y desplazamiento hacia las ciudades. <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesos productivos más económicos por cambio tecnológico, la producción de etanol a partir de la celulosa puede bajar considerablemente el costo de producción de etanol. - La inadecuada planeación de control de enfermedades y plagas. - El ineficiente mantenimiento a las maquinas de producción en la planta. - El conflicto armado. - La no disponibilidad de terrenos, tanto para la ubicación de la planta, como para el cultivo. - Los elevados costos de la tierra. - Aumentos en el costo de la mano de obra. - Conflicto de intereses políticos. - Desplome de la economía.
--	---

<p>y panelera, yuca y remolacha azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La inversión en estos nuevos proyectos es estimada en US\$642'500 mil, más de 127.150 empleos directos e indirectos y alrededor de 145.000 Ha cultivadas para una producción esperada de 4'800.000 litros diarios de etanol. - Otros proyectos ayudaran a suplir la demanda. - Facilidades financieras para la iniciación de proyectos en el agro. 	
---	--

<u>TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS ECONOMICOS DEL USO DE ETANOL (ALCOHOL CARBURANTE) EN COLOMBIA.</u>	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p><i>Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Colombia es el tercero a nivel mundial en producción y uso. - Cuenta con subsidio a la exportación por ser caracterizado como un producto agrícola. - Demanda alta de consumo. <p><i>Precio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El precio de comercialización de la mezcla es regulado por el Estado. <p><i>Uso de la mezcla E10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Pruebas experimentales demuestran beneficios técnicos y ambientales en 	<p><i>Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El mercado del etanol es especulativo a nivel mundial, lo que repercute en una inestabilidad en la comercialización. - Actualmente se presenta poca oferta, lo que genera que la mezcla no se utilice en todo el país. <p><i>Precio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Está atado al precio internacional del azúcar blanco. <p><i>Uso de la mezcla E10</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede utilizar hasta la mezcla E25 sin modificaciones en el motor.

<p>motores de carburador e inyección.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El gobierno Nacional expidió el Decreto 2629/07, donde obliga el uso de motores flex-fuel a partir de 2012. 	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar ajustes en el sistema de conducción de combustible previo al uso de la mezcla.
<p>OPORTUNIDADES</p>	<p>AMENAZAS</p>
<p><i>Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El mercado de etanol es muy promisorio, el principal cliente sería Estados Unidos, a pesar de ser el mayor productor del mundo, no cumple con la demanda necesaria para suplir a todo el país. - El T.L.C. con Estados Unidos facilita las exportaciones y así mismo las importaciones de tecnología sin la aplicación de aranceles e impuestos aduaneros. - De igual forma el MERCOSUR, T.L.C. con Chile, Tratado del Triangulo del Norte, entre otros. - Introducción a nuevos mercados. - Consolidación del país como actor importante en la industria de los biocombustibles, especialmente en la producción de alcohol carburante. <p><i>Precio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El Estado con acciones políticas, económicas y comerciales puede controlar el precio de comercialización cuando se requiera. 	<p><i>Mercado</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Estados Unidos tiene que defender los intereses y beneficios (subsidios) que son atribuidos a los productores de maíz, pues de las acciones gubernamentales depende que el precio de esta materia prima no se incremente, perjudicando otros productos que utilizan de una manera integral o sus derivados en la producción de bienes de consumo, lo que incurre en un riesgo financiero alto. - Otros países importadores podrían tomar las mismas medidas. - No tener convenios internacionales aduaneros con otros potenciales importadores. - La volatilidad en la cotización del Dólar Americano, actúa directamente en las exportaciones e importaciones. <p><i>Precio</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - El precio depende del comportamiento internacional del mercado de azúcar blanco que se maneja en las bolsa de Londres. <p><i>Uso de la mezcla E10</i></p>

<p>Uso de la mezcla E10</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles, en este caso, la gasolina convencional. - Prolongar la vida útil del petróleo, disminuyendo la utilización de las reservas. 	<ul style="list-style-type: none"> - El uso de la mezcla E10 en el parque automotor ha generado incertidumbre en la comunidad en general, en cuanto al rendimiento, eficiencia y si requiere cambios en el motor para que funcione de igual forma como funciona con la gasolina convencional.
---	--

<p>TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS SOCIALES DE LA PRODUCCION Y USO DE ETANOL (ALCOHOL CARBURANTE) EN COLOMBIA.</p>	
<p>FORTALEZAS</p>	<p>DEBILIDADES</p>
<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los ingenios azucareros al remplazar la producción de panela por la de etanol, se mejoro la situación del sector panelero. <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Los consorcios que conforman el sector azucarero generan 36.000 empleos directos y 216.000 indirectos o Los ingenios han hecho inversiones de 120 millones de dólares para la regeneración del medio ambiente. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando los precios internacionales del azúcar bajan, los ingenios no cambian la producción de azúcar por la de panela, si no que la cambian por la de alcohol carburante. 	<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El problema en cuanto a la explotación de caña panelera, se limita a su crecimiento del mercado <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Se limita todos los beneficios a las regiones donde se encuentran los ingenios. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se perjudica a los pequeños cañicultores al acordar un precio de la tonelada de caña destinada para la producción de alcohol carburante, y otro para la producción de azúcar, este ultimo es mas alto que el primero, al haber

	escasez de azúcar, los ingenios siguen comprando la caña precios acordados para fabricación de alcohol.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se puede tecnificar su producción haciéndola competitiva. <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Se pueden ampliar los beneficios obtenidos al mejorar la situación económica de los ingenios. <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> o Se pueden ampliar los beneficios sociales, al haber mas desarrollo económico el los ingenios 	<p>Aspecto social panelero:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La falta de tecnificación, teniendo falencias de competitividad <p>Aspecto social: Azúcar a partir de caña azucarera.</p> <ul style="list-style-type: none"> o Que la situación de los ingenios desmejore por situaciones exógenas, teniendo que desmejorar todas las inversiones que se han hecho en el aspecto social <p>Aspecto Social: alcohol carburante producido por los ingenios</p> <ul style="list-style-type: none"> o La industria de alcohol carburante por distintas razones entre en un decrecimiento afectando a todos sus participantes

TEMA DEL ANÁLISIS: DIAGNÓSTICO DE LOS ASPECTOS TÉCNICOS Y SOCIALES DE LA PRODUCCIÓN Y USO DE BIODIESEL EN COLOMBIA	
Debilidades	Fortalezas
<p>Biodiesel palma</p> <ul style="list-style-type: none"> - La demanda en el país está sobrecargada en sólo tres plantas de producción lo que disminuye la 	<p>Biodiesel palma</p> <ul style="list-style-type: none"> - El biodiesel es un combustible renovable, de muy bajo azufre y libre de aromáticos, no tóxico,

<p>eficiencia en la distribución en todo el país.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para mayor equidad y transparencia en la producción y comercialización, se debe crear un fondo de compensación de precios del biodiesel como el del azúcar o el aceite de palma. <p>Biodiesel Higuera</p> <ul style="list-style-type: none"> - El gobierno colombiano no ha impulsado lo suficiente el negocio a partir de la higuera, hay falta de subsidios, y créditos para los productores rurales. - No se han organizado eficientemente los interesados en cultivos y procesamiento del aceite de ricino para la producción de biodiesel. <p>Biodiesel general</p> <ul style="list-style-type: none"> - No es solución definitiva al problema del calentamiento global. - La producción de materia prima para la fabricación del biodiesel se enfrenta a la producción alimenticia de aceite. 	<p>biodegradable.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El cultivo de la palma se ha extendido notablemente en el país en los años 60' habían 18 000 ha, en la actualidad hay 150 000 ha. - Hay buena organización en el país de los cultivadores palma pues desde 1962 formaron Fedepalma. <p>Biodiesel Higuera</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tiene propiedades especiales que permite utilizarse en más de 700 productos. - Los costos de los cultivos y de las plantas de extracción del aceite de la higuera, son bastante ventajosos para las personas que decidan implantar entre sus negocios el procesamiento o el cultivo del ricino. <p>Biodiesel general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se disminuyen las emisiones contaminantes en la capa de ozono. - Se prolonga la existencia de los combustibles fósiles en el planeta. - El biodiesel tiene el ciclo del carbono completo permitiendo recuperar los gases tóxicos de CO₂ por medio de la fotosíntesis.
<p>Oportunidades</p>	<p>Amenazas</p>

<p>Biodiesel palma</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al cubrir el mercado nacional puede darse en un momento dado la oportunidad de exportar el fruto de la palma o el producto final. - Se puede obtener una participación más amplia en los mercados de los productos que se extraen de la palma en el país. <p>Biodiesel Higuierilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se implementara adecuadamente la higuierilla podría crearse una industria igual o más fuerte que la de la palma. - La fortaleza del cultivo amplía la producción y el desarrollo de las zonas tanto cálidas como frías del país. <p>Biodiesel general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esta industria podría ser el renacer de la agricultura que tanto se ha buscado en Colombia. 	<p>Biodiesel palma</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las oportunidades de diversificación y explotación del biodiesel como combustible, sólo se presentarán hasta que se desarrolle la tecnología para la extracción de alcohol a partir de celulosa. <p>Biodiesel Higuierilla</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si no se organiza la industria de biodiesel a partir de higuierilla antes de que se desarrolle la tecnología de la celulosa, se puede perder la posibilidad de activarse esta industria en el país. <p>Biodiesel general</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si no se tiene especial cuidado en organizar la industria y su cadena de abastecimiento, no será posible encontrar el éxito que se espera de esta industria como fuente de desarrollo para el país.
---	--

TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS ECONOMICOS DE LA PRODUCCIÓN DE BODIESEL EN COLOMBIA.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - La Ley 939 de 2004, estimula la producción y comercialización de biodiesel de origen vegetal o animal, para uso en 	<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Favorece económicamente al productor de biodiesel y no al agricultor de las materias primas.

<p>motores diesel.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Otorga estímulos tributarios, determina la reglamentación de la calidad y en precios y normatividad técnica. - Los estímulos tributarios se conceden con el fin de incentivar la inversión extranjera en proyectos y zonas francas con perspectivas exportadora. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Así como el etanol, el biodiesel tiene variedad de materias primas: <p><u>La palma de aceite africana:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La abundancia de materia prima, la palma africana, permite su apresurado progreso. - El país es el quinto en producción a nivel mundial y primero en Latinoamérica, cuya explotación casi en su totalidad se destina al consumo humano en forma de aceite y grasas vegetales. - El proceso de producción de aceite se lleva a cabo en plantas extractoras, en donde se esterilizan los frutos, se desgranar, se maceran y se extrae el aceite de la pulpa, para luego clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo. - Estas almendras se procesan para obtener otros productos para alimentación animal. - El cultivo de palma cuenta con una amplia extensión de tierras desplegadas en casi todo el territorio nacional. 	<ul style="list-style-type: none"> - El diesel de Colombia es de muy mala calidad. - Altas contenido de azufre en PPM (Partes Por Millón) <p>Materias Primas</p> <p><u>La palma de aceite africana:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - El cultivo de la palma es de tardío y largo rendimiento, su ciclo productivo puede llegar a más de 50 años, con la dificultad que después de 25 años por la altura de su tallo se dificulta la recolección de las semillas. - La zona occidental es la de más baja productividad, con decrecimiento en 2,3%. - El cambio climatológico y los problemas de orden social, han originado que los cultivos de palma se reduzca. - La producción del fruto para la extracción de aceite cayo, a pesar de la entrada de nuevas zonas cultivadas, pero con bajos rendimientos en los primeros años. - La producción de aceite disminuyo 7,4%. <p><u>La hiquerilla:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - No cuenta con subsidios estatales que lo convierta en un producto competitivo. - Procesos de extracción de aceite artesanales. - Existen en el país más de 50 especies de hiquerilla, no todas son aptas para el cultivo destinado a la producción de biodiesel, tampoco se sabe cual o cuales son las
---	---

<ul style="list-style-type: none"> - La producción de aceite de palma crece alrededor del 5% anual, siendo la zona central la más productiva. - Procesos de extracción de aceite tecnificados. <p><u>La higerilla:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - La higerilla es otra de las potenciales materias primas para la producción de biodiesel. - En Colombia abunda. - Gran variedad de especies. - Dos cosechas al año, producción cada 4 meses. - Resistente a plagas. - Se puede combinar con distintos cultivos para un mejor aprovechamiento de los nutrientes de la tierra conservando los espacios requeridos entre cada planta. - En un terreno apto para el cultivo los costos de producción de aceite de higerilla son menores que los de la palma de aceite. <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hasta el momento hay 9 proyectos en curso en diferentes zonas geográficas del país con participación pública y privada. - Existen 4 plantas de producción en construcción con capacidad de procesar 286.000 toneladas de semilla de palma al año, que entrarían en funcionamiento en 2007. - 5 plantas en factibilidad con capacidad de 	<p>convenientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No hay planeación de control de enfermedades y plagas. - Cultivos sembrados en desorden y sin los cuidados requeridos para el desarrollo de la planta y las semillas. <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la obtención de aceite de palma, la actividad que mayor porcentaje en los costos de producción es la mano de obra. - El elevado costo de la tierra. - La palma es un cultivo de tardío y largo rendimiento, las ganancias se ven a largo plazo. - El conflicto armado genera temor en los inversionistas. - No hay en ejecución ningún proyecto para producir biodiesel de higerilla. - No hay organizaciones interesadas en invertir en la producción de biodiesel de higerilla. - La higerilla no cuenta con una industria sólida. - Su rentabilidad es escasa, debido a la falta de desarrollo de mercado interno y externo, tanto del aceite como de los subproductos que se derivan. - La accidentada topografía en gran parte del territorio nacional, hace difícil la implementación de tecnología en maquinaria para el cultivo y cosecha de
--	---

<p>procesar de 410.000 toneladas de semilla de palma al año para el 2008-09.</p>	<p>semillas.</p>
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p>	<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p>
<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se crearon estímulos y beneficios en la inversión en el sector agropecuario de empresas cuyo objeto social sea exclusivamente el agro, que manejen acciones en la bolsa y que la propiedad accionaria sea soberanamente participativa. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - El cultivo de palma proyecta sembrar en el país más de 304.000 hectáreas. - Se presta para el desarrollo de biotecnología, como solución a cultivos de buena calidad. - Investigación y desarrollo, tanto para la higuera y otras alternativas como la jatropa entre otros, como para la palma. - La higuera como fuente de empleo, sobretodo, en el área rural, es una de las que mayor proyección a mediano plazo posee. - Sus condiciones favorables de desarrollo en diferentes alturas sobre el nivel del mar, hacen de una excelente alternativa, obviamente con sus limitaciones, a mayor altura, menor será su rendimiento. - Crecimiento de la producción acelerado 	<p>Inicio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemas con el marco legal por la desigualdad en los beneficios de los principales actores de la industria. - Efectos políticos adversos. - El no cumplimiento del cronograma establecido en las reglamentaciones. - El no cubrimiento de todo el territorio nacional. - El no cumplimiento de los tratados, alianzas y negociaciones para la exportación de biodiesel y la importación de tecnología para la producción. <p>Materias Primas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Factores climáticos desfavorables y a una deficiente planeación en cuanto al cuidado de plantaciones, entre otros, hacen que un terreno no sea productivo. - El fruto de la higuera es toxico, no se debe ingerir. - La problemática del conflicto armado, específicamente en el desplazamiento rural hacia el urbano. - El costo de tratamiento del terreno donde se va a sembrar. - La utilización de los desechos como abono orgánico.

<p>en el país.</p> <p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cuando todas las plantas de producción de biodiesel estén al 100% de funcionamiento, tendrían la capacidad de procesar cerca de 700.000 toneladas de semilla de palma al año. - Generando 42.000 empleos directos aproximadamente. - Utilizando una extensión de tierras de 155.000 Ha. - Facilidades financieras para la iniciación de proyectos en el agro. 	<p>Proyectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - El no cumplimiento con los cronogramas de actividades propuestos. - Las proyecciones del mercado no sean correctas. - La variación del Dólar Americano, afecte las exportaciones o las importaciones. - Los costos de adquisición de terrenos aumenten y por ende todos los costos de producción. - La no disponibilidad de terrenos, tanto para la planta, como para el cultivo. - La inadecuada planeación de control de enfermedades y plagas. - El ineficiente mantenimiento de las maquinas en la planta.
---	--

TEMA DEL ANALISIS: DIAGNOSTICO DE LOS ASPECTOS ECONOMICOS DEL USO DE BODIESEL EN COLOMBIA.	
FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> - El aceite tiene amplia trayectoria en el mercado nacional y mundial. - Aumento en las ventas de aceite. - La demanda de diesel en Colombia se calcula en 60.000 barriles diarios, que son producidos en las refinerías de Barrancabermeja y Cartagena. - La primera produce 48.000 barriles 	<p>Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Existe contradicciones debido a la desactualización de la información sobre datos de costos de producción, lo que incide a la especulación. - El mercado es especulativo, al igual, que el etanol. - La distribución en porcentajes de los costos de producción se tratan según la

<p>diarios, 16.000 son destinados al consumo en el Distrito Capital y el resto se distribuye para consumo en el Centro y Occidente del país.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La segunda produce 15.000 barriles diarios, de los cuales 3.000 barriles se destinan a la exportación y el resto para el consumo de la zona Norte del país. - La mezcla diesel y biodiesel, mejora la calidad del combustible en cuanto a su composición en PPM (partes por millón). - El mercado de biodiesel con respecto al etanol, es una décima parte de lo que se produce en Colombia. - El biodiesel se puede utilizar en otro tipo de maquinas que funcionen con combustible diesel. <p>Precio</p> <ul style="list-style-type: none"> - El precio de comercialización al igual que el etanol lo regula el Estado - El monto determinado está inmerso dentro de una banda de precios, se define entre el mayor valor de los costos de oportunidad de las materias que se utilizan en la producción de biodiesel y el costo de oportunidad del ACPM de origen fósil, dá estabilidad en el momento que se presente variaciones en el mercado internacional que alteren el comportamiento del precio a nivel nacional y una garantía de recuperación de la inversión para ambos factores. 	<p>actividad productiva, siendo la mano de obra la cifra más significativa, seguido por el costo capital y los fertilizantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se indica que la mezcla B5 no es suficiente para un mercado inicialmente pequeño, que el porcentaje debería aumentarse hasta el 10%, es decir, la mezcla B10 y precipitarse hacia el mercado internacional. - Inicialmente dirigido hacia el parque automotor que funciona con motores diesel. - No se distribuye en todo el país, debido a que es insuficiente la capacidad productiva. <p>Precio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esta atado al precio internacional del aceite. - Dentro de la estructura de precios existe también una banda de valores más específicamente para el Ingreso al Productor del Biocombustible para Uso en Motores Diesel (IPBUMD), donde el ingreso techo es el máximo valor permitido a tener en cuenta en la estructura, que depende del Precio de paridad a la importación del ACPM (PIACPM) que se regula en el mercado internacional y el ingreso piso es el mínimo valor que se puede considerar en la estructura, con un comportamiento similar al ingreso techo. <p>Uso de la mezcla B5</p>
--	---

<p>Uso de la mezcla B5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inicialmente se utilizara la mezcla B5. - La distribución se realizara de igual forma como se ha venido realizando. - Los motores de los vehículos no requieren modificación. - La producción nacional que se destine al uso en motores diesel, quedara exenta de impuestos a las ventas y global de aceite combustible para motor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Su principal uso es en vehículos, producen más del 70% de la contaminación en las ciudades debido a la cantidad de automotores que existen. - Cuando en el futuro la mezcla sobrepase el 5% de adición, los motores requieren de ajustes para un normal funcionamiento.
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> - La recuperación de la economía, provoco que el precio de venta del aceite fuera competitivo con respecto a otros bienes sustitutos importados. - El incremento en las exportaciones, se da gracias a que países productores desviaron sus destinos a otras naciones, dejando sin suministros de aceite a grandes consumidores como México, España y el Reino Unido. - Las proyecciones en Colombia a mediano plazo es hacer parte importante en la producción de biodiesel. - Se estima que al término del año 2007 la producción de biodiesel de acerque al millón de toneladas, siempre y cuando, se cumplan con objetivos que permitan el buen desarrollo de la industria como el 	<p>Mercado</p> <ul style="list-style-type: none"> - El mercado mundial de biodiesel lo abarca la Unión Europea con el 87% de la producción. - Alemania a partir de 2004 pasó a ser el principal productor a nivel mundial con más de 300 millones de galones al año, seguido de Francia e Italia. - Las proyecciones del mercado del diesel colombiano, con un crecimiento constante de consumidores hacia el 2010, es que no habrá capacidad productiva para atender la demanda, lo que conduciría a la importación de más de 10.000 barriles diarios de combustible. - Este efecto produciría alzas en el precio de comercialización del diesel, incrementos en los fletes de transporte, que a su vez generaría aumento en el costo de vida de la

<p>crecimiento económico, que ya se está dando en más del 7% en el primer semestre y programas de desarrollo social.</p> <ul style="list-style-type: none"> - De efectuarse estos objetivos es debido a que se cumplieron con condiciones económicas y ambientales que se presentaron en el comportamiento del mercado mundial de energía. - A nivel de consumo interno, para que se presente un comportamiento favorable, debe cumplir con unas condiciones técnicas, económicas y ambientales en la producción y uso de combustibles de origen fósil que obligue al Estado a determinar acciones en busca de nuevas alternativas energéticas. - Se estima que para el 2008 cuando se de inicio a la mezcla B5 en el país se consuman alrededor de 5000 barriles diarios, es decir, cerca de los 800 mil litros diarios y se espera que para el 2012 el consumo sea de aproximadamente 19.000 barriles diarios, equivalentes a 3'021 mil litros al día. <p>Precio</p> <ul style="list-style-type: none"> - En Colombia está limitado por un ingreso piso y techo que no permite que se salga de control. <p>Uso de la mezcla B5</p> <ul style="list-style-type: none"> - Disminución del consumo de combustible 	<p>población.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El biodiesel es considerado como combustible y no como producto agrícola, por lo tanto está exento de subsidios en la exportación. <p>Precio</p> <ul style="list-style-type: none"> - El precio internacional del barril de petróleo. - Conflictos armados entre las potencias mundiales y países productores de crudo, aumenta la demanda de combustible y así mismo el precio. - Especulaciones en el mercado, derivan en un precio alto por los riesgos que puede representar. - Costos de producción elevados, genera precios de comercialización altos. - Desplome del mercado mundial de los combustibles. <p>Uso de la mezcla B5</p> <ul style="list-style-type: none"> - El Gobierno Nacional expidió el Decreto 2629/07, específicamente para el biodiesel y al igual que el etanol, el parque automotor a partir del 2012, tienen que funcionar como mínimo con la mezcla B20. - A partir del 2010 se debe aumentar la mezcla de B5 a B10. - No satisfacer la demanda de las mezclas. - Desabastecimiento de combustibles.
---	---

derivado del petróleo. - No requiere de modificaciones en los motores.	
---	--

6.3. Marco conceptual

Aceite Vegetal: El aceite vegetal es un compuesto orgánico obtenido a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía. Algunos no son aptos para consumo humano, como el de colza, castor y pueden usarse con fines energéticos en el biodiesel.

Alcohol Anhidro: El Etanol Anhidro es un tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener muy bajo contenido de agua y ser compatible para mezclar con gasolinas en cualquier proporción para producir un combustible oxigenado con mejores características.¹¹⁵

Alcohol Carburante: A través de su historia el etanol ha sido utilizado en diversas formas, entre las mas importantes como combustible, desde la invención de los autos, los primeros carros Ford fueron impulsados por alcohol carburante, todos estos aplicaciones en medicina, bebidas embriagantes entre otros, lo posiciona como un compuesto importante en la industria de la cadena de la alcohol química.

Biocombustibles: Son los productos que se están usando como sustitutos de la gasolina y del Diesel de vehículos y que son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola, de esta manera es un combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos.

¹¹⁵ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Resolución N° 18 0687 de Junio 17 del 2003

Biodiesel: El biodiesel es el combustible proveniente de aceites vegetales o animales que se produce por la reacción química (transesterificación) de dichos aceites con un alcohol, y que puede mezclarse parcialmente, o reemplazar al diesel de petróleo, por la similitud en sus características.¹¹⁶

Biogasolina: La biogasolina es el resultado de mezclar el 90 por ciento de gasolina básica con el 10 por ciento de etanol, el alcohol carburante actúa como oxigenante, disminuyendo los gases tóxicos que se emiten a la atmósfera.

Biomasa: La biomasa es el nombre dado a cualquier materia orgánica de origen reciente que se haya derivado de animales y vegetales como resultado del proceso de conversión fotosintético. La materia vegetal proviene originalmente de la energía solar a través del proceso conocido como fotosíntesis. La biomasa tiene una amplia variedad de usos de las mas importantes se resalta la producción de biocombustibles, producción de energía eléctrica, vapor, calor, gas entre otros.¹¹⁷

Bloqueo por Vapor: Este fenómeno ocurre cuando el carburante líquido se evapora dentro de la tubería que lo lleva desde el tanque hasta el carburador interrumpiéndose el flujo normal del carburante que debe ser mezclado con el aire antes de entrar a los cilindros. Indica la tendencia de un hidrocarburo líquido a volatilizarse.¹¹⁸

Combustibles Básicos: Son mezclas de hidrocarburos que han sido concebidas para motores de combustión interna, ya sea o no con la adición de oxigenantes, son la gasolina extra y corriente, el diesel extra y corriente.¹¹⁹

¹¹⁶ www.fedepalma.org/biodiesel_marco_tec.htm

¹¹⁷ www.textoscientificos.com/energia/biomasa

¹¹⁸ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Resolución N° 18 0687 de Junio 17 de 2003

¹¹⁹ MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Resolución N° 18 0687 de Junio 17 de 2003

DBO: Es la demanda bioquímica de oxígeno, la cual es una medida de la cantidad de la cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica presente en un efluente por medios bioquímicos

DQO: Es la demanda química de oxígeno, y equivale a la cantidad de oxígeno necesario para degradar toda la materia orgánica presente en un efluente por medios químicos.

Destilería: Fabrica o industria en que se destilan licores y bebidas alcohólicas.

Diesel: es una mezcla compleja de hidrocarburos compuesta principalmente de parafinas y aromáticos, con un contenido de olefina que alcanza solamente a un pequeño porcentaje por volumen. La combustibilidad de un combustible diesel en los motores diesel se caracteriza por su número de cetano, el cual es una medida de su capacidad para ser sometido a ignición de compresión, bajo condiciones de prueba estándar. Los combustibles con un número mayor de cetano se queman más fácilmente en los motores de ignición de compresión.

Dextrinas: Sustancia sólida, amorfa, blanco amarillenta, de igual composición que el almidón y la goma arábiga y con propiedades semejantes a la de estos cuerpos.

Efecto Invernadero: Son ciertos gases que retienen la energía solar en la atmósfera no permitiendo que esta vuelva al espacio exterior. Estos gases de efecto invernadero presentes de manera natural en la atmósfera son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Además de éstos, el hombre produce y libera en la atmósfera otros gases de efecto invernadero como los clorofluorocarbonos (CFC), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), que está provocando un evidente cambio climático.

Eficacia: Indicador de mayor logro de objetivos o metas por unidad de tiempo, respecto a lo planeado.

Eficiencia: Indicador de menor costo de un resultado, por unidad de factor empleado y por unidad de tiempo. Se obtiene al relacionar el valor de los resultados respecto al costo de producir esos resultados.

Emisiones: Liberación de contaminantes (partículas sólidas, líquidas o gases) al medio, procedentes de una fuente productora. El nivel de emisión de una fuente se mide por las cantidades emitidas por unidad de tiempo (aquí en toneladas/año). En el caso de las emisiones acústicas se miden características del ruido como la intensidad.

Energías Alternativas: Se entiende, Que son las fuentes de obtención de energías sin destrucción del medio ambiente. Son todas las energías que busca suplir a las energías actuales como las de los hidrocarburos y sus ventajas son su menor efecto contaminante y su capacidad de renovación. Entre ellas están energía hidráulica, recuperación de vinazas, energía eólica, energía solar, energía geotérmica, energía mareomotriz y los biocombustibles entre otros.

Gas: Sustancia en estado gaseoso. El estado gaseoso es uno de los estados de la materia, caracterizado por el movimiento libre, al azar, de las partículas (átomos, iones o moléculas). El paso masivo de una sustancia al estado gaseoso (ebullición) ocurre cuando su presión de vapor iguala a la presión externa. En el agua, a presión de 1 atmósfera, el paso del estado líquido al gaseoso (vapor de agua) ocurre a una temperatura de 100 °C.

Gases de Efecto Invernadero: Compuestos químicos gaseosos como el dióxido de carbono y el metano cuyos vertidos a la atmósfera contribuyen al efecto invernadero.

Gasolina Oxigenada: Es una mezcla de Gasolina con un compuesto que contiene oxígeno en su molécula, que mejora la combustión en los motores. A nivel mundial se han venido utilizando compuestos tipo éter como el Methyl Ter-Butyl Ether, Ethyl Ter-Butyl Ether, entre otros y alcoholes (metanol, etanol).

Gasolina: Según ECOPETROL, Es un hidrocarburo derivado del petróleo, utilizado como combustible en motores de combustión interna de encendido por chispa. Su calidad está definida por ciertas propiedades físicas, ligadas generalmente a su composición química. Comercialmente se utilizan, además, ciertos aditivos para mejorar algunas de sus propiedades.

La molécula del alcohol etanol, C₂H₅OH, al quemar produce CO₂ y agua, menos CO que la gasolina y nada de los otros óxidos -como SO_x - que normalmente la acompañan.¹²⁰

Las Vinazas: Es un desecho obtenido en la destilación del alcohol, contiene muchos contaminantes, pero también sustancias atractivas para el campo y otros usos.¹²¹

Lignocelulosa: Sustancias que forma la mayor parte de los elementos leñosos de los vegetales, los álcalis la descomponen y la descomponen en lignina y celulosa.

Medio Ambiente: Es el entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla la vida

¹²⁰ www.fedebiocombustibles.com/ventajas-desventajas.html, tomado del periódico "el mundo" de Bolivia Agosto 14 de 2006.

¹²¹ ASOCAÑA, Programa de Biogasolina, Septiembre de 2005

sino que también abarca seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos.

Mezcla B5: Es la mezcla del 95% Diesel y 5% Aceite Vegetal que se da por la capacidad de producción que se proyecta al principio en el país, dando la posibilidad de aumentar la mezcla en un futuro. Que existe en el mundo consenso y en especial de la industria automotriz de usar biocombustibles para uso en motores diésel en mezclas hasta un 5% en volumen de metil ésteres con el combustible diésel de origen fósil, llamado en los países usuarios de este producto, tales como Alemania, España y Estados Unidos, como B5, lo cual hace razonable la utilización inicial en el país de dichas proporciones de mezcla para el desarrollo del programa de producción de biocombustibles para uso en motores diésel y su mezcla con el referido diésel fósil¹²²

Mezcla E10: Es la mezcla 90% Gasolina y 10% Alcohol Carburante que gracias a la Ley 693 de 2001 que establece que las gasolinas que se utilicen en el país, en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes, tendrán que contener componentes oxigenados tales como alcoholes carburantes, en la cantidad y calidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía.

Octanaje: Es la capacidad que tiene un combustible de no auto encenderse por sí mismo. Es fenómeno de la preignición ocurre cuando la mezcla aire combustible detona antes que de los pistones hallan la compresión deseada dentro de los cilindros de un motor de combustión interna. Cuanto mayor sea el octanaje, así será la resistencia del combustible al golpeteo de la máquina.¹²³

¹²² MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Resolución 1285 del 2005

¹²³ ASOCAÑA, Programa de Biogasolina, Septiembre de 2005

Potencia: Cantidad de trabajo realizada en una unidad de tiempo. La potencia de un motor se mide en caballos de vapor (CV) o en kilovatios (Kw) en el sistema internacional.

6.4. Marco metodológico

6.4.1. Tipo de investigación

La Investigación que se utilizará, es de enfoque cualitativo previo al método de Investigación Acción Participación, en la que los investigadores estarán de la mano con la comunidad.

6.4.2. Técnicas de recolección de datos

En este estudio se utilizaran documentos existentes de las siguientes clases: Institucionales, Publicaciones, Revistas y Libros. También se utilizara el cuestionario, con preguntas abiertas y las entrevistas, que son de carácter estructurado.

6.4.3. Población y Muestra

La población que será objeto de estudio son las organizaciones más importantes del sector industrial, en cuanto a la producción de biocombustibles: biogasolina y biodiesel, en Colombia.

La muestra se determinara por muestreo mixto, en donde se escogerán las organizaciones más reconocidas en el país que se dediquen a la producción de etanol para la biogasolina a partir de la caña de azúcar, yuca y remolacha específicamente, de igual forma se hará para la producción de aceite para biodiesel de la palma africana e higuera.

6.4.4. Proceso metodológico

OBJETIVOS ESPECIFICOS	PROCESO METODOLOGICO
<ul style="list-style-type: none">- Seleccionar las fuentes de información disponible, emanada de las instituciones de educación superior y de las entidades gubernamentales y privadas.	<ul style="list-style-type: none">- Averiguando por medio de páginas web y de personas expertas en el tema, que organizaciones pueden ser fuentes confiables de información.
<ul style="list-style-type: none">- Recopilar la información seleccionada referente a los biocombustibles en el país, de las fuentes secundarias identificadas anteriormente.	<ul style="list-style-type: none">- Consulta de los estudios realizados hasta ahora por las instituciones que agremian a los productores de las materias primas, las instituciones educativas y a las empresas productoras de biodiesel y alcohol carburante.- Consultar en diarios económicos y en estudios realizados los comportamientos de la economía nacional y mundial con respecto a los precios de los biocombustibles y su mercado determinando así las debilidades que el país presenta frente a los demás en este sector.
<ul style="list-style-type: none">- Revisar los documentos seleccionados con el fin de extraer información básica acerca de la situación preponderante en el sector.	<ul style="list-style-type: none">- Seleccionando los documentos en donde especifiquen los temas a tratar en este trabajo de acuerdo a consulta de expertos.
<ul style="list-style-type: none">- Desarrollar labores de investigación primaria que nos permita contrastar la información secundaria disponible, todo lo cual se realizará mediante la	<ul style="list-style-type: none">- Realizando visitas de campo a las empresas que han sido pioneras en la producción final de biocombustibles y efectuando las inquietudes planteadas

<p>realización de encuestas y entrevistas de manera directa, con entidades del área y con conocedores del tema.</p>	<p>en las encuestas.</p>
<p>- Clasificar y evaluar la información allegada con el fin de caracterizar la actividad productora de biocombustibles en Colombia, para los fines contemplados en el objetivo general. En este aspecto el grupo de trabajo complementará la evaluación mediante el uso de la metodología DOFA, con lo cual si bien de manera cualitativa se podrá aumentar el nivel de confianza de las conclusiones y recomendaciones.</p>	<p>- Realizar mesas de trabajo entre los directores y asesores. - Desarrollar los pasos señalados para realizar el análisis DOFA.</p>
<p>- Derivar conclusiones acerca de la situación actual del sector referenciado.</p>	<p>- Presentar las conclusiones del análisis DOFA.</p>
<p>- Presentar recomendaciones fundamentadas que sean motivo o base de estudios a incluir en los programas a nivel pregrado y postgrado de la Universidad.</p>	<p>- Según las conclusiones presentadas, en el punto anterior se presentaran las debidas recomendaciones del tema.</p>

6.5. Marco legal o normativo

Deben examinarse las siguientes normas:

Perspectiva Constitucional

- *Artículo2:* Fines del estado de proteger la vida.
- *Artículo8:* Proteger las riquezas culturales y naturales del Territorio Nacional.
- *Artículo11:* Inviolabilidad del derecho a la vida.
- *Artículo44:* Obligación del estado a velar por el saneamiento ambiental y el salud pública.
- *Artículo58:* La propiedad privada en función de la ecología prima el bien común sobre el bien particular.
- *Artículo79:* Derecho a gozar de un ambiente sano y obligación del gobierno de garantizar la participación de la comunidad en asuntos ambientales y en proteger la biodiversidad.
- *Artículo80:* Planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, también la cooperación con otros países.
- *Artículo226:* Internacionalización ecológica.

Leyes y Resoluciones Que Sustentan Jurídicamente la Industria de los Biocombustibles

- *Ministerio de Medio Ambiente: Resolución 898 Agosto 23 De 1995:* Por 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.
- *Ley 629 de 2000:* Por medio de la cual se aprueba el "Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.
- *Ley 693 de 2001:* Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.
- *Ley 697 de 2001:* Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.
- *Ley 788 de 2002(Reforma Tributaria)*
- *Ley 818 de 2003* (Se dictan disposiciones en materia tributaria)
- *Ministerio de Minas y Energía: Resolución 18 0687 de 2003:* Por la cual se expide la Regulación técnica prevista en Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados
- *Ley 939 de 2004:* Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se

estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel y se dictan otras disposiciones.

- *Ministro De Minas Y Energía Resolución o. 18 1780 de 2005:* Por la cual se define la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel.

- Ley 1028 de 2006: Del apoderamiento de los hidrocarburos, sus derivados, biocombustibles o mezclas que los contengan y otras disposiciones.

7. CONCLUSIONES

Biogasolina

- ◆ Con respecto a las materias primas estudiadas en este proyecto, tanto para etanol como para biodiesel, se encontraron numerosas falencias en los canales de distribución y en la integración de las empresas privadas con el estado, por lo que debe estudiarse este punto para mayor desarrollo de la industria.
- ◆ Los programas de estímulos, contemplados la legislación colombiana, hacen mayor referencia a los productores de los biocombustibles, pero no establecen incentivos específicos para los productores de las materias primas.
- ◆ Los datos que se obtuvieron de las diferentes organizaciones influyentes en la industria, no tienen consenso, en ocasiones se contradicen y en otras presentan datos distintos sobre los mismos puntos.
- ◆ Los precios de las materias primas deben tener una política de precios mas justa con los pequeños productores, pues en la actualidad, hay discrepancias entre el precio de compra y el verdadero fin de la misma.
- ◆ Se espera que con la producción de alcohol carburante en el país, las zonas paneleras tendrán prosperidad, ya que se desvía la competencia de los ingenios azucareros de su negocio.
- ◆ No se debe descuidar el tratamiento de los residuos de la industria del alcohol carburante pues en los volúmenes de producción que se tienen proyectados, se tendría un serio problema ambiental, al aumentar de manera considerable la carga orgánica del medio, debido a las aguas residuales y a la sobre producción de vinazas.

- ◆ La yuca y la remolacha son buenas opciones para producir los volúmenes requeridos de alcohol carburante pero las investigaciones de los ingenios en materia de caña, les da una indiscutible ventaja sobre ellas a pesar de los comprobados rendimientos superiores que estas materias primas tienen.
- ◆ Las investigaciones sobre el alcohol carburante en Colombia, no deben limitarse a las materias primas específicas que producen sacarosa o almidón, sino que se debe colocar especial cuidado a los avances que se puedan presentarse, con los procesos de extracción de etanol a partir de celulosa.

Biodiesel

- ◆ El marco legal para el biodiesel se asemeja al del etanol, con respecto a los beneficios y estímulos tributarios para la producción, comercialización y distribución del biodiesel, además, para fomentar la inversión.
- ◆ La palma africana de aceite y la higuera, inicialmente son las mejores alternativas a tener en cuenta, por: rendimientos, facilidad en los cultivos y de procesamiento.
- ◆ Colombia, está dentro de los cinco principales productores de aceite vegetal a nivel mundial y primero en Latinoamérica.
- ◆ Se puede establecer cultivos en casi todos los pisos térmicos, con la dificultad que a mayor altura, menor es el rendimiento.
- ◆ Con un sistema de cultivo óptimo, los costos de producción de aceite a base de higuera, son menores que los de la palma.

- ◆ La producción de aceite de higuera, aún, no se destina para la obtención de biodiesel, debido a que está en proceso de investigación y desarrollo.
- ◆ Para estas y otras alternativas, la utilización de biotecnología permite desarrollar cultivos mejores para obtener un aceite vegetal y en consecuencia un biodiesel de excelente calidad.
- ◆ El conflicto armado, los cultivos ilícitos y los cambios climatológicos, afectan el desarrollo de proyectos agrícolas destinados a la producción de biodiesel, en cuanto a la reducción de áreas cultivables, a pesar, de la entrada de nuevas zonas a disposición de esta actividad agrícola.
- ◆ La ausencia de países exportadores de aceite, deriva que la presencia de Colombia creciera en esta industria.
- ◆ Las perspectivas para los próximos años, son altas en las ventas, con la entrada de la producción de biodiesel, siempre y cuando, se cumplan con los objetivos establecidos.
- ◆ La contradicción de información por parte de organizaciones que representan a los sectores de las materias primas, generan especulaciones que se reflejan en el comportamiento del mercado.
- ◆ La capacidad productiva del país no alcanza a suplir la demanda, debe importar diesel para abastecer el consumo diario, lo que provoca aumentos en los precios de comercialización.
- ◆ La comercialización de biodiesel, a nivel mundial es costosa, no cuenta con subsidio a la exportación por ser considerada como combustible y no como producto agrícola, a comparación del etanol que si lo es.

- ◆ La determinación del precio es regulado por el Estado y esta atado al precio internacional del aceite.
- ◆ Para el 2010, se estima que se utilizaran cerca de 700.000 toneladas anuales, generando 42.000 empleos y con una extensión de tierra cultivada de 155.000 Ha aproximadamente, con el desarrollo de varios proyectos de construcción de plantas de producción de biodiesel.
- ◆ Los métodos de financiación por parte del estado son de fácil adquisición, con intereses moderados y con garantías que permiten el aseguramiento de la inversión.
- ◆ Los vehículos que utilizan motores a base de diesel, no requieren de modificación para el uso de la mezcla B5.
- ◆ Cuando se utilicen mezclas con porcentajes de biodiesel más altos al B5, se tendría que realizar ajustes en los motores para un funcionamiento uniforme.
- ◆ El Decreto 2629 de 2007, sobre el uso de la mezclas de biodiesel y diesel, obliga a partir del 2012 la producción, comercialización y distribución de vehículos que funcionen con mezclas superiores a B20.

8. RECOMENDACIONES

- La Universidad, a través de la Facultad de Ingeniería, debe establecer en lo posible, convenios de cooperación científica con entidades estatales y privadas dedicadas al sector agrícola y a la industria de los biocombustibles, para el adelanto de proyectos de investigación y desarrollo.
- Crear grupos especializados o interdisciplinarios de pregrado o postgrado en la Facultad, para la realización de proyectos de investigación y desarrollo con respecto a la industria de los biocombustibles, con la necesidad de esclarecer o contradecir la información existente y de generar nuevos resultados.
- Mediante mejoras o adelantos de tecnología en los procesos, la Universidad, en especial la Facultad de Ingeniería, puede generar proyectos de investigación y desarrollo en el campo de la producción, que permitan identificar nuevas alternativas en materias primas para utilizar en la industria, cuyo objetivo sea la reducción de costos y en lo posible el mejoramiento de la calidad en las especificaciones técnicas de los biocombustibles para el uso en vehículos.
- Realizar proyectos de investigación y desarrollo para el aprovechamiento de los desechos y residuos sólidos resultantes de los procesos de producción, no solamente para la disminución de la contaminación que puedan generar, sino también, como fuentes de ingresos no operacionales.
- El Estado debería hacer extensivos los estímulos y beneficios contemplados en el marco legal pertinente a los biocombustibles, a los cultivadores de las materias primas, cuya cosecha sea con destinación a la producción de estos ó crear una normatividad específica para éste sector agrícola, que apremie el cultivo de caña, yuca y remolacha azucarera para la producción de alcohol

carburante, palma africana, higuera y jatrofa para el biodiesel, además, de otras posibles alternativas que para este propósito se determinen.

9. BIBLIOGRAFÍA

- AGENCIA REUTERS; Se Producirá Etanol En Cuba Con Fondos Brasileños; Octubre 3 de 2003
- AGUDELO SANTAMARÍA, LEON PEÑA, MEJIA, Medellín 2001. El Aceite De Palma Transesterificado Por Metanólisis Como Biocombustible Para Motores Diesel. Universidad de Antioquia, revista Facultad de Ingeniería N° 24 páginas 47 – 57.
- ALVAREZ, Gustavo; EL NUEVO DIARIO Tres Ingenios Más Entrarán Al Negocio, Ampliarán Producción De Etanol De Caña De Azúcar; Managua, Nicaragua; Jueves Agosto de 2007 - Edición 9701
- ASOCAÑA, Septiembre de 2005. Programa de Biogasolina
- BERG Cristoph. World Fuel Ethanol Analysis and Outlook, 2004.
- CAMPS MICHELENA, Manuel, 2002. Los Biocombustibles. Ediciones Mundi-Prensa.
- COSANO Reinaldo; Paradojas De La Producción Cubana De Etanol; Movimiento sindical independiente de Cuba; Abril de 2007.
- DELGADO CEPEDA, David Andrés, Bogotá 2006. Evaluación Del Desempeño De Motores En Vehículos Operados Con Biogasolina. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica

- DIAZ CAMELO, Johan Manuel, Bogota 2005. Exploración Del Proceso De Tratamiento Y Limpieza De Aceite Usado De Cocina Para La Producción De Biodiesel. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química.
- DIEZ DE CASTRO, GARCÍA DEL JUNCO. Administración Y Dirección. Mc. Graw Hill.
- GARCIA MONCAYO, Andrés Felipe, Bogota 2005. Análisis De La Sustitución De Combustibles Por Biodiesel (Sintetizado A Partir Del Aceite Crudo De Palma) En Bogota. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Electrónica.
- GARCÍA, Ricardo, 1978. Desarrollo De Tecnología Para Producir Etanol Para Carburante A Partir Directamente De La Caña De Azúcar: Evaluación De La Tecnología Tradicional, El Proceso Ex-Ferm. Editorial: ICAITI. División de Investigación Aplicada.
- GNECCO MANCHENO, José; SUCROMILES. La Producción De Etanol En Colombia.
- GONZALEZ, Alejandro, Bogota Noviembre 2004. Estimación De Los Efectos En Emisiones Y En Costos Por La Utilización Del De Biodiesel En El Transporte De Carga Por Carretera En Colombia. Facultad de Economía, Magíster en Economía del medio ambiente y de los recursos naturales – PEMAR.
- GRANADA AGUIRRE, Luís Felipe, Cali 2006. Análisis Del Ciclo De Vida Del Etanol, Obtenido A Partir De Caña De Azúcar Y Utilizado Como Oxigenante En Gasolinas Para Vehículos Con Motores De Combustión Interna. Universidad Libre seccional Cali, Facultad De Ciencias Económicas, Administrativas Y Contables, Programa De Contaduría Pública.

- GRILLO GALVES, Camilo, Bogota 2005. Adquisición De Datos De Un Motor De Combustión Interna Operando Con Combustible, Mezcla De Gasolina Y Etanol. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.
- GUTIÉRREZ, Néstor Sergio, Bogota 2005. Los Aceites Vegetales Como Combustibles En Los Motores Diesel, - Análisis De Mezclas Con Alcohol Y Gasoil - Universidad de los Andes. Proyecto presentado al Programa de Maestría de Ingeniería Mecánica.
- HERNÁNDEZ OROZCO, Carlos. Análisis Administrativo: Técnicas y Métodos. EUNED, Costa Rica, 1998.
- Informa anual del sector azucarero Colombiano; ASOCAÑA; Mayo de 2007.
- LA PEÑA, Jorge Ingeniero del INSTITUTO ARGENTINO DE LA ENERGÍA ,“Los Biocombustibles como Alternativa Energética “Caña de Azúcar” III Foro Nacional de Biocombustibles, Buenos Aires 29 de Octubre de 2003.
- LEON VIVAS, Adolfo, Ingeniero, Superintendente de Fábrica, Colombia 2006. Construcción Y Gestión Para Un Proyecto De Alcohol Carburante. Ingenio Providencia S.A.
- MARTÍNEZ TORRES, Hernán, Bogota Junio de 2007, Ministro de Minas y Energía. La Importancia De Los Biocombustibles En Colombia.
- MESA-DISHINGTON Jens Presidente Ejecutivo de Fedepalma, Cartagena, Colombia 14 de marzo de 2007. Biofuels Ameritas Conference & Expo III, Biodiésel de palma, una realidad en Colombia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, “Estrategia De Desarrollo De Biocombustibles: Implicaciones Para El Sector Agropecuario”

- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Bogota 2006 Manejo Social Del Campo, M E M O R I A S 2002 – 2006
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Bogotá junio 2006. El Sector Panelero Colombiano.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2005. Resolución 1285.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Bogota Noviembre de 2005. Tercer Seminario De Producción más Limpia, Desarrollo De Los Biocombustibles En Colombia, Una Mirada Desde El Estado.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Junio 17 de 2003. Resolución N° 18 0687.
- NIETO VÉLEZ, Diana Marcela, Bogotá 2006. Exploración Del Proceso De Producción De Biodiesel A Partir De Resinas De Intercambio Iónico. Universidad De Los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química.
- PERIÓDICO “EL MUNDO” Agosto 14 de 2006. Ventajas Y Desventajas. Bolivia.
- PORTAFOLIO “Fiebre del etanol se mantiene en auge”, Julio de 2007.
- RUIZ RAMOS, Cristhian Fabián, Bogota, Junio de 2005. Evaluación Del Desempeño De Un Motor Diesel Operando Con Mezclas De Diesel – Biodiesel. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Mecánica.
- SKYSCRAPERCITY FORUMS; Nicaragua A La Vanguardia De Producción De Etanol En Centroamérica; Marzo 24 de 2007.