



CORPORACIÓN
UNIVERSITARIA
REMINGTON

ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD

ELECTIVA III

ASIGNATURA: Tecnología de Biocombustibles

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA REMINGTON

DIRECCIÓN PEDAGÓGICA

Este material es propiedad de la Corporación Universitaria Remington (CUR), para los estudiantes de la CUR en todo el país.

2012

CRÉDITOS



El módulo de estudio de la asignatura Electiva III Tecnología de Biocombustibles es propiedad de la Corporación Universitaria Remington. Las imágenes fueron tomadas de diferentes fuentes que se relacionan en los derechos de autor y las citas en la bibliografía. El contenido del módulo está protegido por las leyes de derechos de autor que rigen al país.

Este material tiene fines educativos y no puede usarse con propósitos económicos o comerciales.

AUTOR

Federico Delgado Salazar

Ingeniero Agroindustrial de la Universidad Pontificia Bolivariana, Especialista en Gestión del Emprendimiento de la Universidad Adventista de Colombia, propietario de la empresa HIGUEROIL de Colombia dedicada a la promoción de cultivos de higuera con fines industriales (ricino química), asesor y consultor en el montaje y acondicionamiento de plantas de extracción de aceite para granos no alimenticios, expositor del primer congreso internacional de Higuera EAFIT 2007 contacto@higueroil.net

Nota: el autor certificó (de manera verbal o escrita) No haber incurrido en fraude científico, plagio o vicios de autoría; en caso contrario eximió de toda responsabilidad a la Corporación Universitaria Remington, y se declaró como el único responsable.

RESPONSABLES

Escuela de Ciencias de la Salud

Director Arcadio Maya Elejalde

Decano Dr. Ignacio Ramos Jaramillo

Vicedecana Dra. Diana Lucía Toro

Director Pedagógico

Octavio Toro Chica

dirpedagogica.director@remington.edu.co

Coordinadora de Medios y Mediaciones

Angélica Ricaurte Avendaño

mediaciones.coordinador01@remington.edu.co

GRUPO DE APOYO

Personal de la Unidad de Medios y Mediaciones

EDICIÓN Y MONTAJE

Primera versión. Febrero de 2011. Segunda versión Marzo 2012

Derechos Reservados



Esta obra es publicada bajo la licencia Creative Commons. Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 2.5 Colombia.

Corporación Universitaria Remington - Calle 51 51-27 Conmutador 5111000 Ext. 2701 Fax: 5137892. Edificio Remington

Página Web: www.remington.edu.co - Medellín - Colombia

TABLA DE CONTENIDO

1. MAPA DE LA ASIGNATURA	7
2. ENTORNO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA Y EL MUNDO	9
2.1. Historia de los Biocombustibles en el Mundo y en Colombia	10
2.2. Situación actual de los Biocombustibles en Colombia y el Mundo	19
2.2.1. Producción y uso en el Mundo	19
3. MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES	27
3.1. Materias primas y procesos del Biodiesel.....	28
3.1.1. Biodiesel.....	28
3.2. Materias primas y procesos del Bioetanol.....	46
3.2.1. Bioetanol.....	46
3.3. Materias primas y procesos del Biogás.....	61
4. MÉTODOS, NORMAS DE CALIDAD Y LEGISLACIÓN PARA BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA	70
4.1. Métodos y Procesos de Calidad para Biocombustibles	71
4.2. Legislación Colombiana para Biocombustibles.....	76
4.3. Pistas de Aprendizaje	80
4.4. Glosario	81
4.5. Bibliografía	82
4.6. Fuentes digitales o electrónicas.....	83

1. MAPA DE LA ASIGNATURA

TECNOLOGÍA DE BIOCOMBUSTIBLES



PROPÓSITO GENERAL DEL MÓDULO

Proporcionar a los estudiantes mediante este módulo la información necesaria para afrontar situaciones alrededor del tema “Biocombustibles”.



OBJETIVO GENERAL

Explicar y describir las materias primas, procesos, equipos y demás tecnologías de producción de los diferentes biocombustibles.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Conocer el entorno y características de la producción de biocombustibles en Colombia y el mundo
- ▶ Estudiar las características más relevantes de las materias primas usadas en los biocombustibles, como base para la comprensión de los distintos procesos a los que son sometidas y las diferentes alternativas tecnológicas para los variados procesos de elaboración
- ▶ Revisar los métodos instrumentales, la legislación y los requisitos normativos NTC para evaluar la calidad de los productos terminados.

UNIDAD 2

Materias primas y procesos de los biocombustibles.

Habilidad para diferenciar y promover materias primas actuales y promisorias y procesos actuales y para la producción de biocombustibles

UNIDAD 1

Entorno y características de la producción de biocombustibles en Colombia y el Mundo.

Capacidad de explicar basado en hechos reales la situación actual de los biocombustibles en Colombia y el mundo

UNIDAD 3

Métodos, Normas de calidad y legislación para biocombustibles en Colombia.

Capacidad de argumentar y proponer temas alrededor de las normas y leyes Colombianas

2. ENTORNO Y CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA Y EL MUNDO



Grafico 1. Rudolph Diesel inventor del motor Diesel que funcionaba con aceite de palma

OBJETIVO GENERAL

Conocer el entorno y características de la producción de biocombustibles en Colombia y el mundo

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ▶ Conocer los Conceptos básicos sobre los biocombustibles: Biodiesel, Bioetanol y Biogás. Y sobre la historia en Colombia
- ▶ Estudiar la situación de los biocombustibles actualmente en el país y a nivel internacional

Prueba Inicial

Describe que tipos de materias primas se utilizan actualmente para la elaboración de biocombustibles.

Que tipos de equipos y maquinas se usan para la obtención de biocombustibles

2.1. Historia de los Biocombustibles en el Mundo y en Colombia



Grafico 2. Conceptos basicos.

► **Conceptos básicos:**

- **Biodiesel:** El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo. (Wikipedia)
- **Bioetanol:** El etanol es un compuesto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible, bien solo, o bien mezclado en cantidades variadas con gasolina, y su uso se ha extendido principalmente para reemplazar el consumo de derivados del petróleo.(Wikipedia, 2011)

- ▶ Biogás: El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos (bacterias metanogénicas, etc.), y otros factores, en ausencia de oxígeno (esto es, en un ambiente anaeróbico) (Wikipedia, 2011)
- ▶ Reseña histórica de los biocombustibles en Colombia (Fedebiocombustibles, 2010)

ETANOL

En 1942 el representante a la Cámara Luis B. Ortiz presentó su proyecto de ley “Empleo obligatorio de los alcoholes de caña de azúcar y yuca, mezclados con gasolina”. Tropezó con el poderoso lobby de la multinacional Tropical Oil Company y el proyecto fracasó.

En 1979, el senador Héctor Echeverry Correa presentó un proyecto de ley para excluir del monopolio de los departamentos los alcoholes industriales y energéticos, manteniendo éstos el de producción y comercialización de las bebidas embriagantes.

Tampoco tuvo éxito a pesar de que, para entonces, el Gobierno Nacional había expedido el Decreto 2153 que determinó las bases para el Programa Nacional de Alcohol, gracias a las gestiones del entonces Ministro de Minas y Energía Alberto Vásquez Restrepo, quien expresara, en el Primer Simposio Colombiano sobre Alcohol Carburante, el 18 de mayo de 1980 realizado en Cali en medio de la grave coyuntura por la que pasaba el país, convertido en importador de hidrocarburos por la pérdida de la autosuficiencia en un momento de altos precios del petróleo,: “**Colombia está pasando por una época difícil en materia energética capaz de comprometer una buena parte de la dinámica de su desarrollo, para lo cual se requiere de acciones audaces y simultáneas a corto, mediano y largo plazo... la denominada crisis energética en Colombia, podría ser más una crisis económica en ciernes a pocos años vista, si no logramos reducir sensiblemente las necesidades de importación de combustibles**”. Estimó que entre 1980 y 1985 se requerirían unos US\$5.500 millones para comprar los hidrocarburos que el país necesitaría para suplir el déficit de producción nacional

En 1984 Ecopetrol trató de comprometer a los productores de azúcar para que aplicaran parte de sus excedentes para producir etanol carburante pero, el descubrimiento de los campos de Caño Limón, terminó con la angustia y cayó en el olvido aquello de que lo que no es renovable se agota. A pesar de los descubrimientos de Cusiana y Cupiagua en Casanare en 1991, el rápido desarrollo de los campos y la alta producción, en escasos 10 años, condujeron al país ad portas de la importación de hidrocarburos debido a la reducción significativa de las reservas, demostrando, una vez más, el inexorable destino de los recursos no renovables: su fin. ENERGIA RENOVABLE

En 1999 un grupo de colombianos convencidos de la bondad de los biocombustibles impulsó, en el Congreso de la República, un proyecto de ley que buscaba la obligatoriedad de la mezcla de etanol con gasolina. Soportaron sus planteamientos en tres (3) razones fundamentales: La necesaria reducción de la dependencia de los hidrocarburos, el mejoramiento de la calidad de las emisiones de gases efecto de invernadero y la generación de empleo rural justamente remunerado creado

en la cadena agroindustrial. Fue una tarea compleja pero, luego de la constitucionalidad decretada por la Corte Constitucional, se dio inicio a las reglamentaciones de la ley 693 de 2001.

Menos de cinco años después de expedida la norma, se inició en Colombia la mezcla ordenada por la ley. Todas las gasolinas que se consumen en Colombia están mezcladas con 8% de etanol que se produce en seis (6) plantas, cinco con caña de azúcar ubicadas a lo largo del Valle del río Cauca y una con yuca amarga en el departamento del Meta, con capacidad total instalada a nivel nacional de 1.075.000 litros de etanol por día.

BIODIESEL

Por iniciativa del gobierno del señor presidente Álvaro Uribe y bajo su personal iniciativa, fue presentado al Congreso un proyecto de ley para hacer posible la producción de biodiesel en Colombia. Esta ley 939 de 2004, adecuadamente reglamentada, permitió que la producción y mezcla del biodiesel con el diesel petrolero se iniciara el 1 de enero de 2008.

BENEFICIOS TRIBUTARIOS

1. Exenciones de impuestos. Los consumidores no pagan los impuestos por el porcentaje de los biocombustibles mezclados que sí pagan por los combustibles fósiles. A vía de ejemplo, por el consumo de gasolinas puras el consumidor paga por impuestos el 39% del valor del combustible en la estación de servicio. Por el 8% de mezcla de etanol con gasolina (E8) no paga el impuesto proporcional.

2. Zonas Francas Especiales: La zona donde se construya una planta de biocombustibles con inversiones equivalentes a 75.000 salarios mínimos mensuales y la generación de 400 empleos en la cadena agroindustrial, podrá ser considerada para obtener del Gobierno nacional el carácter de zona franca. Este privilegio permite exonerar de arancel los equipos y materias primas, así como reducir el impuesto de renta del 36% al 15%.

BIOCOMBUSTIBLES: “Aire más limpio para los colombianos”

1. Beneficios Ambientales:

Se ha comprobado por estudios de ciclo de vida incluido el cambio de uso del suelo, elaborado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), que el etanol de caña de azúcar, con relación a la gasolina, reduce hasta en un 50% las emisiones de gases efecto invernadero. Como los biocombustibles representan fuentes renovables de energía, los gases en el proceso son reabsorbidos en el crecimiento de la zafra siguiente, equilibrando, de este modo, la emisión y absorción de gases de efecto

invernadero. Además de esto, los biocombustibles que contienen oxígeno en su composición, como el etanol y el biodiesel, ayudan a reducir las emisiones de CO₂ cuando son agregados a los combustibles fósiles.

2. Desarrollo regional sostenible:

Un fundamento de las leyes está en el desarrollo sostenible de las regiones colombianas por el impacto social dado por la generación de empleo justamente remunerado. Es real hoy, la generación de 71.554 mil empleos directos e indirectos en las cadenas agroindustriales del etanol y el biodiesel, lo que hace posible que cerca de 286 mil personas deriven su sustento de esta industria.

HACIA UNA POLITICA SOSTENIBLE

1- Por ley, se debería establecer una mezcla básica mínima de 10% de biocombustibles con los combustibles de origen fósil.

2- La estabilidad del Decreto 2629 de 2007 sobre motores flexibles para B20 y el Decreto 1153 de 2009, sobre motores flexibles E85, serían un indicativo para inversionistas e industria automotriz de que la política colombiana sobre biocombustibles tiene un norte, lo que daría INDICACIONES de que la normatividad colombiana es confiable.

3- La permanencia del Documento CONPES 3510 de 2008, para el Desarrollo Sostenible de los Biocombustibles es esencial para asegurar la confianza de inversionistas en las normas y porque las directrices consignadas en este documento son fundamentales para el ordenado crecimiento de la industria.

4- Es necesaria la creación de un Fondo de financiamiento para proyectos de biocombustibles como lo manda dicho Documento CONPES.

5- Es fundamental el apoyo continuo de los ciudadanos a la política de biocombustibles como una forma de independencia energética perdurable, ambientalmente sana y apalancadora del desarrollo de las regiones más pobres. (Fedebiocombustibles, 2010)

- ▶ Análisis Económico, ventajas y desventajas, Medio Ambiente y Seguridad Alimentaria

Económico

Generación de empleo:

Se contabiliza un total general de 23.854 empleos directos entre la agroindustria del biodiesel y del Bioetanol, distribuidos así:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Cadena agroindustrial del Biodiesel	16. 425
Cadena agroindustrial del Etanol	7. 429
El empleo indirecto calculado	47. 700

Tabla 1. Empleo Generado (Fedebiocombustibles, 2010)

Tales cifras conducen a estimar que 286.000 personas derivan ya su sustento de la cadena agroindustrial de los biocombustibles en Colombia.

Inversión:

Incluyendo las siembras y las plantas de proceso:

AGROINDUTRIA	INVERSIÓN EN MILLONES DE DOLARES
Biodiesel de palma	US\$1.300
Etanol de caña de azúcar y yuca amarga	US\$ 500

Tabla 2. Inversión (Fedebiocombustibles, 2010)

Ubicación de las plantas:

Nº	Región	Inversionista	Capacidad (L/Día)	Absorción Azúcar Crudo (T/Año)	Área Sembrada (ha)	Empleos Directos	Empleos Indirectos
1	Miranda, Cauca	Incauca	250.000	97.690	11.942	2.171	4.342
2	Palmira, Valle	Ingenio Providencia	300.000	65.126	9.287	1.688	3.376
3	Palmira, Valle	Manuelita	250.000	81.408	8.721	1.586	3.172
4	Candelaria, Valle	Mayagüez	150.000	48.845	6.587	1.198	2.396
5	La Virginia, Risaralda	Ingenio Risaralda	100.000	32.563	3.004	546	1.092
6	Canta Claro, Puerto López	GPC	25.000	33.000	1.200	240	480
	TOTAL en Producción		1.075.000	358.632	40.741	7.429	14.858

Tabla 3. Ubicación de plantas de alcohol (Fedebiocombustibles, 2010)

Nº	Región	Empresa	Capacidad (T/Año)	Área sembrada (ha)	Empleos directos	Empleos indirectos	Fecha entrada en operación
1	Norte, Codazzi	Oleoflores	50.000	11.111	1.587	3.174	Ene-08
2	Norte, Santa Marta	Odín Energy	36.000	8.000	1.142	2.284	Jun-08
3	Norte, Santa Marta	Biocombustibles Sostenibles del Caribe	100.000	22.222	3.174	6.348	Mar-09
4	Oriental, Facatativa	Bio D	100.000	22.222	3.174	6.384	Feb-09
5	Central, B/bermeja	Ecodiesel de Colombia	100.000	22.222	3.174	6.384	Jun-10
6	Norte, Barranquilla	Clean Energy	30.000	7.000	1.000	2.000	Jun-10
7	Oriental, San Carlos de Guaroa	Meta Aceites Manuelita	100.000	22.222	3.174	6.348	Jul-09
TOTAL			516.000	114.999	16.425	32.922	

Tabla 4. Ubicación de plantas de biodiesel (Fedebiocombustibles, 2010)

Precio de los biocombustibles

Por tratarse de un producto estratégico, como lo son los combustibles fósiles, el Gobierno Nacional regula los precios de los biocombustibles, cada primero de mes, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Minas y Energía, fija el precio de los biocombustibles – etanol y biodiesel - que regirá durante dicho mes, así como su porcentaje en la mezcla. (Fedebiocombustibles, 2010)

Existen tres fórmulas de precio ha establecido la norma:

1. Un precio básico que se ajusta anualmente con el índice de precios al mayorista y la tasa de cambio, que asegura al industrial una tasa de retorno mínima.
2. Un precio que tiene en cuenta el valor de la materia prima más un costo fijo por su transformación industrial.
3. Un precio que depende del valor del hidrocarburo que es reemplazado por el biocombustible, más el costo de transformación.

Se paga a los productores de biocombustibles el precio más alto que resulte de estas fórmulas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE BIOCOMBUSTIBLES.

Dentro de los biocombustibles que actualmente se manejan en Colombia hay tres que serán motivo de análisis en este curso y que en su orden son: biodiesel, Bioetanol y biogás a continuación se describen algunas ventajas y desventajas generales y en su momento se plantearan para cada uno de ellos las que sean puntuales.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Fuente de energía renovable	Falta de popularidad
Menor impacto ambiental	En algunos casos el balance energético no es viable
Desarrollo agrícola	Volatilidad del etanol
Mejor combustión para el motor	Menor poder calorífico del biodiesel
Mayor lubricación para el motor	El biodiesel puede solidificarse en temperaturas frías
Punto de inflamación superior	Menor rendimiento
Mas octanos a menor precio	

Tabla 5. Ventajas y desventajas del uso de biocombustibles

MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Uno de los mitos más comunes alrededor de la producción de biocombustibles es que debido a la utilización de grandes extensiones de tierra se varia afectada la seguridad alimentaria y como respuesta a este interrogante se encuentra que hay suficiente oferta en materia prima (aceite de palma y caña de azúcar) para cubrir tanto el sector de alimentos como el de los biocombustibles.

La política de los biocombustibles pudo concretarse en el país, gracias a la disponibilidad de la materia prima y lo que se hizo fue utilizar parte de los excedentes exportables para transformarlos en dichos productos. Así, por ejemplo, las exportaciones de azúcar se redujeron en 300.000 toneladas anuales pasando de 1'200.000 a 900.000 toneladas. Las necesidades internas han estado suficientemente cubiertas.

En el caso del aceite de palma, las 473.000 toneladas exportables están siendo utilizadas para producir biodiesel, parejo con que las siembras de palma de aceite han venido creciendo hasta casi duplicar el área durante los últimos 8 años, asegurando las necesidades de aceite para los sectores de alimentos y biodiesel, quedando una fracción para exportar.

En algunos sectores se dice o argumenta que esta política atenta contra la seguridad alimentaria del país y nada más distante de la realidad. Colombia cuenta con 4 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura alimentaría (cuando deberían ser 10) y 43 millones de hectáreas dedicadas a la ganadería extensiva (cuando deberían ser 30) que se utiliza para mantener solo 25

millones de cabezas de ganado, menos de una res por cada dos hectáreas. En ningún país del mundo se desperdicia la tierra de esa manera.

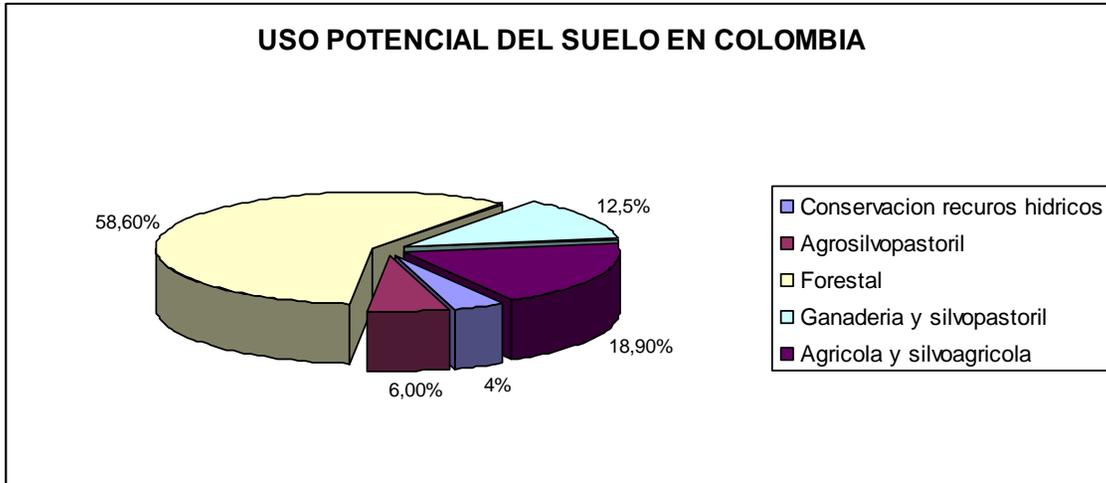


Gráfico 3. Uso potencial del suelo en Colombia. Fuente IGAC

USO POTENCIAL DEL SUELO EN COLOMBIA		
Área total Territorio Colombiano	114.175.551	HECTAREAS
Conservación recursos hídricos	4%	4.567.022
Agrosilvopastoril	6,00%	6.850.533
Forestal	58,60%	66.906.873
Ganadería y silvopastoril	12,5%	14.271.944
Agrícola y silvoagropecuaria	18,90%	21.579.179
TOTAL	100%	114.175.551

Tabla 6. Áreas de uso potencial del suelo en Colombia. Fuente IGAC

La normatividad colombiana ordena que ni un centímetro de selva o de las áreas alimentarias sea utilizado para producir biocombustibles. Recomienda sí que aquellas zonas ganaderas subutilizadas o de suelos pobres, se aprovechen para ampliar la frontera agrícola con cultivos energéticos que sirvan como materia prima para la producción de biocombustibles. Una limitante adicional que reduce la posibilidad de uso de suelos con cultivos alimentarios es el costo de la tierra que hace inviable el negocio como, igualmente, lo es la falta de infraestructura vial o sistemas de riego.

Ejercicio 1. Conceptos Básicos

Complete el siguiente cuadro donde pueda ubicar las características de cada biocombustible según la información entregada hasta el momento.

	Método de producción	Presentación	Materias primas
Biodiesel			
Bioetanol			
Biogás			

Elabore un resumen de la historia de los biocombustibles con las fechas importantes y sus respectivos acontecimientos

Elabore una lista con 5 de las plantas de biodiesel y etanol que ya están en funcionamiento

Enumere 3 ventajas y desventajas de cada biocombustible

2.2. Situación actual de los Biocombustibles en Colombia y el Mundo

2.2.1. Producción y uso en el Mundo

BIODIESEL

El tamaño global del sector ha crecido a una tasa promedio de 20% anual en los últimos cinco años, a continuación se muestra el comportamiento de CPO (crude petroleum oil), RBD (refinado, blanqueado y desodorizado) y fracciones, biodiesel de palma y glicerina. (MADR Transformación Productiva)

Producto	2005	2006	2007	2008	2009
Glicerina	0,8	0,9	1,6	2,8	1,5
Biodiesel de palma	0,1	0,2	0,5	1,6	1,7
RBD y fracciones	13,0	15,8	27,2	36,9	27,8
CPO	13,6	16,4	28,7	37,4	28,0
TOTAL	27,5	33,4	58,1	78,7	58,8

Tabla 7. Ventas en millones de dólares. Fuente: Plan palma, aceites y grasas MADR

Producto	2005	2006	2007	2008	2009
Glicerina	1,1	1,6	1,9	2,4	2,4
Biodiesel de palma	0,2	0,3	0,7	1,5	2,0
RBD y fracciones	30,5	33,4	34,9	38,8	40,6
CPO	34,0	37,3	38,8	43,3	45,5
TOTAL	65,7	72,6	76,3	86,0	90,3

Tabla 8. Ventas en toneladas Plan palma, aceites y grasas MADR

Los principales factores que han influenciado el crecimiento son:

- ▶ El alto crecimiento del valor de la producción de los aceites que se encuentra principalmente dado por
- ▶ A partir del año 2007, el valor del mercado aumentó por un incremento significativo de los precios del CPO 110% entre 2006 y 2008
- ▶ El aumento en los cultivos y la producción de Indonesia y Malasia

- ▶ Aumento en la demanda global por aceites vegetales
- ▶ Bajos niveles de inventarios
- ▶ En el 2009, el monto de las ventas de CPO disminuyó por una reducción del 29% de los precios a pesar de haber aumentado la producción 4,6%
- ▶ El segmento de mayor crecimiento en valor fue el biodiesel de palma con un TACC del 106% impulsado por la entrada en vigor de normas de mezclas
- ▶ Consistente con la situación mundial, las exportaciones globales del sector han crecido 20% en los últimos 5 años
- ▶ Hasta el 2008 hubo un crecimiento sostenido en el comercio internacional con una caída en 2009 debido a la recesión global y menores precios
- ▶ El crecimiento en las exportaciones de CPO, RBD y fracciones está asociado a la expansión en el consumo de aceites comestibles en China e India y el estancamiento de la frontera agrícola de la soya en los grandes exportadores (Brasil y Argentina)
- ▶ Indonesia y Malasia aumentaron sus cultivos permitiendo un aumento en la oferta exportable, sin embargo, se mantuvieron inventarios bajos.
- ▶ El comercio internacional de biodiesel aumentó rápidamente debido a la entrada en vigor de normas de mezcla en países deficitarios.
- ▶ El mercado global de la glicerina se transformó por la producción masiva de biodiesel, sin embargo el valor del comercio se redujo por una disminución en el precio
- ▶ Malasia e Indonesia concentran el 85% de las exportaciones mientras China, India y la UE representan el 56% de las importaciones
- ▶ El precio internacional de los aceites vegetales es volátil y tiene una alta dependencia de los precios del petróleo CPO

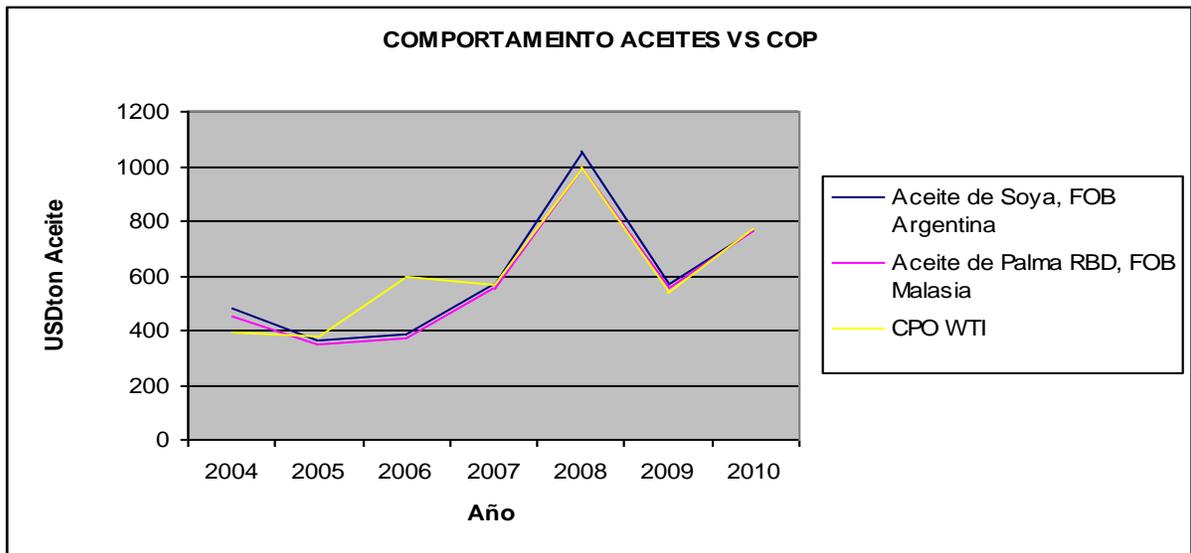


Grafico 4. Comportamiento aceites Vs petróleo. Plan palma, aceites y grasas MADR

- ▶ El precio del petróleo influye el comportamiento de los aceites vegetales a partir del 2002 por la posibilidad de producir biodiesel con el aceite de las oleaginosas
- ▶ Adicionalmente en 2008 hubo un fuerte incremento en los precios debido a una merma en el inventario de los grandes productores y un aumento en la demanda. Para 2009 el precio bajo por la crisis financiera a pesar de seguir manteniéndose los bajos inventarios
- ▶ Debido a la concertación del mercado global en Malasia e Indonesia, el precio también es sensible a medidas internas de estos países, como el impuesto variable a las exportaciones malayas en 2009 y de indonesia de 2008
- ▶ En 2010 los precios de CPO y RBD muestran una tendencia nuevamente al alza con incrementos promedio de 17% y 14% respectivamente
- ▶ Aumentó la especulación financiera sobre commodities, en especial después de la crisis financiera e inmobiliaria de EEUU
- ▶ La demanda por aceites vegetales crece de mayor forma para aplicaciones industriales que para comestibles, en buena parte debido al incremento en la producción global de biodiesel
- ▶ En biodiesel, el aumento de la producción se ha dado por políticas en materia de mezclas de combustibles

PAIS	PORCENTAGE	AÑO
EEUU	5%	2020
Colombia	10%	2010
Brasil	5%	2020
India	10%	2020
China	15%	2020
Corea del sur	5%	2020
Japón	5%	2020
Europa	10%	2020
Malasia, Tailandia e Indonesia	10%	2020
Sudáfrica	10%	2020

Tabla 9. Mezcla biodiesel mundial. Fuente: Plan palma, aceites y grasas MADR

- ▶ Tendencias del mercado
- ▶ El desarrollo de biodiesel a partir de nuevas materia primas y tecnologías de segunda generación pone en riesgo la viabilidad en el mediano plazo del biodiesel de palma
- ▶ El biodiesel de palma al tener restricciones de uso por los problemas de congelamiento, presenta estacionalidad en la demanda
- ▶ En 2010, el 40% de la capacidad instalada para producir biodiesel globalmente no se está utilizando, dado los altos niveles de inversión.
- ▶ A pesar de existir beneficios directos por reducciones de O₂, existen cuestionamientos acerca de los beneficios reales a nivel ambiental. Expertos han realizado análisis comprensivos que incluyen factores como la contaminación por el cambio del uso del suelo de la tierra, la eficiencia del biodiesel comparado con el diesel tradicional, entre otros, que sugieren resultados negativos

BIOETANOL

Los biocombustibles, a pesar de su gran expansión en los últimos años, cubren apenas al 1 % del consumo total de combustibles para el transporte. Sin embargo, algunos países han llegado a porcentajes más altos de sustitución.

Brasil llega a casi 50 % en gasolina y EE.UU., segundo productor de etanol, al 2.5 %. En Brasil, el total de la sustitución de los combustibles en base a petróleo llega actualmente a un poco más del 20 % mientras que en EE.UU. es apenas del 1.8 %. (Mexico, 2008)

► Datos sobre etanol (gráficos) (Copello, 2001)

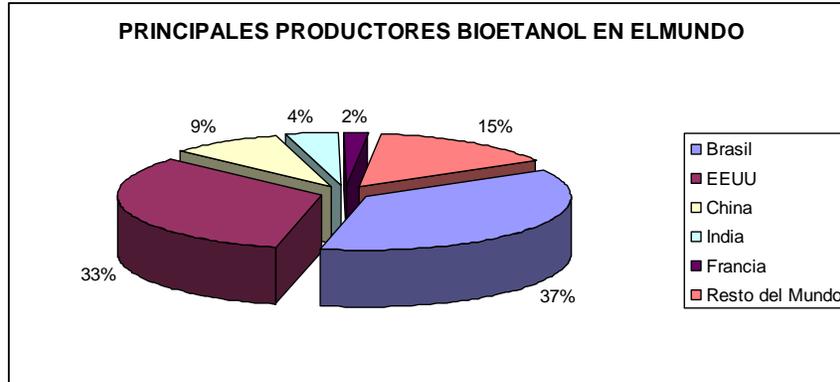


Gráfico 5. Producción de etanol en el mundo Fuente: Ethanol Industry Outlook 2005. Renewable Fuels Association.

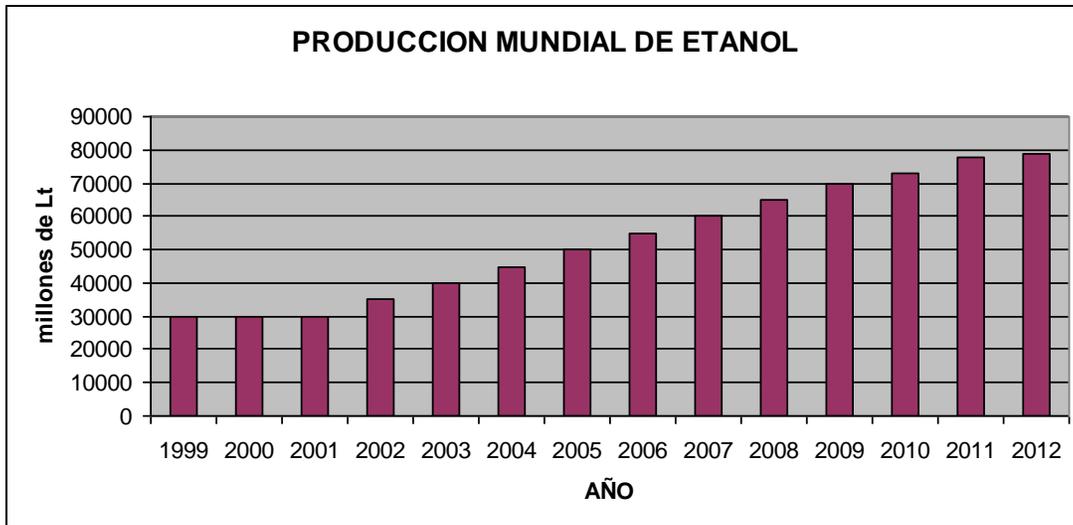


Gráfico 6. Producción mundial de etanol Fuente: Word Fuel Etanol. Analysis and Outlook 2004

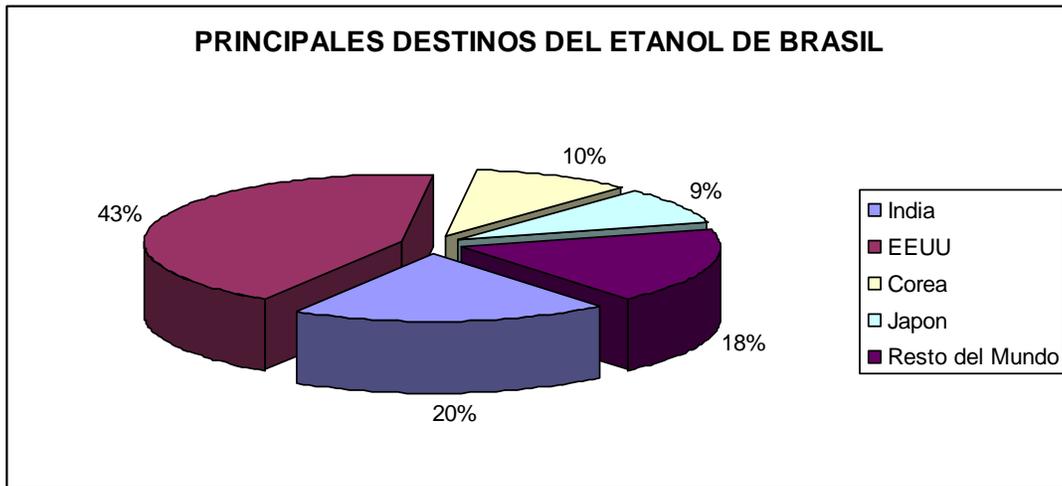


Gráfico 7. Compradores de etanol en el mundo Fuente: Jim Jordan and Associates

Muchos países han establecido metas ambiciosas para la sustitución como:

- ▶ Japón: 20 % de la demanda de petróleo con biocombustibles y gas licuado hasta 2030 (mandato previsto).
- ▶ Canadá: mezcla de 10 % etanol en 45 % de la gasolina hasta 2010.
- ▶ Unión Europea: mezcla de 5.75 % en todos los combustibles (diesel y gasolina) hasta 2010 en todos los países miembros.
- ▶ Estados Unidos: El "Renewable Fuels Standard (RFS)", exige el uso de 28.4 billones de litros de etanol en 2012.
- ▶ Brasil: mezcla de biodiesel de 2 % hasta 2008, y 5 % hasta 2013 (mandato).
- ▶ Colombia: Mezcla de 10 % en gasolina en ciudades mayores de 500.000 habitantes en 2006 (mandato).
- ▶ Venezuela: Mezcla de 10 % en gasolina.
- ▶ China: Mezcla de 10 % en gasolina en cinco provincias

Principales productores de Bioetanol en el mundo (2005).

País	Producción (millones de litros)
Brasil	16,500
Estados Unidos	16,230
China	2,000
Unión Europea	950
India	300

Tabla 10. Principales productores de Bioetanol en el mundo. Fuente: Universidad Iberoamericana México

Resulta de gran importancia considerar que EE.UU. y la Unión Europea no podrían ser autosuficientes en biocombustibles considerando la tecnología actual. Si quieren cumplir con las metas establecidas o por establecerse, tendrían que importar parte de los biocombustibles, bajar las restricciones comerciales y establecer así un mercado global.

América Latina es una de las regiones con más potencial para ofrecer biocombustibles, y etanol en especial, dadas sus ventajas climáticas combinadas con una baja densidad poblacional. Así se refleja si comparamos los mayores productores de etanol, Brasil y EE.UU., que producen el 80 % de la oferta mundial

Para producir el mismo volumen de etanol, EE.UU. necesita el doble del área de maíz que Brasil con caña de azúcar. Por tanto, para implementar una mezcla del 10 % en la gasolina, EE.UU. tendría que transformar la mitad de la producción de maíz en etanol, utilizando un 15 % de su tierra agrícola para la producción de etanol. Brasil, por el contrario, con el 1 % o 1.5 % de sus tierras actualmente cultivadas, podría reemplazar totalmente su gasolina por etanol.

Para producir el etanol necesario para sustituir 10 % de gasolina en Estados Unidos, Brasil necesitaría el 3 % de su tierra actualmente utilizada para agricultura. Sin embargo, esto podría cambiar en cinco a 10 años, una vez creada la posibilidad de producir etanol en base a celulosa a gran escala.

Por otro lado, la Universidad de Toronto concluye que no sería posible aumentar la producción de etanol con base en maíz en EE.UU. más allá de una sustitución del 15 % del consumo de gasolina. Sólo con la producción de etanol de celulosa sería posible llegar a niveles más altos, de hasta el 50 % de reemplazo de la gasolina, utilizando materia prima producida en EE.UU.

Es importante también mencionar la barrera económica. El etanol brasileño es competitivo si el barril de petróleo se mantiene a un precio mayor de US\$40, US\$60 en el caso del etanol de EE.UU. y US\$80 con el europeo. Los expertos pronostican que el rango de precios por barril en 2010 será de hasta US\$100

Ejercicio 2. Situación actual de los biocombustibles en Colombia y el Mundo

1. Enuncie los factores que han propiciado el crecimiento de la industrial del biodiesel en el mundo.
2. Cuales países están actualmente mezclando biodiesel con diesel convencional
3. Que países latinoamericanos producen etanol
4. Cuáles son los principales consumidores de etanol en el mundo

3. MATERIAS PRIMAS Y PROCESOS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

OBJETIVO GENERAL

Estudiar las características más relevantes de las materias primas usadas en los biocombustibles, como base para la comprensión de los distintos procesos a los que son sometidas y las diferentes alternativas tecnológicas para los variados procesos de elaboración

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer e identificar las diferentes materias primas o biomasa a partir de las cuales se pueden elaborar Biodiesel, sus condiciones de desarrollo y características además de los diferentes procesos para su elaboración en el país.

Conocer e identificar las diferentes materias primas o biomasa a partir de las cuales se pueden elaborar Bioetanol, sus condiciones de desarrollo y características además de los diferentes procesos para su elaboración en el país.

Conocer e identificar las diferentes materias primas o biomasa a partir de las cuales se pueden elaborar Biogás, sus condiciones de desarrollo y características además de los diferentes procesos para su elaboración en el país.

Prueba Inicial

Cuáles son los principales productos a partir de los cuales en el país se producen biocombustibles?

En qué zonas se están desarrollando macroproyectos alrededor de la agroindustria de los biocombustibles?

3.1. Materias primas y procesos del Biodiesel

3.1.1. Biodiesel



Grafico 8. Biodiesel

Que es:

Es un combustible ecológico, alternativo para el diesel o ACPM derivado del petróleo se obtiene procesando el aceite contenido en semillas o plantas oleaginosas como la palma, la soya o el girasol o a partir de grasas animales o aceites usados en frituras.

La ASTM (American Society for Testing and Material Standard) describe al biodiesel como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables tales como aceites vegetales o grasas de animales, y que se emplean en motores de ignición de compresión. Sin embargo, los esterres más utilizados, son los de metanol y etanol (obtenidos a partir de la transesterificación de cualquier tipo de aceites vegetales o grasas animales o de la esterificación de los ácidos grasos) debido a su bajo coste y sus ventajas químicas y físicas. (Miliarium, 2011)

Para qué sirve:

El biodiesel que se elabora a partir de grasas y aceites vegetales y animales sirve para remplazar el ACPM o diesel obtenido a partir del petróleo y se convierte en un sustituto perfecto ya que se puede cambiar o mezclar a conveniencia con estos productos siempre y cuando la calidad sea ideal, su uso más importante es como combustible para motores diesel y cuando este sustituye al diesel proveniente de petróleo se conoce como B100 o si es una porción se denomina B30, B50 o Bxx donde el numero significa el porcentaje de biodiesel que se usa en la mezcla

Como se hace:

Teoría:

Para la elaboración de biodiesel se requiere de grasas o aceites vegetales o animales sin importar si son nuevas o usadas. Los principales constituyentes de estas grasas o aceites son los triglicéridos y los ácidos grasos, siendo la mayor proporción de triglicéridos y en menor cantidad la de ácidos grasos. Cuando los triglicéridos se hacen reaccionar con moléculas de bajo peso molecular como alcoholes (metanol o etanol) se produce un intercambio de sus grupos funcionales y este intercambio se llama reacción de transesterificación; los grupos alcoholes rompen las cadenas de los triglicéridos formando di glicéridos y luego monoglicéridos y al final de la reacción forman glicerol que es conocido como glicerina y tres moléculas de ester metílico o etílico dependiendo del alcohol utilizado, las cuales se asemejan a las que se originan a partir del petróleo son ambas moléculas hidrocarburatadas, la diferencia es que el ester metílico o etílico, contiene dos grupos funcionales de oxígeno el cual en el proceso de combustión es consumido mientras que la molécula de petróleo al no tenerlo lo debe aportar desde la atmósfera.

El biodiesel por lo tanto es un combustible renovable por proceder de las grasas animales o aceites vegetales, pero cuando el biodiesel no tiene combustión completa o tiene mayor cantidad de ácidos grasos, estos procesos no son eficientes y el biodiesel es de mala calidad por contener digliceridos o monogliceridos no reaccionantes.

A nivel de laboratorio:

Materias primas:

- ▶ Soda cáustica
- ▶ Metanol
- ▶ Aceite vegetal

Procedimiento:

1. Preparación del aceite: se debe medir y ajustar la temperatura del aceite vegetal a 60 ° C en un reactor con el ánimo de eliminar burbujas y agua.
2. Preparación del metoxido: se deben pesar cantidades estequiométricas del NaOH el cual es el catalizador de esta reacción. El hidróxido de sodio se debe disolver en el metanol o alcohol metílico para formar el metoxido y como estos productos son peligrosos es obligatorio el uso de implementos de protección para ojos, boca y manos. Es importante que este tipo de experimentos se realicen en sitios ventilados para evitar concentración de gases.

3. Mezcla, reacción y resultados: la mezcla de alcohol y soda cáustica se adiciona al aceite precalentado a 60° C y se sube la temperatura hasta 70° C y se agita a velocidad constante. Esta reacción dura alrededor de 2 horas tiempo en el cual la temperatura y la agitación deben mantenerse y luego de transcurrido este tiempo la mezcla se debe enfriar con aire y debe ser vertida en un embudo de separación.
4. La mezcla se debe dejar reposar por dos días en el embudo de separación y en ese momento y si los procedimientos se hicieron adecuadamente, se podrán apreciar dos fases, la más pesada es decir la que está en el fondo es la glicerina y la liviana es decir la que queda en la parte superior del embudo es el biodiesel.
5. se deben retirar la fase inferior o glicerina y se realizan las mediciones de pH, volumen y densidad al biodiesel y si el pH es > a 7 se debe lavar con agua a 90° C y se vierte de nuevo en el embudo de separación por dos días para que se separe nuevamente.
6. el resultado son dos fases y como en la primera el biodiesel flota sobre el otro compuesto y queda con apariencia lechosa debido al contenido de agua por lo cual se debe someter a calentamiento a 90° c durante un periodo de tiempo y así se obtiene un biodiesel con características cercanas a las comerciales.

Materias primas para elaboración de biodiesel.

▶ Aceites vegetales convencionales

Las materias primas más utilizadas en la producción de biodiesel han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza en Europa, la soya en América del sur y Estados Unidos y los aceites de frutos oleaginosos como la palma (Malasia e Indonesia y Colombia).

▶ Aceites vegetales alternativos

Además de los aceites vegetales convencionales, existen otras especies que se adaptan a las condiciones del país donde se desarrollan estos proyectos de cultivos energéticos. Actualmente se destacan especies como la *Jatropha curcas* y la higuera.

▶ Aceites de fritura usados

El aceite de fritura usado es una de las materias primas con mejores perspectivas para la elaboración de biodiesel, debido a que es la materia prima más barata, y con su utilización se evitan los sobre costos de tratamiento como residuo.

El uso de estos aceites usados en frituras es una alternativa con un alto valor agregado y actualmente hay entidades que se encargan de su recolección, tarea difícil debido a los diferentes volúmenes que se manejan y a que en la actualidad estos aceites con tratamientos muy simples vuelven a salir al mercado para públicos especiales, la recolección de este aceite usado se debe constituir en una de las políticas medioambientales de los gobiernos para evitar su vertimiento a fuentes hídricas donde por cada litro de aceite se contaminan miles de litros de agua.

▶ Grasas animales

Además de los aceites vegetales y los aceites de fritura usados, las grasas animales, como el cuero del pollo, la grasa de los ganados porcinos y vacunos, podrían utilizarse como materia prima de la transesterificación para obtener biodiesel.

▶ Aceites de otras fuentes

Por otra parte, es interesante señalar la producción de lípidos de composiciones similares a los aceites vegetales, mediante procesos microbianos, a partir de algas, bacterias y hongos, así como a partir de microalgas.

La principal materia prima que se encuentra en nuestro medio para elaborar biodiesel es la palma africana la cual produce frutos oleaginosos a los cuales se les extrae aceite mediante un proceso de beneficio y luego extracción de aceite:

▶ Aceite de Palma africana como materia prima principal en Colombia

Descripción del cultivo:

La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental. De ahí su nombre científico, *Elaeis guineensis* Jacq., y su denominación popular: palma africana de aceite.

Su introducción a América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de la dieta alimentaria de sus esclavos en el Brasil.

En 1932, Florentino Claes fue quien introdujo la palma africana de aceite en Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales en la Estación Agrícola de Palmira (Valle del Cauca). Pero el cultivo comercial sólo comenzó en 1945 cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena.

La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y hoy existen más de 360.000 hectáreas (a 2010) en 73 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas.

UBICACIÓN	DEPARTAMENTOS
Norte -	Magdalena, Norte del Cesar, Atlántico, Guajira
Central	Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar
Oriental	Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá
Occidental	Nariño

Tabla 11. Ubicación de plantas de palma aceitera en Colombia. (Fedepalma, 2010)

Los departamentos que poseen más área sembrada en palma de aceite son en su orden: Meta (1), Cesar (2), Santander (3), Magdalena (4), Nariño (5), Casanare (6), Bolívar (7), Cundinamarca (8) y Norte de Santander (9).

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el cuarto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones, ya que desde 1962 fue creada la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.

La planta

En una palma de aceite se contonean alegres flores masculinas y femeninas, de las que nacen frutos por millares, esféricos, ovoides o alargados, para conformar racimos compactos de entre 10 y 40 kilogramos de peso. Antes de adquirir el alegre y vistoso color anaranjado rojizo del sol tropical que les brinda la madurez, los frutos son de color violeta oscuro, casi negro. En su interior guardan una única semilla, la almendra o palmiste, que protegen con el cuesco, un endocarpio leñoso rodeado, a su vez, por una pulpa carnosa. Ambas, almendra y pulpa, proveen aceite con generosidad. La primera, el de palmiste, y la segunda, el de palma propiamente dicho.

El tallo o estípite de la reina de las oleaginosas es erecto y tiene la forma de un cono invertido. Antes de envejecer es áspero, por las bases peciolares que lo revisten. Pero cuando llega a la vejez, aunque liso, se muestra segmentado por las cicatrices que le imprimen sus cerca de cuarenta hojas al marchitarse y caer.

En su edad mediana las hojas se extienden de manera casi paralela al suelo, entre tres y siete metros. Cada una está compuesta de unos 25 0 folíolos lineales, insertos a uno y otro lado del

pecíolo, pero de manera irregular. La apariencia desordenada de la hoja es uno de los rasgos característicos de la especie.

La vida productiva de la palma de aceite puede durar más de cincuenta años, pero desde los veinte o veinticinco su tallo alcanza una altura que dificulta las labores de cosecha y marca el comienzo de la renovación en las plantaciones comerciales.

AGROINDUSTRIA (Fedepalma, 2010)

La palma de aceite es un cultivo perenne y de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 25 se dificulta su cosecha por la altura del tallo.

El procesamiento de los frutos de la palma de aceite se lleva a cabo en la planta de beneficio o planta extractora. En ella se desarrolla el proceso de extracción del aceite crudo de palma y de las almendras o del palmiste. El proceso consiste en esterilizar los frutos, desgranarlos, macerarlos, extraer el aceite de la pulpa, clarificarlo y recuperar las almendras del bagazo resultante.

De las almendras se obtienen dos productos: el aceite de palmiste y la torta de palmiste que sirve para alimentos animal.

Al fraccionar el aceite de palma se obtienen también dos productos: la oleína y la estearina de palma. La primera es líquida en climas cálidos y se puede mezclar con cualquier aceite vegetal. La otra es la fracción más sólida y sirve para producir grasas, principalmente margarinas y jabones. Las propiedades de cada una de las porciones del aceite de palma explican su versatilidad, así como sus numerosas aplicaciones.

PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA: (Palmas Monterrey, 2011)

1. RECEPCION DE FRUTO.

Está conformado por las tolvas de recepción de racimos de fruta fresca, son el primer equipo que se encuentra en las extractoras de aceite de palma africana. Sirve para entregar la fruta en las canastas ó góndolas para su esterilización, control y evaluación de la calidad del fruto recibido y a la vez para almacenar y tener listas la fruta para su utilización posterior.

2. ESTERILIZACION.

Es la segunda etapa del proceso en la cual los racimos sufren una transformación. El correcto esterilizado de los racimos es fundamental para las etapas posteriores del proceso y en gran medida la Tasa de Extracción de aceite (TEA) depende de esta etapa.

Los objetivos de la esterilización son:

- ▶ Inactivar la enzima lipasa, responsable de la hidrólisis del aceite en ácidos grasos y glicerol (Desacelera la acidificación del fruto).
- ▶ Secar el punto de unión de la fruta y el raquis para facilitar la separación en el desfrutado.
- ▶ Ablanda el mesocarpio para permitir el rompimiento de las celdas que contienen el aceite, durante la digestión y el prensado.
- ▶ Reduce el tamaño de la almendra dentro de la nuez lo que facilita su desprendimiento de la cáscara en el momento del rompimiento.
- ▶ Coagula las proteínas y el material mucilaginoso para evitar la formación de emulsiones que impiden el clarificado del aceite.

Las condiciones necesarias para la esterilización son:

- ▶ Presión de vapor de 45 PSI
- ▶ Temperatura del vapor de 140 C.

3. DESFRUTAMIENTO.

Es la sección en que el fruto después de cocido es desprendido del raquis mecánicamente, mediante desgranadoras rotativas, para permitir su procesamiento posterior. La sección consta de dos elevadores puente grúas de volteo, dos alimentadores de racimos y dos desgranadoras.

4. DIGESTIÓN.

Digestor (Malaxador):

Los digestores son cilindros compuestos por un eje vertical rotativo con brazos agitadores cuya función es:

La fruta es maxilada ó macerada y calentada separándola del mesocarpio y rompiendo las celdas que contienen el aceite, preparándola para el paso siguiente que es el prensado.

Es esencial mantener el digestor lo más lleno posible, no solo para asegurar el máximo tiempo si no la mejor maxilación adicionados con un sistema de inyección directa de vapor ó camisas para mantener una temperatura de 90 a 95°C., para la eliminación del cemento péptico con un tiempo aproximado de 20 a 30 min. Dependiendo del tamaño del digestor.

5. PRENSADO.

Sección donde se extrae mecánicamente el aceite contenido en el mesocarpio.

El objetivo de esta etapa es romper, mediante calor y presión mecánicamente las celdas que contienen el aceite del mesocarpio. La presión aplicada debe ser tal que se extraiga la mayor cantidad de aceite y se minimice la rotura de nueces y almendras.

6. DESFIBRADO.

Está compuesto por el sinfín rompedor de torta la cual es un transportador de paletas que se ha diseñado especialmente para lograr una separación efectiva entre las nueces y las fibras que salen de las prensas mezcladas y comprimidas. El equipo logra esto por medio de sus paletas que actuando a gran velocidad como palas sacuden y desparraman la torta de fibras y nueces procedentes de las prensas en un trayecto largo. Separándola y preparando la fibra para su utilización posterior como combustible y las nueces para ser procesadas.

7. CLARIFICACION.

El aceite crudo extraído del mesocarpio por prensado contiene cantidades variables de impureza de material vegetal, parte de las cuales se presentan como sólidos insolubles y partes disueltos en el agua que contiene el aceite.

Tanto el agua como las impurezas deben removerse, lo que se logra mediante la clarificación.

Está conformado por un tanque clarificador continuo de aceite y está diseñado para separar el aceite del agua y los sólidos con los cuales está mezclado, al salir del tanque de aceite crudo después del tamiz vibratorio, obrando en una forma continua. En este tanque es necesario tener una dilución adecuada para mejorar la decantación estática y una altura optima entre la salida del aceite clarificado y el lodo, para lograr un trabajo continuo y acelerado en la separación de aceite.

METODOS DE CLARIFICACIÓN

El más común y el más importante es el sistema basado en la clarificación estática, por decantación en esta etapa se logra separar el 90% del aceite aproximadamente y la clarificación dinámica (por centrifugación) en esta etapa se requiere movimiento por fuerza centrífuga para obtener la separación, con una recuperación del 5% de aceite.

Principio básico de la clarificación estática.

Debido a que el aceite es esencialmente inmisible con el agua, una mezcla de lodo y aceite siempre tiende a separar de tal manera que el líquido y la gravedad específica más baja, en este caso el aceite siempre queda en la parte de encima.

Una gota de aceite de volumen v dentro de las aguas lodosas experimentan una fuerza vertical hacia arriba correspondiente a $V \times SD$ representan la gravedad específica del lodo. El peso de la gota es $V \times SD$, el cual SO se refiere a la gravedad específica del aceite.

La fuerza que presiona la gota hacia arriba es la diferencia entre la presión vertical y el peso I.E.

$$V \times SD - V \times SO = V (SD-SO)$$

Base teórica:

La clarificación es el proceso mediante el cual se separa y purifica el aceite del líquido extraído en las prensas, el cual contiene aceite, agua, lodos livianos (compuesto por peptina y gomas) y lodos pesados (compuesto por tierra, arena y otras impurezas). Para lograr dicha separación se aprovechan las características de inmiscibilidad entre el agua y el aceite:

CLARIFICACION ESTATICA

Fundamentos:

Las gotas de aceite se separan del agua obedeciendo a la ley de Arquímedes: Todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta una fuerza de empuje hacia arriba que es igual al peso del volumen del fluido desalojado.

$E = \text{Fuerza de empuje} = V \times P. \text{ agua}$

$P = \text{Peso gota de aceite} = V \times P. \text{ aceite}$

$F = \text{Fuerza fricción.}$

$V = \text{Volumen gota de aceite.}$

$P. \text{ agua} = \text{Densidad del agua.}$

$P. \text{ aceite} = \text{Densidad de aceite.}$

Debido a que la densidad del aceite es menor que la del agua, la fuerza P es menor que la fuerza E , por lo tanto la gota siempre tiende a subir; pero existe una tercera fuerza llamada fricción, la cual se define como el esfuerzo de arrastre que hace el medio para evitar que la gota suba. A medida que la fricción aumenta, la fuerza con la que sube la gota disminuye, impidiendo la separación.

La magnitud de la fricción depende principalmente de dos factores que deben tenerse en cuenta para controlar esta fuerza durante la clarificación y lograr una separación rápida y eficiente.

a) Temperatura: Influye inversamente en la viscosidad (grado de fluidez), y esta a su vez influye directamente en la fricción así:

Temperatura alta-Viscosidad baja fricción baja-la gota sube

Temperatura baja-Viscosidad alta fricción alta-la gota NO sube

La temperatura solo se puede incrementar hasta 95 °C para evitar ebullición del agua, la cual ocasiona turbulencia dentro del clarificador impidiendo la separación.

b) Dilución: La dilución influye inversamente en la viscosidad la cual, a su vez influye en la fricción así:

Dilución alta- viscosidad baja fricción baja la gota sube

Dilución baja viscosidad alta-fricción alta-la gota NO sube

Sin embargo los lodos livianos tienen una densidad similar a la del aceite, y por lo tanto cuando la dilución es muy alta estos tienden a subir con el aceite. Para evitar este inconveniente se debe regular la cantidad del agua en la dilución hasta llegar a una determinada concentración de lodos de modo que no suba con el aceite. Los sólidos presentes en el medio acuoso deben estar en el orden del 5.5% en peso.

Clarificador: El fluido proveniente de las prensas (agua, aceite, lodos livianos y lodos pesados) llegan al clarificador mediante bombas y pasando por una columna precalentadora para incrementar la temperatura, facilitando la separación y posteriormente por un ciclón de alimentación que cumple la función de eliminar la turbulencia.

No se calienta el fluido directamente en el tanque para evitar la turbulencia.

El aceite se alimenta en un punto por debajo de la capa de aceite a una distancia tal que se pueda alcanzar la separación en un tiempo relativamente rápido.

Los lodos tienden a arrastrar el aceite que queda ocluidos en ellos (atrapado). Para evitar estas pérdidas, el clarificador posee un sistema de fuerzas cortantes mediante paletas rotatorias con orificios los cuales “cortan” los lodos liberando el aceite ocluido. El clarificador también posee ángulos y paletas fijas que ayudan a cortar los lodos.

La capa de aceite se forma colocando la salida del aceite por encima de la salida de las aguas lodosas. Debido al principio de los vasos comunicantes, la diferencia de altura entre las salidas es igual a aproximadamente $1/8$ de la capa de aceite.

Principio de los vasos comunicantes: Si dos recipientes están comunicados entre sí, mantendrán el mismo nivel siempre y cuando contengan el mismo fluido o fluidos miscibles. Si los fluidos son inmiscibles, la altura de la capa es mayor para el líquido de menor densidad.

$(h-X) P. \text{ agua} = h P. \text{ aceite}$

$(h-X) 1 = h 0.9$

$0.1h = X$

$h = 10 X$

La salida del aceite debe estar unos 6 cm. por encima de la del agua para obtener una capa de aceite de aproximadamente 50 cm. continuamente (máximo 60 cm.). Cuando la capa es muy pequeña el aceite tiende a salir con lodos. Por el contrario, cuando la capa es demasiado grande, el líquido nuevo que entra al clarificador no tiene espacio para separarse y entonces salen los lodos con aceite.

8. PALMISTERIA (Planta de Nueces)

La última etapa de la Nuez, procedente del sistema de desfibrado donde en esta sección se le da el tratamiento de rompimiento de la Nuez mediante rompedores ó molinos (Ripper Mills) y la separación de almendras y cascarilla mediante un sistema de separación en seco o por hidrociclones, donde la almendra es depositada en silos acondicionados con corrientes de aire caliente para su secado y posterior envío al silo de almendra a granel donde es almacenada para su posterior despacho. El cuesco ó cascarilla es aprovechado en parte como combustible para las calderas para la generación de vapor y el resto utilizado en el mejoramiento de vías.

TRANSESTERIFICACIÓN



Grafico 9. Transesterificación

La reacción química como proceso industrial utilizado en la producción de biodiesel, es la transesterificación, que consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas. El triglicérido es convertido consecutivamente en diglicérido, monoglicérido y glicerina. En cada reacción un mol de éster metílico es liberado. Todo este proceso se lleva a cabo en un reactor donde se producen las reacciones y en posteriores fases de separación, purificación y estabilización.

Las tecnologías existentes, pueden ser combinadas de diferentes maneras variando las condiciones del proceso y la alimentación del mismo. La elección de la tecnología será función de la capacidad deseada de producción, alimentación, calidad y recuperación del alcohol y del

catalizador. En general, plantas de menor capacidad y diferente calidad en la alimentación (utilización al mismo tiempo de aceites refinados y reutilizados) suelen utilizar procesos Batch o discontinuos. Los procesos continuos, sin embargo, son más idóneos para plantas de mayor capacidad que justifique el mayor número de personal y requieren una alimentación más uniforme.



Grafico 10. Proceso de Transesterificación. Fuente Miliarium

Procesos: (Miliarium, 2011)

Proceso Discontinuo

Es el método más simple para la producción de biodiesel donde se han reportado ratios 4:1 (alcohol: triglicérido). Se trata de reactores con agitación, donde el reactor puede estar sellado o equipado con un condensador de reflujo. Las condiciones de operación más habituales son a temperaturas de 65°C, aunque rangos de temperaturas desde 25°C a 85°C también han sido publicadas. El catalizador más común es el NaOH, aunque también se utiliza el KOH, en rangos del

0,3% al 1,5% (dependiendo que el catalizador utilizado sea KOH o NaOH). Es necesaria una agitación rápida para una correcta mezcla en el reactor del aceite, el catalizador y el alcohol. Hacia el fin de la reacción, la agitación debe ser menor para permitir al glicerol separarse de la fase éster. Se han publicado en la bibliografía resultados entre el 85% y el 94%.

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

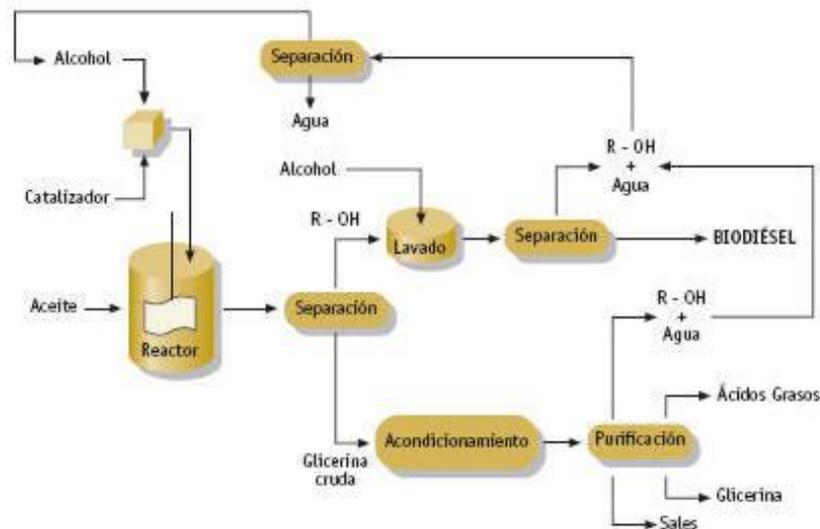


Gráfico 11. Proceso de transesterificación discontinuo

Proceso Continuo

Una variación del proceso discontinuo es la utilización de reactores continuos del tipo tanque agitado, los llamados CSTR del inglés, Continuous Stirred Tank Reactor. Este tipo de reactores puede ser variado en volumen para permitir mayores tiempos de residencia y lograr aumentar los resultados de la reacción. Así, tras la decantación de glicerol en el decantador la reacción en un segundo CSTR es mucho más rápida, con un porcentaje del 98% de producto de reacción. Un elemento esencial en el diseño de los reactores CSTR es asegurarse que la mezcla se realiza convenientemente para que la composición en el reactor sea prácticamente constante. Esto tiene el efecto de aumentar la dispersión del glicerol en la fase éster.

El resultado es que el tiempo requerido para la separación de fases se incrementa. Existen diversos procesos que utilizan la mezcla intensa para favorecer la reacción de esterificación. El reactor que se utiliza en este caso es de tipo tubular. La mezcla de reacción se mueve longitudinalmente por este tipo de reactores, con poca mezcla en la dirección axial. Este tipo de reactor de flujo pistón, Plug Flow Reactor (PFR), se comporta como si fueran pequeños reactores CSTR en serie. El resultado es un sistema en continuo que requiere tiempos de residencia menores (del orden de 6 a 10 minutos) con el consiguiente ahorro, al ser los reactores menores para la realización de la reacción. Este tipo de reactor puede operar a elevada temperatura y presión para aumentar el porcentaje de conversión.

En la figura xx se presenta un diagrama de bloques de un proceso de transesterificación mediante reactores de flujo pistón. En este proceso, se introducen los triglicéridos con el alcohol y el catalizador y se somete a diferentes operaciones (se utilizan dos reactores) para dar lugar al éster y la glicerina.

Dentro de la catálisis heterogénea los catalizadores básicos se desactivan fácilmente por la presencia de ácidos grasos libres (FFA) y de agua que favorece la formación de los mismos. Para tratar alimentaciones con cierto grado de acidez, se prefiere la esterificación de los ácidos grasos libres con superácidos que a su vez presenten una elevada velocidad de reacción de transesterificación, lo que implica que se requiera de dos reactores con una fase intermedia de eliminación de agua. De este modo, alimentaciones con hasta un 30% en FFA se pueden esterificar con metanol, reduciendo la presencia de FFA por debajo del 1%. Esta etapa previa de esterificación se puede llevar a cabo con alcoholes superiores o glicerina que resulta atractiva en la producción de biodiesel puesto que es un subproducto del proceso.

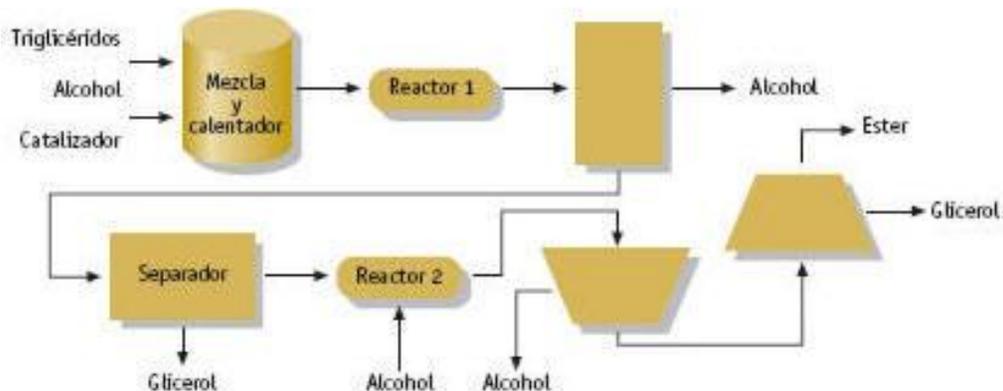


Grafico 12. Proceso de transesterificación continuo.

La glicerina subproducto del biodiesel

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 del 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 alquídicas, celofán, tabaco, explosivos (nitroglicerina), fármacos y cosméticos, espumas de uretano, alimentos y bebidas, etc.

Así, como coproducto de la producción de biodiesel se obtendría glicerina, de calidades farmacéutica e industrial. Estas glicerinas tienen un valor económico positivo y su comercialización forma parte de la rentabilidad del biodiesel. Sin embargo, la creciente oferta de glicerina está provocando ya una disminución de sus precios de venta con la consiguiente problemática de merma de rentabilidad que ello supone para el sector del biodiesel. Al nivel actual de producción, las glicerinas tienen suficientes salidas comerciales actualmente, 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.

Con el aumento de la producción de biodiesel, la glicerina se enfrenta a un reto de investigación y desarrollo de cara a tener una salida para la misma debido a su aumento significativo 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.

Beneficios o ventajas del biodiesel:

- ▶ No daña el medio ambiente, no posee azufre.
- ▶ Se produce a partir de materias primas renovables.
- ▶ Biodegradable
- ▶ Alarga la vida útil del motor por su lubricidad
- ▶ Seguro para manipular y transportar debido a al punto de inflamación alto
- ▶ Glicerol como subproducto del proceso
- ▶ Puede ser producido por particulares o a pequeña escala
- ▶ No se debe modificar el motor diesel común, se puede alternar o mezclar el diesel común con biodiesel

Problemas o desventajas:

- ▶ Requiere de áreas grandes para los cultivos de los granos a partir de los cuales se obtiene el aceite para su elaboración

- ▶ Algunos aceites pueden solidificarse a temperaturas superiores a 10° C lo que puede causar problemas en los motores en los que se utilice como B100
- ▶ Puede causar daños en piezas plásticas o empaques en los motores

Balance energético de la producción de biodiesel (Miliarium, 2011)

El balance energético del biodiesel, considerando la diferencia entre la energía que produce 1kg. De biodiesel y la energía necesaria para la producción del mismo, desde la fase agrícola hasta la fase industrial es positiva al menos en un 30%. Por lo tanto puede ser considerada una actividad sostenible.

Además de las condiciones favorables desde el punto de vista ecológico y energético merece destacarse la posibilidad del empleo inmediato en los motores. El biodiesel quema perfectamente sin requerir ningún tipo de modificación en motores existentes pudiendo alimentarse alternativamente con el combustible diesel o en mezcla de ambos. Esta es la diferencia importante respecto de otras experiencias de sustitución de combustibles como la del Bioetanol, donde es necesario efectuar en los motores modificaciones irreversibles. El empleo de biodiesel aumenta la vida de los motores debido a que posee un poder lubricante mayor, mientras que el consumo de combustible, la autoignición, la potencia y el torque del motor permanecen inalterados.

Calidad

Para controlar la calidad del biodiesel que actualmente se consume en Colombia, existen normas que buscan regular este tipo de características como las siguientes:

Requisitos de los Combustibles “Diesel extra ” y “Diesel Corriente”				
Requisitos	Unidad	Diesel extra	Diesel corriente	Método de ensayo
Contenido de azufre, máximo (3)	% masa	0,12	0,45	ASTM D2622 ó D4294, ó D 1552, ó D1266
Contenido de Aromáticos, máximo	% Vol.	35	35	ASTM D5186, ó D1319
Índice de Cetano, mínimo (**)	Adimensiona l	45	45	ASTM D976 ó D4737
Número de Cetano, mínimo (*)	Adimensiona l	45	43	ASTM D613
Corrosión al cobre, 3 h. a 50 °C, máximo	Clasificación	2	2	ASTM D130
Color ASTM, máximo		2	3	ASTM D1500
Residuos de carbón micro, máximo (10 % en fondos)	% masa	0,2	0,2	ASTM D4530
Gravedad API, mínimo	°API	Reportar	Reportar	ASTM D4052, D1298 ó D287

Viscosidad a 40 °C, mínimo - máximo	mm ² /s	1,9 – 4,1	1,9 – 5,0	ASTM D445
Propiedades de destilación				ASTM D86
· Punto Inicial de Ebullición	°C	Reportar	Reportar	
· Temperatura del 50 % volumen recobrado, máxima	°C -	-----'	Reportar	
· Temperatura del 90 % volumen recobrado,				
Mínima	°C	282		
Máxima		338	360	
· Punto Final de Ebullición, máximo	°C	360	390	
Contenido de Agua y Sedimento, máximo	% Vol.	0,05	0,05	ASTM D1796 ó D 2709
Punto de Fluidez, máximo	°C	3^(2)	3^(2)	ASTM D97 ó D5949
Temperatura de Obturación del filtro (CFPP)^(4)	°C	Reportar	Reportar	ASTM D6371 EN 116
Punto de nube/enturbiamiento (4)	°C	Reportar	Reportar	ASTM D2500 ISO 3015
Punto de Inflamación, mínimo	°C	52	52	ASTM D93
Contenido de cenizas, máximo	% masa	0,01	0,01	ASTM D482
Contenido máximo de Biodiesel (4) (alquilesteres de ácidos grasos)	% vol	5	5	EN 14078
Lubricidad (máxima)^(5)	µm	450	450	ASTM D6079
(*) Aplica para diesel que contenga componentes provenientes de procesos de ruptura catalítica, Térmica, aditivos mejoradores de cetano ó biodiesel en cualquier proporción.				
(**) Aplica para diesel producido en la destilación atmosférica del petróleo crudo, sin mezcla con otros componentes de refinería o biodiesel				
(1) Otros Métodos alternos pueden ser usados, como el método ASTM D6729 (Método piano)				
(2) El método ASTM D97 contempla resultados medidos de tres unidades en tres unidades.				
(3) Esta especificación estará sujeta a la reglamentación nacional vigente.				
(4) Los valores para estos parámetros deberán establecerse sustentados en estudios realizados en laboratorios acreditados y avalados por autoridad competente				
(5) Esta especificación aplica para diesel hidrotratado de máximo 500 ppm de azufre				

NOTA 1 Los valores de los requisitos de la Tabla 1, deben ser informados por el Proveedor.
NOTA 2 El poder calorífico inferior de referencia reportado por el método ASTM D240 debe estar alrededor de
45 000 KJ/Kg

Tabla 12. Requisitos de los Combustibles “Diesel extra” y “Diesel Corriente” (MADR, 2009)

Ejercicio 3. Materias primas y procesos biodiesel

1. Que significa el término Bxx cuando se habla de biodiesel
2. Cuáles son las materias primas más comunes en el mundo para elaboración de biodiesel
3. Cuales materias primas se requieren para la elaboración de biodiesel.
4. De las siguientes reacciones cual es la utilizada para el biodiesel:
 - ▶ Fermentación
 - ▶ Esterificación
 - ▶ Deshidratación
 - ▶ Transesterificación
5. Cuáles son los subproductos del proceso de elaboración de biodiesel.

3.2. Materias primas y procesos del Bioetanol

3.2.1. Bioetanol

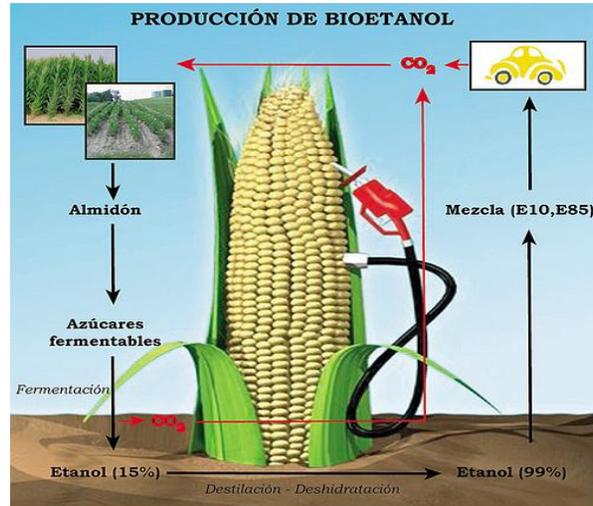


Grafico 13. Bioetanol

Que es:

El alcohol etílico o etanol es un producto químico obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales, tales como cereales, remolacha, caña de azúcar, sorgo o biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa.

Las plantas crecen gracias al proceso de fotosíntesis, en el que la luz del sol, el dióxido de carbono de la atmósfera, el agua y los nutrientes de la tierra forman moléculas orgánicas complejas como el azúcar, los hidratos de carbono y la celulosa, que se concentra en la parte fibrosa de las plantas. De estos procesos se produce alcohol etílico y para este curso nos interesa un tipo de etanol especial que es el conocido como etanol carburante. (Miliarium, 2011)

Para qué sirve:

El Bioetanol mezclado con la gasolina produce un biocombustible de alto poder energético con características muy similares a la gasolina pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión. El etanol se usa en mezclas con la gasolina en concentraciones del 5 o el 10%, E5 y E10 respectivamente, que no requieren modificaciones en los motores actuales.

Otros usos del etanol:

- ▶ Disolvente
- ▶ Combustible doméstico
- ▶ La industria química lo utiliza como compuesto de partida en la síntesis de diversos productos, como el acetato de etilo (un disolvente para pegamentos, pinturas, etc.), el éter dietílico, etc.
- ▶ Posee propiedades desinfectantes
- ▶ Puede utilizarse como anticongelante

Como se hace:

Teoría:

El Bioetanol se produce por la fermentación de los azúcares contenidos en la materia orgánica de las plantas, en este proceso se obtiene el alcohol hidratado, con un contenido aproximado del 5% de agua, que tras ser deshidratado se puede utilizar como combustible.

A nivel de laboratorio (ejemplo con yuca):

Materias primas:

- ▶ 1 kg de Yuca
- ▶ Agua
- ▶ Ácido Clorhídrico
- ▶ Hidróxido de sodio
- ▶ Cloruro de amonio
- ▶ levadura

Proceso:

1. Extracción de almidón: la yuca se debe pelar y reducir su tamaño a partículas de 1 cm. para luego pasar a una licuadora normal donde se mezcla con agua, luego se pasa por un cedazo para separar el bagazo del almidón, el material que queda en la malla del cedazo es el bagazo, este se pesa y se lleva a un horno, la parte que pasa el cedazo es almidón, este se deposita en un recipiente y se deja sedimentar por 2 días y luego se separa el agua y el precipitado se vierte en un recipiente para continuar con el proceso.
2. Hidrólisis Ácida: el precipitado que se encuentra en un recipiente se debe preparar para la siguiente fase y la manera es adicionando HCl (Ácido Clorhídrico) hasta alcanzar un pH de 1. cuando este pH es alcanzado la mezcla se lleva al autoclave donde se mantiene la

presión a 15 PSI durante 45 minutos, pasado este tiempo el autoclave debe ser enfriado con aire para luego proceder a despresurizar, se abre el autoclave, se retira el almidón y el contenido debe ser enfriado hasta 40° C con aire y agitación.

3. Fermentación: el pH de la mezcla de almidón y ácido clorhídrico debe ser subido de 1 a 4,8 adicionando NaOH hidróxido de sodio, luego se agrega levadura y cloruro de amonio NH₄Cl, se agita y airea la mezcla para realizar el procesos aerobio, luego se vierte en otro recipiente que permita el proceso anaerobio en un equipo que permita armar la trampa de CO₂, este proceso puede tardar de 3 a 4 días.
4. Destilación: luego del proceso de fermentación, se agita la mezcla que está en el recipiente anterior y se mide 1 lt de mezcla y se lleva al proceso de destilación, que consiste en calentar la mezcla para que se evapore el alcohol contenido en ella y se separa mediante un equipo diseñado para este fin obteniendo alcohol etílico con contenido de agua.

Procesos de obtención de Bioetanol

El Bioetanol se obtiene a partir de la caña de azúcar, la remolacha (u otras plantas ricas en azúcares), de cereales, de alcohol vínico o de biomasa, mediante un proceso de destilación. En Colombia la producción industrial emplea principalmente caña de azúcar como materia prima básica, con posibilidad de utilizar los excedentes de otras industrias las cuales generan materias primas de bajo costo. En general, se utilizan tres familias de productos para la obtención del alcohol:

Azúcares, procedentes de la caña o la remolacha, por ejemplo.

Cereales, procedentes del maíz o el sorgo mediante la fermentación de los azúcares del almidón.

Biomasa, residuos de madera o materiales orgánicos por la fermentación de los azúcares contenidos en la celulosa y hemicelulosa

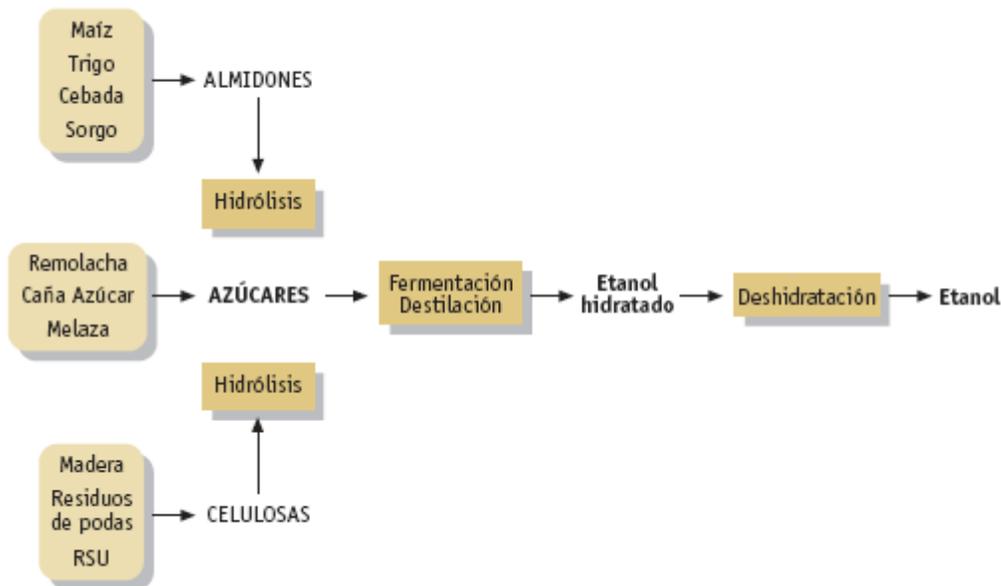
El **esquema general de fabricación del Bioetanol** (diagrama 1), muestra las siguientes fases en el proceso:

- ▶ **Dilución:** Es la adición del agua para ajustar la cantidad de azúcar en la mezcla o (en última instancia) la cantidad de alcohol en el producto. Es necesaria porque la levadura, usada más adelante en el proceso de fermentación, puede morir debido a una concentración demasiado grande del alcohol.

- ▶ **Conversión:** La conversión es el proceso de convertir el almidón/celulosa en azúcares fermentables. Puede ser lograda por el uso de la malta, extractos de enzimas contenidas

en la malta, o por el tratamiento del almidón (o de la celulosa) con el ácido en un proceso de hidrólisis ácida.

- ▶ **Fermentación:** La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico realizado por las levaduras, básicamente. De la fermentación alcohólica se obtienen un gran número de productos, entre ellos el alcohol.
- ▶ **Destilación o Deshidratación:** La destilación es la operación de separar, mediante calor, los diferentes componentes líquidos de una mezcla (etanol/agua). Una forma de destilación, conocida desde la antigüedad, es la obtención de alcohol aplicando calor a una mezcla fermentada.

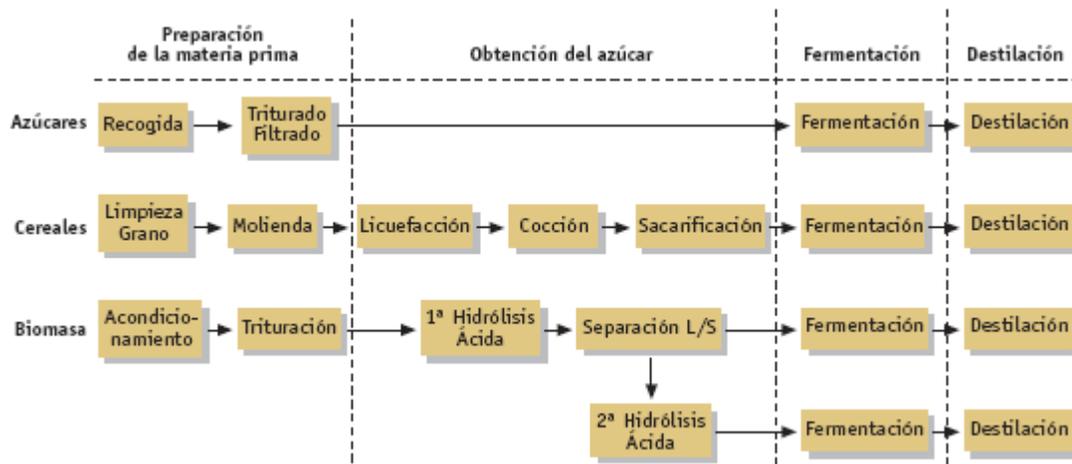


Gráfica 14. Proceso de obtención de Bioetanol.

Otra alternativa a las cosechas dedicadas a fines energéticos, son los materiales lignocelulósicos son los que ofrecen un mayor potencial para la producción de Bioetanol, el uso de residuos de procesos agrícolas, forestales o industriales, con alto contenido en biomasa. Estos residuos pueden ir desde la paja de cereal a las “limpias” forestales, pasando por los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) o las cáscaras de cereal o de arroz. Los residuos tienen la ventaja de su bajo coste, ya que son la parte no necesaria de otros productos o procesos, salvo cuando son utilizados en la alimentación del ganado. Los RSU tienen un alto contenido en materia orgánica, como papel o madera, que los hace una potencial fuente de materia prima, aunque debido a su diversa procedencia pueden contener otros materiales cuyo pre proceso de separación incrementa mucho el precio de la obtención del bioalcohol.

También pueden utilizarse residuos generados en algunas industrias, como la papelera, la hortofrutícola o la fracción orgánica de residuos sólidos industriales. Muchos de estos residuos no sólo tienen valor económico en el contexto donde se generan sino que pueden ser causa de problemas ambientales durante su eliminación [Cabrera, J. A., 2006].

Los residuos de biomasa contienen mezclas complejas de carbohidratos, llamados celulosa, hemicelulosa y lignina. Para obtener los azúcares de la biomasa, ésta es tratada con ácidos o enzimas que facilitan su obtención. La celulosa y hemicelulosa son hidrolizadas por enzimas o diluidas por ácidos para obtener sacarosa, que es entonces fermentada. Los principales métodos para extraer estos azúcares son tres: la hidrólisis con ácidos concentrados, la hidrólisis con ácidos diluidos y la hidrólisis enzimática. En la gráfica 2 se muestra las diferencias entre los procesos de obtención de Bioetanol, según sea su materia prima de origen.



Gráfica 15. Diferencias en los procesos de obtención de Bioetanol.

Subproductos de la obtención del Bioetanol

Los subproductos generados en la producción de Bioetanol, así como el volumen de los mismos, dependen en parte de la materia prima utilizada. En general se pueden agrupar en dos tipos:

Materiales lignocelulósicos: tallos, bagazo, etc., correspondientes a las partes estructurales de la planta. En general se utilizan para valorización energética en cogeneración, especialmente para cubrir las necesidades energéticas de la fase de destilación del Bioetanol, aunque también se puede vender el excedente a la red eléctrica (con precio primado).

Materiales alimenticios: pulpa y granos de destilería de maíz desecados con solubles (DDGS), que son los restos energéticos de la planta después de la fermentación y destilación del Bioetanol. Tienen interés para el mercado de piensos animales por su riqueza en proteína y valor energético.

La caña de azúcar es la planta más aprovechable por el bagazo generado para su combustión y generación energética. La remolacha azucarera genera, por su parte, unos 0,75 tones de pulpa por tonelada de Bioetanol producido.

La producción de Bioetanol a partir de trigo o maíz genera en torno a 1,2 ton de DDGS por tonelada de Bioetanol. En general, existen dos filosofías alimenticias en cuanto al empleo del DDGS. Cuando el pienso está en el 15 % o menos de la dieta, el DDGS sirve como una fuente de proteína suplementaria. Cuando el pienso está en los niveles más altos (superior al 15 % de la dieta de la materia seca) su papel primario es como fuente de energía. El DDGS está compuesto de grasa en un 10-15 %, de fibra neutra detergente en un 40-55 %, de proteína de crudo (CP) en un 30-35 % y de ceniza en un 5 %.

Materias primas para elaboración de Bioetanol.



Grafico 16. Materias primas para Bioetanol

La principal materia prima que se encuentra en nuestro medio para elaborar Bioetanol es la caña de azúcar, la cual mediante un proceso de extracción de jugos y fermentación produce alcohol:

- ▶ Caña de azúcar como materia prima principal en Colombia.

Cultivo de la caña

El cultivo de la caña, que ocupa actualmente 449.480 hectáreas en todo el país (con destino a la producción de azúcar, panela y etanol) genera 336.310 empleos. Sin embargo, si utilizaríamos el

20% del área potencial para este cultivo tendríamos 140.336 empleos nuevos y con el 100% de área potencial sembrada en caña garantizaríamos 701.680 nuevos empleos.

Uso	Área sembrada (ha) 2008	Empleos actuales	Área Potencial (ha)	Empleos adicionales 20%área potencial	Empleos adicionales 100% área potencial
Panela	243.816	287.506			
Azúcar	174.263	41.275			
Etanol	31.401	7.529	3.898.221	140.336	701.680
Total	449.480	336.310	3.898.221	140.336	701.680

Tabla 13. Empleo actual y potencial en caña (MADR, 2009)

Descripción del cultivo:

AGROINDUSTRIA

PROCESO DE LA CAÑA DE AZÚCAR:

- La caña de azúcar. (Perafan, 2011)



Grafico 17. Amanecer en el cañamelar.

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) es una gramínea tropical, un pasto gigante emparentado con el sorgo y el maíz en cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar. La sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis.

Constituyentes de la caña.

El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte

líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas.

Las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad (familia) de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo, abonos, lluvias, riegos, etc. Sin embargo, unos valores de referencia general pueden ser:

agua	73 - 76 %
sacarosa	8 - 15 %
fibra	11 - 16 %

La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar y la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña.



Gráfico 18. Caña de azúcar.



Gráfico 19. Tronco de la caña.

Otros constituyentes de la caña presentes en el jugo son:

Glucosa	0,2 - 0,6 %
fructosa	0,2 - 0,6 %
Sales	0,3 - 0,8 %
ácidos orgánicos	0,1 - 0,8 %
Otros	0,3 - 0,8 %

Las hojas de la caña nacen en los entrenudos del tronco. A medida que crece la caña las hojas más bajas se secan, caen y son reemplazadas por las que aparecen en los entrenudos superiores. También nacen en los entrenudos las yemas que bajo ciertas condiciones pueden llegar a dar lugar al nacimiento de otra planta. En la fotografía a la izquierda se ve en el entrenudo superior unas hojas secas próximas a caer y en el inferior el nacimiento de una yema.

A la derecha se muestra el corte de una caña ampliado en donde se pueden apreciar los canales que corren a lo largo del tallo llevando los alimentos y el agua.

Fuente: [http.](http://)

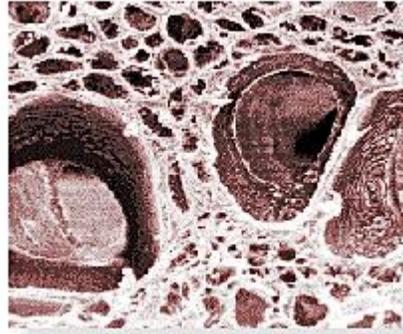


Grafico 20. Corte de una caña ampliado.



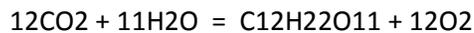
Grafico 21. Espiga de caña florecida. (Izquierda) - Retoño de una soca de caña. (Derecha)

Fotosíntesis

El desarrollo de la caña de azúcar depende en gran medida de la luz solar, razón por la cual su cultivo se realiza en las zonas tropicales que poseen un brillo solar alto y prolongado.

La clorofila existente en las células de las hojas de la caña absorbe la energía de la luz solar [1], la cual sirve como combustible en la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire [2] y el agua que junto con varios minerales las raíces sacan de la tierra [3], para formar sacarosa [4] que se almacena en el tallo y constituye la reserva alimenticia de la planta, a partir de la cual fabrican otros azúcares, almidones y fibra [5].

Dióxido de carbono + agua = sacarosa + oxígeno.



La caña de azúcar se encuentra dentro del grupo más eficiente de convertidores de la energía solar que existen.

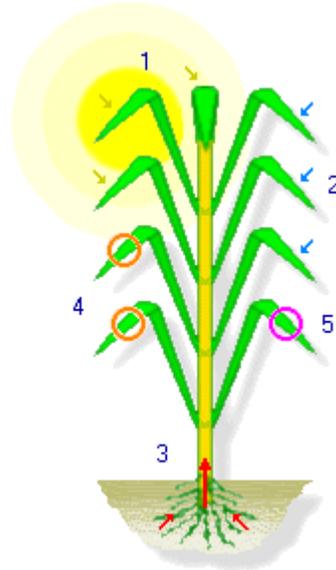


Grafico 22. Fotosíntesis en la caña de azúcar

En Colombia.



Grafico 23. Colombia en Suramérica.

Algo sobre Colombia.

Colombia está situada en la esquina noroccidental de Suramérica, entre los 67° y 79° de longitud oeste, los 4° de latitud sur y los 13° de latitud norte. Tiene 1,1 millones de km² de superficie con toda una gama de climas que van desde los calurosos desérticos hasta las nieves perpetuas.

Se cultiva caña para la producción de azúcar en el valle del río Cauca y para producción de panela en todas las zonas cálidas del país.

Zona de cultivo de la caña de azúcar: el valle del río Cauca.

En el valle geográfico del río Cauca se encuentran localizados los trece ingenios azucareros que fabrican casi todo el azúcar producido en Colombia.

Es una región que posee las condiciones idóneas para el crecimiento de la caña de azúcar: brillo solar permanente e intenso a lo largo del año, caída adecuada de temperatura entre el día y la noche, disponibilidad de agua, lluvias adecuadas y fertilidad en los suelos. El cultivo de la caña de azúcar se hace en forma continua durante todo el año y no en forma estacional o por zafra como lo es en el resto del mundo. Lo anterior hace del valle del río Cauca una región especial que la sitúa dentro de las mejores regiones cañeras del mundo.



Gráfico 24. El valle del río Cauca En Colombia.

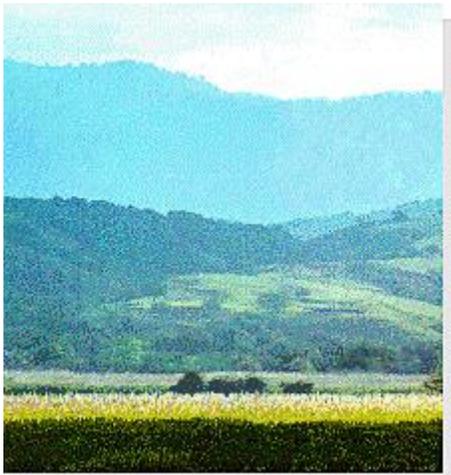


Gráfico 25. Cultivo de caña en el valle del río Cauca

En el fondo la cordillera Central.

Desde el punto de vista geográfico el valle del río Cauca es un valle interandino de 8.160 km², con 200 km de longitud, 15 km de anchura en promedio y suelos formados por sedimentos aluviales del cuaternario. Es plano y nivelado, situado entre los 900 y 1.000 metros sobre el nivel del mar, con un piso térmico cálido y seco de temperaturas superiores a 24 °C. Tiene lluvias anuales entre los 500 y 1.500 mm con las precipitaciones mayores hacia el sur. Son suelos fértiles con vegetación de bosque subandino.



Grafico 26. Cosecha mecánica de caña.

Los tornillos sinfín aprisionan la caña para el corte (izquierda). La cosechadora envía la caña trozada al vagón de transporte y deja las hojas en el campo, que salen por encima del vagón (derecha).

Beneficios o ventajas del Bioetanol:

- ▶ El Bioetanol es una fuente de combustible renovable y doméstico.
- ▶ Reduce dependencia del petróleo del extranjero.
- ▶ Es una fuente más limpia de combustible porque: emite un 40-80% menos de gases invernaderos que los combustibles fósiles reduce la lluvia ácida, mejora la calidad del aire en zonas urbanas, no contamina el agua y reduce los residuos.
- ▶ Aumenta el octano del combustible con un coste pequeño.
- ▶ Virtualmente utilizable en todos los vehículos.
- ▶ Fácil de producir y almacenar

Problemas o desventajas:

Para poder utilizar el Bioetanol como combustible puro (E100) se necesita llevar a cabo varias modificaciones dentro del motor, de manera tal no alterar significativamente el consumo. Estas son:

- ▶ Aumentar la relación de compresión.
- ▶ Variar la mezcla de Combustible / aire.
- ▶ Bujías resistentes a mayores temperaturas y presiones.
- ▶ Conductos resistentes al ataque de alcoholes.
- ▶ Se debe agregar un mecanismo que facilite el arranque en frío.
- ▶ En el tanque de combustible se puede acumular agua lo cual lo oxida y requiere de mayor mantenimiento

Balance energético de la producción de Bioetanol

Para que el etanol contribuya perceptiblemente a las necesidades de combustible para el transporte, necesitaría tener un balance energético neto positivo. Para evaluar la energía neta del etanol hay que considerar cuatro variables: la cantidad de energía contenida en el producto final del etanol, la cantidad de energía consumida directamente para hacer el etanol, la calidad del etanol resultante comparado con la calidad de la gasolina refinada y la energía consumida indirectamente para hacer la planta de proceso de etanol. (Miliarium, 2011)

Aunque es un asunto que crea discusión, algunas investigaciones que hagan caso de la calidad de la energía sugieren que el proceso toma tanta o más energía combustible fósil (en las formas de gas natural, diesel y de carbón) para crear una cantidad equivalente de energía bajo la forma de etanol. Es decir, la energía necesitada para funcionar los tractores, para producir el fertilizante, para procesar el etanol, y la energía asociada al desgaste y al rasgón en todo el equipo usado en el proceso (conocido como amortización del activo por los economistas) puede ser mayor que la energía derivada del etanol al quemarse.

Se suelen citar dos defectos de esta argumentación como respuesta, en primer lugar el no dar importancia a la calidad de la energía del Bioetanol, cuyos efectos económicos son importantes. Si se compara la calidad de la energía con los costes de descontaminación del suelo que provocan los derrames de gasolina al ambiente y los costes "médicos" de la contaminación atmosférica (porque no se puede descontaminar la atmósfera), resultado de la refinación y de la gasolina quemada. Por otro lado, el desarrollo de las plantas de etanol implica un prejuicio contra este producto basado estrictamente sobre la pre-existencia de la capacidad de refinación de la gasolina. La decisión última se debería fundar sobre razonamientos económicos y sociales a largo plazo.

El primer argumento, sin embargo, sigue debatiéndose. No tiene sentido quemar 1 litro de etanol si requiere quemar 2 litros de gasolina (o incluso de etanol) para crear ese litro. La mayor parte de la discusión científica actual en lo que al etanol se refiere gira actualmente alrededor de las aplicaciones en las fronteras del sistema. Esto se refiere a lo completo que pueda ser el esquema de entradas y salidas de energía. Se discute si se deben incluir temas como la energía requerida para alimentar a la gente que cuida y procesa el maíz, para levantar y reparar las cercas de la granja, incluso la cantidad de energía que consume un tractor.

Además, no hay acuerdo en qué clase de valor dar para el resto del maíz, como el tallo por ejemplo, lo que se conoce comúnmente como coproducto. Algunos estudios propugnan que es mejor dejarlo en el campo para proteger el suelo contra la erosión y para agregar materia orgánica. Mientras que otros queman el coproducto para accionar la planta del etanol, pero no evitan la erosión del suelo que resulta, lo cual requeriría más energía en forma de fertilizante.

Dependiendo del estudio, la energía neta varía de 0,7 a 1,5 unidades de etanol por unidad de energía de combustible fósil consumida. En comparación si el combustible fósil utilizado para extraer etanol se hubiese utilizado para extraer petróleo y gas se hubiesen llenado 15 unidades de gasolina, que es un orden de magnitud mayor. Pero, la extracción no es igual que la producción. Cada litro de petróleo extraído es un litro de petróleo agotado.

Para comparar el balance energético de la producción de la gasolina a la producción de etanol, debe calcularse también la energía requerida para producir el petróleo de la atmósfera y para meterlo nuevamente dentro de la tierra, un proceso que haría que la eficiencia de la producción de la gasolina fuese fraccionaria comparada a la del etanol. Se calcula que se necesita un balance energético de 200 %, o 2 unidades de etanol por unidad de combustible fósil invertida, antes de que la producción en masa del etanol llegue a ser económicamente factible.

Calidad

Para controlar la calidad del Bioetanol que actualmente se consume en Colombia, existen normas que buscan regular este tipo de características como la ASTM, a continuación se listan las condiciones:

Especificaciones de calidad para etanol carburante hidratado ASTM			
CARACTERÍSTICA	UNIDADES	MÉTODO ARBITRO	VALORES
Apariencia	---	ASTM D-4176 Procedimiento A	Libre de partículas suspendidas y precipitadas (Claro y brillante)
Color	---	Visual	Incoloro
Acidez total (como ácido acético)	mg/L	ASTM D-1613	30 máximo
Conductividad Eléctrica	μS/m	ASTM D-1125	500 máximo
Densidad (Masa Específica) a 20 °C	kg/m ³	ASTM D-891 Procedimiento B	805,0 – 811,0
Contenido Alcohólico (A)	° INPM o % masa	NBR 5992	92,6 – 94,7
pH	---	ASTM D-6423	6,0 - 8,0
Residuo por evaporación	mg/100 ml	NBR 8644	5 máximo
Contenido hidrocarburos (B)	fracción de volumen (% volumen)	ASTM D-6729	0,03 (3,0) máximo

Ion cloruro	mg/kg	ASTM D-512 Método C	1,1 máximo
Ión Sulfato	mg/kg	NBR 10864	4 máximo
Contenido de Hierro	mg/kg	ASTM D-1068	5 máximo
Contenido de Sodio	mg/kg	NBR 10422	2 máximo
Contenido de Cobre	mg/kg	ASTM D-1688 Método A	0,07 máximo
(A) Cuando no exista certeza que el alcohol fue producido por vía de fermentación o cuando exista posibilidad de contaminación por otros tipos de alcoholes se debe realizar la prueba ASTM D-5501 y el resultado debe ser 0,951 de fracción de volumen (95,1% volumen) mínimo.			
(B) La gasolina automotriz es el único desnaturalizante autorizado para agregarle al Etanol Carburante Hidratado.			
Notas:			
1: Los resultados se deben reportar con el número de cifras decimales que indica cada método y			
No necesariamente con el número de decimales que aparecen en esta tabla de especificaciones.			
2: Otros métodos aceptables se indican en el numeral 8			

Tabla 14. Reglamento Técnico ASTM (Reglamento técnico hondureño para bioetanol, 2009)

Ejercicio 4. Materias primas y procesos Bioetanol

1. Que significa el término Exx cuando se habla de Bioetanol
2. Cuáles son las materias primas más comunes en el mundo y cuales en Colombia para elaboración de Bioetanol
3. Cuales materias primas se requieren para la elaboración de bioetanol.
4. De las siguientes reacciones cuales son utilizadas para la producción de Bioetanol:
 - ▶ Fermentación
 - ▶ Esterificación
 - ▶ Deshidratación
 - ▶ Transesterificación
5. Cuáles son los subproductos del proceso de elaboración de Bioetanol.

3.3. Materias primas y procesos del Biogás

Biogás

Que es:

Es el resultado de la digestión anaerobia de desechos orgánicos, los cuales se descomponen o degradan, por la acción de bacterias en ausencia de oxígeno, en la cual se produce la liberación de una mezcla de gases conocida como el biogás. Este biocombustible es generado a partir de desechos de las producciones agropecuarias como estiércol o restos de cosechas sin que estén contaminados con jabones, detergentes o productos para desinfección y el gas que resulta de este proceso anaerobio se compone de la siguiente manera:

COMPONENTE	PORCENTAGE
Metano	54 – 70%
Dióxido de carbono	27 – 45%
Nitrógeno	0,3 – 3,0%
Hidrogeno	1 – 10%
Monóxido de carbono	0,1%
Oxígeno	1%
Ácido sulfhídrico	Trazas

Tabla 15. Componentes del biogás (Porcicol. 2010)

Para qué sirve

Con el biogás se puede obtener energía empleada en:

- ▶ La cocción de alimentos, con un metro cúbico se pueden cocinar hasta 12 platos.
- ▶ Generación de calor para cerdos y pollitos
- ▶ El residuo final se puede utilizar como abono sin que pierda sus características
- ▶ Economiza en la compra de otras fuentes de energía

Como se hace:

Teoría:

A nivel de laboratorio

Materias primas:

- ▶ 5 kg Materia orgánica como estiércol de cerdo o ganado vacuno
- ▶ Agua
- ▶ Se debe contar con equipos o reactores específicos para esta prueba, usted podrá buscar la información para su elaboración en www.youtube.com

Pasos:

1. Acondicionamiento: en un recipiente se deben pesar las materias primas y se disponen en un recipiente adecuado para el proceso de fermentación que permita un sellado garantizando la ausencia de oxígeno.
2. Fermentación: se realiza en un reactor en el cual se introducen la materias primas en el recipiente debidamente sellado con el fin de garantizar la acción de los microorganismos termófilos y anaerobios
3. Varios días después de este montaje, el gas comenzara a producirse y se debe almacenar en un recipiente o equipo adecuado para tal fin, puede ser un montaje de cúpula móvil, el biogás almacenado está listo para ser quemado.
4. luego de que el biogás muestre mermas en su producción, se debe retirar la mezcla inicial para hacerle una muestra de laboratorio y verificar si puede ser utilizada como abono o fertilizante.

Proceso a mayor escala:

La elaboración del biogás se realiza en una planta de tratamiento anaeróbico la cual se compone de las siguientes partes:

- ▶ Tanque de mezcla: caja donde se realiza la mezcla de estiércol y agua
- ▶ Cámara de digestión o reactor o fermentador: tanque donde se produce la fermentación anaeróbica y puede construirse en diferentes materiales como: concreto o mampostería de ladrillo, fibra de vidrio, acero inoxidable o tipo balón con materiales plásticos (tubulares)
- ▶ Gasómetro: sección donde se almacena el gas, puede ser un solo cuerpo con el biodigestor o reactor.
- ▶ Tanque de descarga: recibe el material digerido o efluente

Actualmente existen varios tipos de biodigestores como el de flujo continuo, de cúpula fija, cúpula móvil, estructura flexible o planta balón.

Para la obtención de buena calidad hay que definir muy bien los desechos con los que se va a trabajar, tiempos de proceso, temperatura ambiente (clima cálido, templado o frío), velocidad de carga.

Materias primas para elaboración de biogás.

Las materias primas fermentables incluyen dentro de un amplio espectro a los excrementos animales y humanos, aguas residuales orgánicas de las industrias (producción de alcohol, procesado de frutas, verduras, lácteos, carnes, alimenticias en general), restos de cosechas y basuras de diferentes tipos, como los efluentes de determinadas industrias químicas.

El proceso microbiológico no solo requiere de fuentes de carbono y nitrógeno sino que también deben estar presentes en un cierto equilibrio sales minerales (azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, cobalto, selenio, tungsteno, níquel y otros menores).

Normalmente las sustancias orgánicas como los estiércoles y lodos cloacales presentan estos elementos en proporciones adecuadas. Sin embargo en la digestión de ciertos desechos industriales puede presentarse el caso de ser necesaria la adición de los compuestos enumerados o bien un post tratamiento aeróbico. Las sustancias con alto contenido de lignina no son directamente aprovechables y por lo tanto deben someterse a tratamientos previos (cortado, macerado, compostado) a fin de liberar las sustancias factibles de ser transformadas de las incrustaciones de lignina.

En lo referente a estiércoles animales la degradación de cada uno de ellos dependerá fundamentalmente del tipo de animal y la alimentación que hayan recibido los mismos.

Los valores tanto de producción como de rendimiento en gas de los estiércoles presentan grandes diferencias entre distintos autores. Esto es debido al sinnúmero de factores que hacen muy difícil la comparación de resultados por lo tanto los valores brindados en la tabla del CUADRO I deben ser tomados como ilustrativos.

Como norma se deberá tomar en cuenta que a raíz de estar trabajando en un medio biológico sólo los promedios estadísticos de una serie prolongada de mediciones serán confiables siempre y cuando figuren las condiciones en las cuales fueron realizadas las pruebas.

En cuanto al volumen de estiércol producido por las distintas especies animales son variables de acuerdo fundamentalmente al peso y al tipo de alimentación y manejo de los mismos. Cuando se encare un proyecto específico se recomienda realizar una serie de mediciones en el lugar donde se emplazará el digester.

A modo ilustrativo se expone a continuación un cuadro indicativo sobre cantidades de estiércol producido por distintos tipos de animales y el rendimiento en gas de los mismos tomando como referencia el kilogramo de sólidos volátiles.

ESPECIE	PESO VIVO	kg ESTIERCOL/día	l/kg.S.V.	%CH ₄
Cerdos	50	4,5 – 6	340 – 550	65 – 70
Vacunos	400	25 – 40	90 310	65
Equinos	450	12 – 16	200 – 300	65
Ovinos	45	2,5	90 – 310	63
Aves	1,5	0,06	310 – 620	60
Caprinos	40	1,5	110 – 290	--

Tabla 16. Producción de estiércol (INTA Argentina, 2008)

En Colombia las materias primas que se encuentra en nuestro medio para elaborar biogás son:

- ▶ Heces y orina de ganado porcino o vacuno
- ▶ Residuos animales tales como
- ▶ Sangre
- ▶ Tejidos
- ▶ Grasa
- ▶ Contenido digestivo, humanos
- ▶ vegetales.
- ▶ Restos de cosechas
- ▶ Residuos de cocina

Todos estos residuos deben estar mezclados con agua.

Procesos para elaboración de biogás en fincas o instalaciones rurales. (Porcicol, 2010)

- ▶ Recepción de materias primas:

La materia prima que se recibe en la planta de producción de biogás debe ser mezclada con agua garantizando que haya una adecuada circulación de estos materiales, por cada unidad de estiércol o material vegetal se deben mezclar con cuatro partes de agua.

- ▶ Tipos de biodigestores: generalmente son equipos que permiten el flujo constante de fluidos que permiten la circulación de los materiales construidos en materiales como concreto o mampostería en ladrillo, fibra de vidrio acero inoxidable y entre estos se pueden encontrar:

Cúpula fija: son aquellos armados en una sola estructura que por regla general es de materiales rígidos como concreto bloques o ladrillos y construidos bajo tierra en suelos estables y firmes

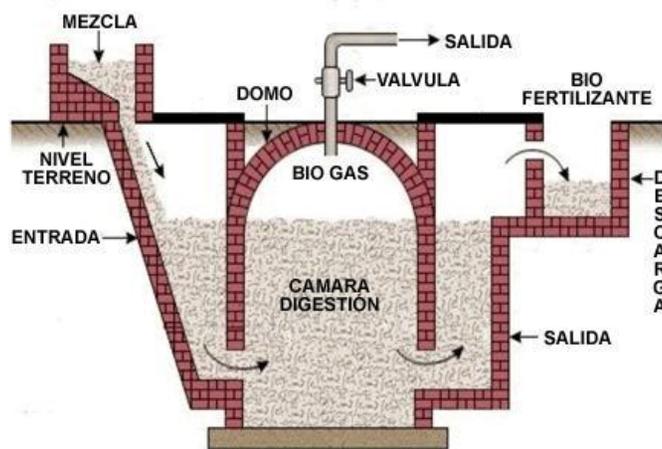


Grafico27. Fermentador de cúpula fija

Cúpula móvil hay dos modelos:

- ▶ La primera al igual que en los de cúpula rígida, va enterrada y hecha en concreto, bloque o ladrillo
- ▶ Campana metálica o de fibra que flota sobre la primera estructura



Grafico 28. Fermentador de cúpula móvil

Estructura flexible o planta balón: su vida útil es corta, aproximadamente 4 a 5 años y los materiales deben ser resistentes a la luz ultravioleta, en la parte interior del tubular, que se forma con el material plástico, se deposita el material que se fermentara hasta ocupar el 75% de la altura y el restante 25% es para acumular el gas producto de este proceso biológico.



Grafico 29. Fermentador flexible o de balón

Esta opción debido a su bajo costo, facilidad de construcción, instalación y manejo y mínimo mantenimiento es la más factible para las condiciones locales y por ende se va a estudiar un poco más a fondo.

Para la construcción de un equipo de este tipo se recomienda la ayuda de un técnico en el tema pero la siguiente relación de dimensiones podría dar una idea de lo que se requiere:

CAPACIDAD mt cúbicos	LARGO	ALTURA mt	ANCHO SUPERIOR mt	ANCHO INFERIOR mt
3	3	1	1,2	1
11	10	1	1,2	1
15	14	1	1,2	1
40	12	1,5	2,5	2
50	15	1,5	2,5	2
67	20	1,5	2,5	2
84	25	1,5	2,5	2
100	30	1,5	2,5	2

Tabla 17. Diseño biodigestor para biogás. (Porcicol 2010)

- ▶ Calidad: los aspectos a tener en cuenta para la adecuada producción de Biogás son los siguientes:
- ▶ Utilizar solamente materia prima de fácil fermentación y en lo posible con tamaños de partículas no mayor a 2,5 cm.
- ▶ Tiempo de residencia para lograr la estabilidad de la materia orgánica: aquí juega un papel importante la temperatura ambiente ya que determina el tiempo de residencia de las materias primas dentro del digestor como se muestra en la siguiente tabla:

TEMPERATURA	DURACIÓN
18° C	20 a 30 días
18 a 24° C	15 a 20 días
>24° C	10 a 15 días

Tabla 18. Duración de la biomasa (porcicol 2010)

- ▶ Velocidad de carga: define la cantidad de residuos fermentables que puede entrar al sistema por día.

Se recomienda revisar los siguientes videos:

Nº	Dirección del video
1	http://www.youtube.com/watch?v=8J3loLLGmW4&playnext=1&list=PLC48CC99BF616FB80
2	http://www.youtube.com/watch?v=xtQeeBn3t4M&feature=related
3	http://www.youtube.com/watch?v=D_qqpHJSghQ&feature=related

Tabla 19. Videos biodigestor para una finca. (Porcicol 2010)

Beneficios o ventajas del biogás:

Ventajas

- ▶ Producción de energía: calor, luz, electricidad.
- ▶ Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad y elimina los olores
- ▶ Ahorro en fertilizantes
- ▶ Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
- ▶ Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
- ▶ Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación y de carga contaminante cuando se hacen vertimientos puntuales en cuerpos de agua

- ▶ Beneficios micro-económicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola-ganadera.
- ▶ Mantenimiento sencillo de la planta y los accesorios que ayudan a su buen funcionamiento
- ▶ Facilidad de bombeo de los residuos
- ▶ Menor área requerida Vs tratamientos aeróbicos

Desventajas

- ▶ Requiere diseño experto y construcción capacitada y ciertas precauciones de manejo
- ▶ No es factible la producción de gas por debajo de los 15°C
- ▶ Los lodos digeridos y el efluente requieren tratamiento
- ▶ El proceso es sensible a la temperatura, pH, velocidad de carga y cambios de tipo de carga.

Balance energético de la producción de biogás

En biocombustibles se habla del balance energético debido a que se debe comparar la energía usada para su producción versus la energía que este producto puede generar y es aquí donde se demuestra si es o no viable su producción. En este tema hay gran variedad de posiciones y opciones pero si nos enfocamos, en este caso, en la producción de biogás, donde no hay motores, o reactores que requerían de alimentación energética, bien sea fluido eléctrico, tratamientos térmicos (calentamiento con vapor o enfriamiento) o transporte de materias primas o combustibles de otro tipo, se puede decir que es una tecnología eficiente frente a las demás y a esta característica se le suma que es amigable con el medio ambiente ya que permite el uso de los desechos orgánicos como fuente de generación de biogás, generando ciertos beneficios, para su posterior disposición.

Calidad

Con el ánimo de garantizar la calidad del biogás se debe medir algunos componentes como son metano, oxígeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono entre otros, además de la presión estática, este procedimiento se logra con equipos de análisis de gas infrarrojo.

Algunos de los componentes que hacen parte del biogás y sus cantidades son:

COMPONENTE	PORCENTAJE
Metano	54 – 70%
Dióxido de carbono	27 – 45%
Nitrógeno	0,3 – 3,0%
Hidrogeno	1 – 10%
Monóxido de carbono	0,1%
Oxigeno	1%
Ácido sulfhídrico	Trazas

Tabla 20. Componentes del biogás, calidad. (Porcicol 2010)

Ejercicio 5. Materias primas y procesos biogás

Qué tipo de materiales se utilizan como materia prima en la elaboración de biogás.

Cuáles son los materiales más comunes en la construcción de los biodigestores para elaborar biogás.

Enumere 3 tipos de biodigestores

Cuál es el uso de los residuos o subproductos de este proceso.

4. MÉTODOS, NORMAS DE CALIDAD Y LEGISLACIÓN PARA BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

OBJETIVO GENERAL

Revisar los métodos instrumentales, la legislación y los requisitos normativos NTC para evaluar la calidad de los productos terminados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer las normas técnicas colombianas del biodiesel y el Bioetanol para la producción de biocombustibles

Conocer apartes de la legislación que regula la producción y comercialización de biocombustibles en Colombia

Prueba Inicial

1. De las siguientes leyes cuales tienen que ver con biocombustibles:
Resolución 0970 del 2010
 - a. Política pública 0819 del 2010
 - b. Ley 100 de 1993
 - c. NTC 5444
 - d. Ninguna de las anteriores

- 2.Cuál es la cantidad de mezcla que se debe usar por parte de los distribuidores de combustibles con respecto a biodiesel y etanol
 - a. 10-90/10-90
 - b. 5-95/10-90
 - c. 20-80/15-85
 - d. Ninguna de las anteriores

4.1. Métodos y Procesos de Calidad para Biocombustibles

Introducción:

En esta parte del módulo se revisarán de manera teórica las normas técnicas que actualmente se aplican en Colombia para garantizar la calidad de los biocombustibles, Biodiesel y Bioetanol, que son los que actualmente cuentan con NTC

El ICONTEC es una empresa multinacional colombiana preocupada por el desarrollo sostenible de las organizaciones en el continente que trabaja desde 1963 para fomentar la normalización técnica, la metrología, la evaluación de la conformidad y la gestión de la calidad en Colombia, Centro y Suramérica. (ICONTEC, 2011)

Es esta entidad la encargada de certificar los diferentes procesos de calidad y para esto se basa en las Normas Técnicas Colombianas NTC que para el caso de los biocombustibles son:

Biodiesel NTC 5444:

Autores: Varios autores

Comité: Combustibles Líquidos, Alcoholes Carburantes y Biodiesel

Editorial: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

Sector: 75-PETRÓLEO Y TECNOLOGÍAS RELACIONADAS

Fecha de edición:08/11/2006

Fecha de ratificación: 25/10/2006

Actualización: Ninguna

Comentario sobre Fecha de edición, ratificación y actualización: (Gracias al sistema Print On Demand POD o impresión bajo demanda- la Norma siempre corresponderá a la última versión editada por el ICONTEC)

Formato: NTC (Norma Técnica Colombiana)

Rústica, 21.6 x 27.9 cms

11 páginas

Reseña: ESTA NORMA CUBRE LAS ESPECIFICACIONES PARA LOS ALQUIL ESTERES DE ACIDOS GRASOS PARA USO COMO COMBUSTIBLES O COMO COMPONENTE DE MEZCLAS CON COMBUSTIBLES DIESEL, CUYAS CARACTERISTICAS ESTAN DEFINIDAS EN LA NTC 1438

A continuación se presenta un comparacion de las diferentes normas que actualmente se manejan a nivel mundial con la NTC 5444 y a su vez con el biodiesel de palma que se obtiene en el país.

Propiedades	Unidades	ASTM 6751 Estados Unidos	EN 14214 Comunidad Europea	NTC 5444 Colombia	Características del biodiesel de palma
DENSIDAD (15°C)	g/mL	-----	0,86-0,9	0,860-0,900	0,875
VISCOSIDAD A 40°C	mm ² /s	1,9-6,0	3,5 - 5,0	1,9 - 6,0	4,49
NUMERO DE CETANO	Cetanos	min 47	min 51	min 47	68
PUNTO DE CHISPA	°C	min 130	min 120	min 120	159
PUNTO DE FLUIDEZ	°C	Reportar	Depende de la Región	Reportar	12
ESTABILIDAD A LA OXIDACIÓN	Horas	min 3	min 6	min 6	26
ESTABILIDAD TERMICA	% Reflect	N.R	N.R	mín. 70	99
INDICE DE YODO	g yodo/100g	N.R	Max 120	Max 120	58
CORROSION LAMINA DE CU	N/A *	1	1	1	1a
NUMERO ACIDO	mg KOH/g	0,8 Max	0,5 Max	Max 0,5	<0.1
CONTENIDO DE AGUA	mg/Kg	500 Max	500 máx	500 Max	380
CONTENIDO DE FOSFORO	mg/Kg	Max 10	Max 10	Max 10	1,26
CONTENIDO DE METANOL O ETANOL	%masa	0,2	0,2		< 0,2
CONTENIDO DE GLICERINA LIBRE/TOTAL	%masa	0,02/0,24	0,02/0,25	0,02/0,25	< 0,02 / < 0,25

CONTENIDO DE ESTER	% masa	96,5	96,5	96,5	98,50%
CONTENIDO DE Na + K	mg/Kg	Max 5	Max 5	Max 5	4,25
CONTENIDO DE Ca + Mg	mg/Kg	Max 5	Max 5	max 5	1,89

Tabla 21. Comparacion normas con biodiesel de palma. Fuente (FEDEPALMA, 2009)

Cabe anotar que para confirmar este producto se realizaron pruebas de diferente tipo e intencidad con el animo de validar el producto final mediante Pruebas de larga duración con biodiésel de palma en busesarticulados del sistema de transporte Transmilenio en Bogotá (1 de 3) (FEDEPALMA, 2009)



Grafico 30. Pruebas de transmilenio.

Bioetanol NTC 5308

Autores: Varios autores

Comité: Combustibles Líquidos, Alcoholes Carburantes y Biodiesel

Editorial: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC

Sector: 71-TECNOLOGÍA QUÍMICA

Fecha de edición: N.D.

Fecha de ratificación: 03/11/2004

Actualización: Ninguna

Comentario sobre Fecha de edición, ratificación y actualización: (Gracias al sistema Print On Demand -POD o impresión bajo demanda- la Norma siempre corresponderá a la última versión editada por el ICONTEC)

Formato: NTC (Norma Técnica Colombiana)

Rústica, 21.6 x 27.9 cms

12 páginas

Reseña: ESTA NORMA CUBRE NOMINALMENTE AL ETANOL ANHIDRO COMBUSTIBLE DESNATURALIZADO, DESTINADO PARA SER MEZCLADO CON GASOLINAS CON PLOMO O SIN PLOMO, EN PORCENTAJE EN VOLUMEN DEL 10 +/- 0.5 PARA EMPLEAR LA MEZCLA COMO COMBUSTIBLE EN LOS MOTORES DE COMBUSTION INTERNA DE ENCENDIDO POR CHISPA. Algunas de las características de calidad que se manejan en la NTC 5308 son las siguientes:

Característica	Unidad	Especificación (3)	Método de Prueba
Color	-	Incoloro	Visual
Aspecto		(.1)	Visual
Acidez total (como ácido acético), máximo	mg/L	56	ASTM D 1613 o ABNT/NBR9866MB2606
Conductividad eléctrica, máxima	µS/m	500	ASTM D 1125ABNT/ NBR10547MB2788
Densidad a 20 °C, máximo	kg/m ³	791,5	ASTM D 4052,ASTM D 891ABNT/NBR5992MB1533
% de etanol, mínimo (2)	% volumen NBR5992MB1533Materia no volátil a 105 °C, máximo mg/L 30NBR8911MB2123Alcalinidad Negativo ABNT/NBR	99,5	ASTM D 5501
% alcohólico a 20 °C, mínimo a 105	°INPM	99,5	ABNT/ NBR 5992MB2123
Materia no volátil a 105 °C, máximo	mg/L	30	NBR8911MB2123
Alcalinidad		Negativo	ABNT/NBR 986

Tabla 22. Requisitos de calidad del etanol anhidro combustible (ICONTEC, 2004)

Característica	Especificación (3)	Método de Prueba
% Etanol, mínimo	96,3	ASTM D 5501 ABN/NBR 5882
Gomas extraíbles con solvente, Max.	5	ASTM D 381
Contenido de agua, Max	0,7 (1)	ASTM E 203 o ASTM D 1064
Contenido de desnaturalizante, min, Max	2,0 3,0	ABN/NBR 5992 Método PLANO (ASTM D 6729)
Contenido de cloro inorgánico, Max	40	ASTM D 512 o ABN/NBR10894
Contenido de cobre, Max	0,1	ASTM D 1688 ABN/ NBR 10893 MB 3054
Acidez Total (como ácido acético), Max	0,007(2)	ASTM D 1613 ABN/ NBR 9866MB 2606
pHe	6,5 9,0	ASTM D 6423
Apariencia	visiblemente libre de contaminantes suspendidos o precipitados(claro y brillante)	Visual

1. En algunos casos, un contenido de agua más bajo puede ser necesario para evitar la separación de fases de una mezcla de gasolina-etanol a muy bajas temperaturas. Menor contenido de agua podrá ser acordado entre las partes interesadas en la compra-venta del producto.
2. No obstante que el paquete de aditivos (detergentes dispersantes, estabilizadores, anticorrosivos) en las gasolinas colombianas se adiciona en el momento de la mezcla del etanol con la gasolina, el etanol anhidro combustible desnaturalizado puede contener aditivos tales como inhibidores de corrosión y detergentes que pueden afectar la acidez titulable (acidez como ácido acético) del etanol anhidro combustible terminado. Es posible que el etanol anhidro combustible básico cumpla con las especificaciones de acidez, pero el efecto de esos aditivos pueden producir una aparente acidez titulable alta en el producto desnaturalizado. Si existe alguna inquietud al respecto se debe contactar al proveedor de etanol, para verificar que el etanol anhidro básico cumple con los requisitos de acidez del numeral 4.1.
3. Los análisis para certificación de la calidad del producto debe ser realizados en laboratorios debidamente acreditados por la autoridad competente.

Tabla 23. Requisitos de calidad del etanol anhidro combustible desnaturalizado antes de mezclar con las gasolinas motor (ICONTEC, 2004)

Ejercicio 6. Métodos y procesos de calidad para biocombustibles

1. De las siguientes NTC cuál es la que rige el biodiesel
 - ▶ 5444
 - ▶ 5893
 - ▶ 1305
 - ▶ 3075
2. De las siguientes NTC cuál es la que rige el Bioetanol
 - ▶ 5444
 - ▶ 3075
 - ▶ 5308
 - ▶ 5893
3. Liste por lo menos 8 características que se deben conocer y medir para obtener un biodiesel que cumpla con las normas.
4. Liste por lo menos 6 características que se deben conocer y medir para obtener un Bioetanol que cumpla con las normas
5. .Que otras normas internacionales sirven de parámetro para medir las características de los biocombustibles.

4.2. Legislación Colombiana para Biocombustibles

Dentro de las leyes colombianas que actualmente encontramos para el tema hay una política de biocombustibles la cual se conoce como Conpes 3510 “LINEAMIENTOS PARA PROMOVER LA PRODUCCION SOSTENIBLE DE BIOCMBUSTIBLES EN COLOMBIA” la cual cuanta con el apoyo de los Ministerios de:

Minas y Energía
Agricultura y Desarrollo Rural
Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial
Comercio Industria y Turismo
Protección Social
Hacienda y Crédito Público
Transporte
Colciencias

Todo esto canalizado a través del Departamento Nacional de Planeación y aprobado el 31 de marzo de 2008. A partir de este documento se han generado otras normas alrededor de los biocombustibles las cuales se enumeran y explican en la siguiente tabla.

NORMA	EMITIDA POR	FECHA DE EMISION	FECHA DE VIGENCIA	DICTA
NTC 1438	ICONTEC			Esta norma establece las especificaciones que deben cumplir y los métodos de ensayos que se deben usar para determinar los parámetros definidos para los combustibles utilizados en motores tipo diesel disponibles en Colombia
NTC 100-04	ICONTEC			Esta norma cubre las especificaciones para los alquilesteres de ácidos grasos para uso como combustible o como componente de mezclas con combustibles diesel, cuyas características están definidas en la NTC 1438 posee glosario
NTC 4830-15	ICONTEC	2001 -06-27		Componentes del sistema de combustible para vehículos que funcionan con gas natural comprimido. Parte 15 cubierta hermética y manguera de ventilación.
Ley 693	Congreso de la república de Colombia	2001 Septiembre 19 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 939	Congreso de la república de Colombia	2004 31 diciembre 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.
Resolución 1289 de 2005	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	2005 07/09/2005	09/09/2005	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, en el sentido de regular los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diesel como componente de la mezcla con el combustible diesel de origen fósil en procesos de combustión.
Ley 1083/06		2006		Establece normas sobre planeación urbana sostenible.

Resolución 182142	Ministerio de minas y energía	2007		Registro de productores y/o importadores de biocombustibles para uso en motores diesel.
Resolución 182158/07		2007		Estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel
Resolución 182087	Ministerio de minas y energía	2007		Criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diesel.
Resolución 180112	Ministerio de minas y energía	2007		Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 18 1780 del 29 de diciembre de 2005, en relación con la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel
Resolución 180158/07		2007		Por la cual se determinan los combustibles limpios de conformidad con lo consagrado en el Parágrafo del Artículo 1º de la Ley 1083 de 2006.
Decreto 2594		2007		Establece un fondo de capital de riesgo para apoyar iniciativas productivas, entre ellas los proyectos de biocombustibles
Decreto 4051		2007		Zonas Francas Permanentes.
Conpes 5477	DNP	9 julio de 2007		estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano
Decreto 2629	Ministerio de minas y energía	2007 10 julio de 2007		Por medio de la cual se dictan disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país, así como medidas aplicables a los vehículos y demás artefactos a motor que utilicen combustibles para su funcionamiento
Resolución 180106/08		2008		Establece disposiciones relacionadas con la estructura de precios del ACPM (diesel) y de la mezcla del mismo con el biocombustible para uso en motores Diesel.
Conpes 3510	DNP	2008 Marzo 31 de 2008		Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia
Resolución		2009		Por la cual se modifica la resolución 182158 de

180134/09				diciembre de 2007, en relación con la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel.
Decreto 1153	Ministerio de minas y energía	2009		Motores flexibles E85,

Tabla 24. Listado de normas, leyes y demas documentos sobre biocombustibles en Colombia
(Ministerios de Agricultura y Desarrollo Rural) (Fedebiocombustibles, 2010)

Ejercicio 7. Legislación Colombiana en torno a biocombustibles.

1. Mediante que documento se define la política de biocombustibles para Colombia y en que año fue lanzada.
2. Liste 5 organizaciones, entre Ministerios y Entidades de investigación, que esten relacionadas con los biocombustibles y su uso en Colombia
3. Mediante que ley, norma o decreto se hace obligatorio el uso de mezclas de biocombustibles en Colombia.

4.3. Pistas de Aprendizaje

Tener en cuenta: los biocombustibles provienen de materias primas de origen orgánico por lo cual se consideran renovables y biodegradables, y en su combustión contaminan menos que los de origen petroquímico

Tenga presente: para la elaboración de biodiesel se utilizan aceites de origen vegetal o grasas de origen animal, las más usadas actualmente son: aceite de palma, soya, girasol y las grasas de pollo y cerdo. Las especies promisorias o que desarrollarían la segunda generación de biodiesel serían higuera y jatropha para las cuales se están desarrollando investigaciones importantes en el país.

Traer a la memoria: el etanol que se produce a partir de los azúcares, también puede ser utilizado para los procesos de transesterificación, actualmente la mayor parte del alcohol que se usa para este proceso es el metanol de origen petroquímico

Tener en cuenta: el biogás es una alternativa excelente para las unidades productivas rurales ya que por medio de los desechos que se generan en el día a día se puede conseguir un combustible para cocinar y generar calor a animales pequeños y sustituir el consumo de otras fuentes energéticas como energía eléctrica o gas comercial.

Tenga presente: en las industrias dedicadas a los biocombustibles se da un fenómeno financiero de rentabilidad por altos volúmenes, en el caso del biodiesel hay aún una brecha muy grande entre los costos de producción con especies promisorias y precio de venta al público.

Traer a la memoria: los cultivos que se desarrollen de oleaginosas, palma, higuera, jatropha, deben estar ubicados relativamente cerca de las plantas de extracción, esto garantiza un corto tiempo de rotación, disminución de costos en el transporte y garantías de comercialización sin intermediarios.

Tenga presente: la producción de alcohol carburante es una agroindustria mucho más elaborada en cuanto a procesos que la del biodiesel y tiene barreras de entrada más altas. Es esta agroindustria la que presenta mayores riesgos en el balance de energía, consumo de energía para su producción vs generación de energía como producto final.

Traer a la memoria: la producción de biogás aun es un proceso a manejar a nivel de pequeñas explotaciones, este biocombustible podría ser una alternativa en algunas regiones que están alejadas o desconectadas del sistema energético nacional y mediante la cual se podría generar energía eléctrica mediante motores que se adaptaran a este tipo de biocombustible.

4.4. Glosario

ACPM: aceite combustible para motores.

Alcohol etílico: Alcohol que en su estructura posee dos átomos de carbono, en uno de los cuales se ha sustituido un átomo de hidrogeno por un grupo funcional hidroxilo (OH), también conocido como Etanol, cuya fórmula química es C₂H₅OH.

ASTM: American Society for Testing and Materials Norma internacional para el control de calidad.

Documento Conpes: tienen como objetivo direccionar la aplicación conjunta de políticas, instrumentos y estrategias en las acciones de los Municipios, Departamento y Nación que mejoren las condiciones socio económicas de los sectores y grupos poblacionales de un territorio o región dada, y que permita desarrollar la productividad y competitividad del territorio, a partir de la eficiencia en la aplicación de los recursos técnicos y financieros.

Etanol Carburante Hidratado: tipo de etanol obtenido a partir de la fermentación alcohólica que se caracteriza por tener un determinado contenido de agua y que cumple con las especificaciones establecidas en este reglamento.

Expeler: equipo de extracción para granos oleaginosos

Fermentación Anaeróbica: proceso catabólico de oxidación incompleta, totalmente anaeróbico, siendo el producto final un compuesto orgánico. Estos productos finales son los que caracterizan los diversos tipos de fermentaciones.

Fruto Dehiscente: el término dehiscencia designa la apertura espontánea de una estructura vegetal, una vez llegada su madurez, para liberar su contenido.

NTC: Norma Técnica Colombiana. Documento emitido por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC con el fin de garantizar la calidad en los procesos.

Seguridad Alimentaria: política de un país o gobierno de alimentar su población así no produzca en su territorio

Soberanía alimentaria: capacidad de una región o país de producir sus propios alimentos.

4.5. Bibliografía

- ▶ BELITZ H Y GROSH W. Química de los alimentos. Capítulo 15 “Cereales y derivados” Segunda edición. Ed. Acribia. España. 1997
- ▶ BANCO DE INICIATIVAS REGIONALES PARA EL DESARROLLO DE ANTIOQUIA -BIRD ANTIOQUIA- Potencial de biocombustibles en Antioquia / Banco de Iniciativas Regionales para el Desarrollo de Antioquia - BIRD Antioquia- Pie de imprenta Itagüí : BIRD , 2008.
- ▶ VILLARRAGA PLAZA, ALEJANDRO. Oportunidades de negocio para las empresas de biodiesel a partir de aceite de palma en Colombia - una perspectiva. p. 135 – 141
- ▶ BIOCOMBUSTIBLES -- COMERCIALIZACIÓN , ACEITE DE PALMA -- PRODUCCIÓN, PALMA AFRICANA -- CULTIVO – COLOMBIA, BIODIESEL Revista Puente. Bucaramanga -- Vol. 1, no. 2 (Dic. 2007)
- ▶ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Memorias al congreso nacional: 2006 – 2007. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía, 2007, 2006. 280 p.
- ▶ MARTÍNEZ RUIZ, IVÁN DARÍO y otro. Título Análisis comparativo de tecnologías para la producción de biodiesel en Colombia / Iván Darío Martínez Ruiz, Medellín: UPB, 2005. 112 h.
- ▶ RUTTERO, MARK. Biocombustibles. México, Agosto 2005. p. 17
- ▶ BIOCOMBUSTIBLES . Popular Mecanics Vol. 58, no. 8
- ▶ CEBALLOS HERNÁNDEZ, ANDRÉS FELIPE. Aprovechamiento del banano de rechazo para producir biocombustible y reducir emisiones de gases efecto invernadero a través del mecanismo de desarrollo limpio Medellín: UPB, 2002. 218 p.
- ▶ CALS COELHO, JORGE. Biomasa, biocombustibles, bioenergía. Quito, Mar.-Abr. 1984. p. 31-44

4.6. Fuentes digitales o electrónicas

Video de Corpoica (s.f.) recuperado el 13 de Junio de 2011 de
http://www.corpoica.gov.co/SitioWeb/videos/vervideo.asp?id_video=62

Documento PDF ESTRATEGIA DE DESARROLLO DE BIOCMBUSTIBLES: IMPLICACIONES PARA EL SECTOR AGROPECUARIO (s.f.) recuperado el 13 de Junio de 2011 de
<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Convenio/Documentos/EstrategiaDesarrolloBiocombustiblesColombia.pdf>

Copello, J. (2001). www.agro.uba.ar. Recuperado el 11 de junio de 2011, de (ICONTEC, 2004) (ICONTEC, 2004) (ICONTEC, 2004)
http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_6/etanol.htm
http://www.agro.uba.ar/apuntes/no_6/etanol.htm

Fedebiocombustibles. (2010).
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>.
Recuperado el 14 de junio de 2011, de
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>:
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>

Fedebiocombustibles. (2010). www.fedebiocombustibles.com. Recuperado el 14 de junio de 2011, de
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>:
<http://www.fedebiocombustibles.com/files/REVISTA%20MITOS%20Y%20REALIDADES.pdf>

Fedepalma. (2010). <http://www.fedepalma.org/palma.htm>. Recuperado el 13 de junio de 2011, de
<http://www.fedepalma.org/palma.htm>: <http://www.fedepalma.org/palma.htm>

INTA Argentina. (2008).
<http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf>. Recuperado el 13 de junio de 2011, de
<http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf>:
<http://www.inta.gov.ar/info/bioenergia/Manual%20para%20la%20produccion%20de%20biog%C3%A1s%20del%20IIR.pdf>

MADR Transformación Productiva. (s.f.). www.transformacionproductiva.gov.co. Recuperado el 18 de junio de 2011, de
<http://www.transformacionproductiva.gov.co/NewsDetail/455/1/LanzamientoPlanesdeNegociosO>

laAgro:

<http://www.transformacionproductiva.gov.co/NewsDetail/455/1/LanzamientoplanesdeNegociosOlaAgro>

Mexico, U. I. (2008). http://web.mac.com/fjuerra/Personal/8o_Semestre_files/BioEtOH.pdf. Recuperado el 20 de junio de 2011, de http://web.mac.com/fjuerra/Personal/8o_Semestre_files/BioEtOH.pdf: http://web.mac.com/fjuerra/Personal/8o_Semestre_files/BioEtOH.pdf

Miliarium. (2011). www.miliarium.com. Recuperado el 15 de junio de 2011, de www.miliarium.com: <http://www.miliarium.com/monografias/Biocombustibles/Biodiesel/Biodiesel.asp>

Miliarium. (2011). www.miliarium.com. Recuperado el 11 de junio de 2011, de www.miliarium.com: http://www.miliarium.com/monografias/Biocombustibles/Cultivos_Energeticos/CultivosPropuestasEspana.asp#costosbiocarburantes

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s.f.). <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>. Recuperado el 11 de junio de 2011, de <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>: <http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>

Palmas Monterrey. (2011). <http://www.palmasmonterrey.com>. Recuperado el 11 de junio de 2011, de <http://www.palmasmonterrey.com/images/EXTRACCION.htm>: <http://www.palmasmonterrey.com/images/EXTRACCION.htm>

Perafan, F. (2011). www.perafan.com. Recuperado el 13 de junio de 2011, de <http://www.perafan.com/azucar/ea02cana.html>: <http://www.perafan.com/azucar/ea02cana.html>

Porcicol. (2010). www.porcicol.org.co. Recuperado el 16 de junio de 2011, de <http://www.porcicol.org.co/tecnica/tecnica.php#transferencia>: <http://www.porcicol.org.co/tecnica/tecnica.php#transferencia>

Reglamento tecnico hondureño para bioetanol. (2009). [http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59\(spanish\).pdf](http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59(spanish).pdf). Recuperado el 15 de junio de 2011, de [http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59\(spanish\).pdf](http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59(spanish).pdf): [http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59\(spanish\).pdf](http://www.tbvtv.org/VBLienQuanTBT/QCKT%20nuoc%20ngoai/HND59(spanish).pdf)

Wikipedia. (15 de junio de 2011). <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>. Recuperado el 24 de junio de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>

Wikipedia. (15 de junio de 2011). <http://es.wikipedia.org/wiki/Bioetanol#Bioetanol>. Recuperado el 24 de junio de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Bioetanol#Bioetanol>:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Bioetanol#Bioetanol>

Wikipedia. (18 de junio de 2011). <http://es.wikipedia.org/wiki/Biogás>. Recuperado el 24 de junio de 2011, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Biogás>: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biogás>

FEDEPALMA. (25 de marzo de 2009).

<http://www.acolgen.org.co/jornadas2gen/FedepalmaBiodiesel.pdf>. Recuperado el 30 de junio de 2011, de <http://www.acolgen.org.co/jornadas2gen/FedepalmaBiodiesel.pdf>:

<http://www.acolgen.org.co/jornadas2gen/FedepalmaBiodiesel.pdf>

ICONTEC. (03 de 11 de 2004). <http://es.scribd.com/doc/50504175/NTC5308>. Recuperado el 30 de junio de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/50504175/NTC5308>:

<http://es.scribd.com/doc/50504175/NTC5308>