

BSERVATORIO Colombiano de Energía

Publicación trimestral

abril • junio 2008

El Observatorio Colombiano de Energía (OCE) hace parte del Centro de Investigaciones para el Desarrollo (CID) de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y funciona en asocio con las Facultades de Ingeniería y Ciencias Económicas de la Universidad Nacional en Bogotá, y con la Facultad de Minas de la Universidad Nacional en Medellín. Los profesores e investigadores participantes son expertos, consultores y analistas de la coyuntura minero-energética y de la modelación de los mercados energéticos.

Este Boletín está clasificado en la Categoría C de Colciencias.

Editor

Germán Corredor Avella
Profesor Asociado
Universidad Nacional de Colombia
Coordinador Editorial
Raúl Ávila Forero
Asistente Editorial
Diana Caruso López
Comité Editorial
Klaus Binder
Carmenza Chahín
Isaac Dyer
Mario García
Astrid Martínez
Héctor Pistonesi (Bariloche)
Alicia Puyana (Flacso México)
Philip Wright (Universidad Sheffield)

Decano Facultad
de Ciencias Económicas
Álvaro Zerda Sarmiento
Vicedecano Académico
Gustavo Junca
Director del CID

Germán Umaña Mendoza
Subdirectora del CID
Adriana Rodríguez Castillo
Observatorio Colombiano
de Energía
Cll 26 A No 37A-10
Bogotá, D.C. Colombia
Teléfono: (57) (1) 3684821, ext. 102/107
Página web
www.cid.unal.edu.co
Correo electrónico
obsce_bog@unal.edu.co

CID Centro de
Investigaciones
para el Desarrollo



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

SEDE BOGOTÁ

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

Contenido

Editorial

2

VIABILIDAD AMBIENTAL DEL USO DE BIOCOMBUSTIBLES PARA MOTORES A GASOLINA Y DIESEL EN COLOMBIA

**Helmer R. Acevedo G.,
Juan M Mantilla G.**

3

CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

Observatorio Colombiano de Energía

15

INDICADORES ENERGÉTICOS

32

PAUTAS PARA AUTORES

39



edito- rial

El pasado 19 de Junio El Centro de Investigaciones para el Desarrollo, CID de la Facultad de Ciencias Económicas, FCE y su Observatorio Colombiano de Energía, OCE realizaron el octavo DEBATE CID sobre Biocombustibles vs. Seguridad alimentaria. En este evento se presentaron diferentes posturas en cuanto a las oportunidades y amenazas que tienen los biocombustibles para el país.

Este debate planteado por el CID surge en medio de la enorme escalada de los precios de las materias primas (petróleo y alimentos) en los últimos meses. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 34 países están en estos momentos en crisis alimentaria. Paradójicamente la capacidad de producir alimentos es, sin embargo, mayor que nunca; de ahí la importancia de que el problema se analice más allá de la simple oferta y se vea desde el lado de la demanda, las tendencias de las políticas, las rigideces de la oferta y el control de los recursos productivos.

Los biocombustibles contribuyen a la subida de precios de los alimentos, pero no la explican en su totalidad, existen otros factores como las sequías e inundaciones de los últimos tiempos, la mayor demanda de China, la devaluación del dólar, la especulación en los mercados financieros que también explican la subida de los precios de los alimentos. De ahí la importancia de que exista una política agraria integral en el país que asegure y priorice la soberanía alimentaria y evite que en lugar de disminuir aumente el número de personas que mueren de hambre.

En este contexto, el Observatorio Colombiano de Energía en esta edición presenta dos artículos que muestran cada uno de ellos una postura diferente en referencia al tema de los biocombustibles.

El artículo elaborado por Helmer R. Acevedo G y Juan M Mantilla, investigadores del Grupo de Investigación en Biocombustibles, Energía y Protección del Medio Ambiente del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Colombia; muestra como al evaluar las emisiones de exosto en los motores a gasolina y diesel que usan biocombustibles los resultados indican que el etanol ("biocombustible" para motores a gasolina) no disminuye la contaminación ambiental. Por otro lado, los "biocombustibles" para motores diesel no muestran ninguna mejora ambiental en las emisiones.

El Observatorio Colombiano de Energía presenta una caracterización de los biocombustibles en Colombia y las enormes ventajas que se le atribuyen desde el punto de vista institucional, energético, agrícola, ambiental, industrial y tecnológico



VIABILIDAD AMBIENTAL DEL USO DE BIOCOMBUSTIBLES PARA MOTORES A GASOLINA Y DIESEL EN COLOMBIA

Helmer R. Acevedo G.,

Juan M Mantilla G.

*Grupo de Investigación en Biocombustibles, Energía y Protección del Medio Ambiente
Departamento de Ingeniería Mecánica – Facultad de Ingeniería
Carrera 30 # 45-03 Edificio 453 Oficina 401. Tel.: (571) – 3165320 hacevedog@unal.edu.co
Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. - Colombia.*

RESUMEN

Las condiciones topográficas y del transporte terrestre, las materias primas para la producción de biocombustibles y la calidad de los combustibles fósiles, deben tenerse en cuenta en el análisis de la contaminación ambiental en Colombia. Motores a gasolina y diesel usando biocombustibles fueron evaluados bajo dos aspectos las emisiones de exosto. Resultados indican que el etanol (“biocombustible” para motores a gasolina) no disminuye la contaminación ambiental. Por otro lado, los “biocombustibles” para motores diesel no muestran ninguna mejora ambiental en las emisiones.

Palabras Claves

Emisiones, Etanol, Energías Limpias, Biodiesel.

ABSTRACT

Environmental conditions and transport systems, raw material for biofuel production, and fossil fuel quality should be taking into account in order to define Colombian Environmental contamination. Gas and diesel engines were tested using biofuels measuring exhaust emissions. Results show ethanol doesn't decrease environmental contamination. On the other hand, biofuels don't improve exhaust emissions of diesel engines.

Key words

Emissions, Ethanol, Cleaning Energies. Biodiesel. Biofuels



INTRODUCCION

Los altos precios de los combustibles petroleros halados por los altos precios del petróleo crudo en el mercado mundial y la grave contaminación del aire en las ciudades causada en parte significativa por los motores de combustión interna abren posibilidades para un atractivo mercado de combustibles provenientes de origen vegetal los cuales **eventualmente** pueden ser renovables pero **erróneamente** denominados **biocombustibles**. Dentro de una definición más adecuada, son **combustibles alternativos**. Además, la coyuntura colombiana de reservas decrecientes de petróleo crudo, falta de hallazgos significativos en los últimos años y carencia de capacidad de refinación para producir la totalidad del ACPM para el mercado nacional crea un mercado para biocombustibles de origen nacional

La Ley 693 aprobada en Colombia en el año 2001 sobre el uso de combustibles oxigenados, **obliga** a todos los usuarios a utilizar, a partir del mes de septiembre de 2005, una mezcla de gasolina con alcohol etílico anhidro (etanol) en proporción en volumen de este último de $10\% \pm 0.5$. El nombre dado a las mezclas de gasolina y etanol se designa con la letra "E" seguida de un número correspondiente al contenido de etanol en la mezcla. De esta manera la gasolina pura se conoce como E0 y la mezcla de gasolina con 10 % de etanol en volumen, se denomina E10.

En cuanto al tema del diesel, en diciembre de 2004 se expidió la Ley 939 que "incentiva la producción y comercialización de biocombustibles para motores diesel", cayendo nuevamente en la **obligatoriedad** del uso de estos biocombustibles. Posteriormente se reglamentó la Ley y se determinó el uso de mezclas con especificaciones de un biocombustible que cumple patrones internacionales (debido a que los motores son importados, pero el diesel que consumen esta muy lejos de los patrones internacionales). Por lo tanto se hace necesario comprar tecnología internacional para la producción de biodiesel de origen colombiano y adecuado **únicamente** al aceite de palma, dejando por fuera de la cesta energética de los

combustibles alternativos para motores diesel, pequeños sectores del agro que con auxilios y buena voluntad del gobierno pueden ser importantes para las regiones, pero sobre todo generando desarrollo y oportunidades en los campos colombianos. Con el propósito de estimular la producción de **biodiesel** (único biocombustible reglamentado hasta la fecha) se determinó la exención del pago de impuestos al productor del biocombustible y de otros impuestos.

Debido a la escasa información del uso de esta clase de combustibles bajo las condiciones colombianas, es necesario soportar sus alcances y disposiciones con estudios técnicos de largo alcance que reflejen fielmente las condiciones de los sectores involucrados: económico, social, ambiental - energético; y su impacto en cada uno de ellos.

Con el objetivo de evaluar los efectos de estas nuevas mezclas de combustible en el desempeño de los motores de combustión y sus emisiones, al igual que establecer el inventario del ciclo de vida¹, se adelantaron estudios experimentales tendientes a determinar las emisiones a las condiciones de altura de la ciudad de Bogotá y se recolectó información en campo sobre el consumo de energía eléctrica, fósil, fertilizantes y demás en las destilerías de etanol del Valle del Cauca y las plantaciones de Aceite de Palma en los Llanos Orientales.

Este trabajo presenta inicialmente el procedimiento experimental seguido para los motores a gasolina y diesel, donde se muestran los vehículos utilizados (representativos del parque automotor colombiano), los equipos de medición, la caracterización del combustible y los resultados obtenidos para la composición del gas de escape. Posteriormente se presenta la metodología seguida y resultados obtenidos para el levantamiento del inventario energético en la producción del etanol y los combustibles de origen vegetal para motores diesel. Finalmente se presentan las conclusiones más importantes del trabajo.

1 Mediante un Inventario de Ciclo de Vida se determina la Energía necesaria para producir una unidad de energía renovable. La relación de estas dos energías (energía requerida/energía renovable producida) debe ser menor a uno.



EMISIONES DE LOS MOTORES USANDO COMBUSTIBLES DE ORIGEN VEGETAL

ETANOL COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO

Procedimiento Experimental

Motores y Equipos.

Los experimentos se realizaron sobre un motor de combustión interna de cuatro tiempos que tiene las características descritas en la Tabla 1.

El motor se acopló a un dinamómetro hidráulico (Hennan Froude) como se muestra en la Foto 1.

Las variables medidas y la instrumentación utilizada para tal efecto se describen a continuación:

1. Torque

Freno hidráulico Heenan-Froude referencia B47-912, capacidad 150 HP.

2. Temperatura

Termocuplas tipo K, Fluke 51 K/J Thermometer. Resolución: $\pm 0,1$ [°C]

3. Flujo másico de combustible

Balanza Navigator OHAUS. Resolución: $\pm 0,5$ [gr.], Rango: 0 a 8.500 [gr.]

4. Composición de gases de escape:

a. SUN Gas Analyzer MGA 1400.

Resolución: $\pm 0,2$ [%Volumen], Rango: [%CO, %CO₂, %O₂, ppm HC, A/F, RPM].

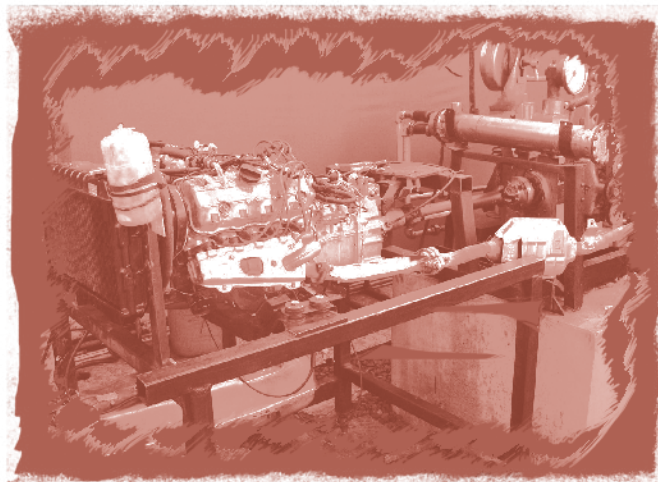


Foto 1. Montaje del motor en el banco de pruebas.

b. Gas Analyzer PXA 1100.

Resolución: $\pm 0,1$ [%Volumen], Rango: [%CO, %CO₂, %O₂, ppm HC, ppm NO_x, A/F, RPM]

5. Velocidad del aire en la admisión

Anemómetro marca GO-POWER AIR FLOW, Resolución: Tobera: 0,5 a 1,24 [in], Columna: $\pm 0,01$ [in] H₂O.

Característica	Valor
Estado del motor al inicio de la prueba	Cero horas de Funcionamiento
Volumen de barrido	970 cm ³
Relación de compresión	9,5:1
Número de Válvulas	8
Número de Bujías	4
Número de cilindros	Cuatro en línea SOHC
Torque máximo	7,6 kgf - m @ 3.200 rpm • 54,96 lbf-ft @ 3.200 rpm
Potencia máxima	33kW @ 5.300 rpm • 44 HP @ 5.300 rpm
Sistema de refrigeración	Por agua, cerrado a presión y ventilador mecánico conectado al cigüeñal.
Sistema de alimentación	Carburador electrónico
Sistema de lubricación	Cerrado a presión
Sistema de encendido	Encendido por chispa con control electrónico
Control de emisiones	Sensor de oxígeno en ducto de escape, catalizador de tres vías

Tabla 1. Características del motor utilizado.

**Combustible.**

Se utilizaron cinco diferentes mezclas en volumen de gasolina corriente (sin plomo) y etanol, las cuales se muestran en la Tabla 2.

Gasolina [% en volumen]	Etanol [% en volumen]	Denominación
100	0	E0
98	2	E2
96	4	E4
94	6	E6
92	8	E8
90	10	E10

Tabla 2. Mezclas gasolina-etanol utilizadas.

Las especificaciones de los combustibles E0 y E10 fueron obtenidas en el Laboratorio de Combustibles de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, y se pueden observar en la Tabla 3.

Como se muestra en la Tabla 3, el poder calorífico de la mezcla gasolina-etanol es menor que el de la gasolina pura, coincidiendo con Patzek (2003) Horta 2004) y Kortum (1997). Esto significa que para obtener valores de potencia iguales a los que se alcanzan con el E0 se debe consumir más combustible. Otro resultado interesante tiene que ver con el aumento de 0,15% en el valor de la densidad (ver Patzek (2003), Orbital Engine Company (2002)). Este parámetro puede influir en el mayor consumo de combustible debido a que para una diferencia de presión cualquiera en el punto de mezcla del combustible con el aire (indiferente si el sistema de alimentación es con carburador o con inyección), la cantidad de combustible que entra a la corriente de aire va a ser mayor cuando el motor funciona con E10.

La presión de vapor Reid (RVP) es otra propiedad que aumenta para las mezclas gasolina-etanol, y que refleja

una mayor volatilidad de acuerdo con Shapiro (2006) Hammel-Smith (2002) Torres *et al* (2002). El principal problema con este aumento está relacionado con la mayor probabilidad de emisión de compuestos orgánicos volátiles (Haskew H, 2006 Cray B, 2000). Además de esto, se pueden presentar problemas de bloqueo de vapor en la línea de suministro de combustible cuando se alcanzan temperaturas altas, pero mejora el arranque en frío del motor. El aumento en esta propiedad está dado principalmente por la composición de la gasolina, si se ajustan un poco los puntos de destilación de ésta disminuyendo el butano principalmente, se pueden obtener valores de RVP similares a los del combustible base (Environment Australia, 2002)..

El número de octano de las mezclas gasolina-etanol es mayor que el del combustible base, lo que mejora la capacidad antidetonante de la mezcla como se menciona en Niven R. (2005) y Faiz A y Weaver C (1996)

Condiciones para el Desarrollo de la Prueba.

1. El motor fue evaluado constantemente hasta alcanzar su punto de operación normal, el cual se logró en 6.000 km o 100 horas funcionamiento.
2. La prueba se realizó en la ciudad de Bogotá (presión atmosférica: 75 kPa y altura: 2.650 msnm) (Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>) siguiendo las directrices de la norma NTC 1930.
3. La mariposa de aceleración se ajustó a la posición completamente abierta.
4. Las pruebas se hicieron a las siguientes velocidades de rotación del motor: 2000, 3000, 3500, 4000, 4500, 4600, 4700, 4800, 4900, 5000 [rpm].
5. Al iniciar cada prueba se permitía el calentamiento del motor durante 20 minutos.

Propiedad	E0	E10	Diferencia porcentual E10 vs E0
Poder Calorífico [MJ/kg]	44,971	42,561	-5,66
Densidad absoluta [kg/m ³]	738,7	739,8	0,15
Agua [% en peso]	0,000	0,042	100
Presión de Vapor RVP [kPa]	60.0	65.7	8,7%

Tabla 3. Especificaciones de los combustibles.



6. Antes de realizar una prueba con una nueva mezcla de combustible se consumía todo el combustible remanente en el sistema de alimentación del motor.
7. Para cada mezcla se realizaron tres réplicas de la prueba.
8. En cada prueba se midieron las siguientes variables:
 - a. Velocidad de giro del motor.
 - b. Temperatura en la admisión.
 - c. Flujo másico de aire.
 - d. Flujo másico de combustible.
 - e. Torque.
 - f. Relación de aire-combustible
 - g. Temperatura del líquido refrigerante.
 - h. Emisiones reguladas: HC, CO₂, CO, NOx, y O₂.

Resultados

Línea base

Debido a que la prueba se desarrolló en una condición atmosférica diferente de la condición estándar, se hizo necesario identificar nuevamente los parámetros principales de operación del motor, los cuales se muestran en la Tabla 4.

Parámetro	Valor en Bogotá	Valor condiciones estándar	Diferencia porcentual Bogotá vs. Estándar
Torque máximo	6,61 kgf * m @ 3.000 rpm.	7,6 kgf * m @ 3.200 rpm.	-14,9
Potencia máxima	27kW (36 HP)@ 4.700 rpm	33kW (44 HP) @ 5.300 rpm	-22,22

Tabla 4. Parámetros de operación del motor funcionando en Bogotá.

Como era de esperar los valores de potencia y torque máximo se redujeron por la disminución en la presión atmosférica a la altura de la ciudad de Bogotá.

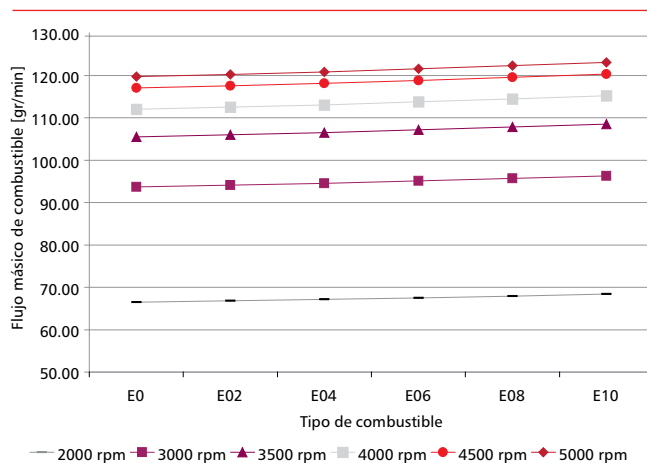


Figura 1. Efecto del tipo de combustible en el consumo de combustible.

En la Figura 1 se puede observar la tasa de consumo de combustible, la cual para todas las velocidades del motor va aumentando a medida que se hace mayor el contenido de etanol en la mezcla. El consumo de combustible es un 2.3% más alto con la mezcla de E10, en promedio, cuando se hace la comparación con la mezcla E0, para todas las velocidades consideradas. La razón principal para que se presente este fenómeno es que el poder calorífico inferior de la mezcla disminuye a medida que el contenido de etanol aumenta, por lo que mantener la potencia al freno constante, requiere de un suministro más alto de combustible al motor. Estos resultados coinciden con los reportados por Patzek T(2003), Kortum D (1997), Shapiro E (2006), American Coalition for Ethanol (2005) Durbin T (2006) Ragazzi R (1999).

Torque y Potencia.

El comportamiento de estos dos parámetros se puede observar en la Figura 2 y Figura 3. Ambos disminuyen muy poco y se puede decir que permanecen casi constantes, ya que el cambio promedio entre E0 y E10 es de -0.4% para el torque y de -0.7% para la potencia. Este resultado se puede explicar como una mezcla de dos situaciones que se están presentando en el motor: la primera tiene que ver con el mayor consumo de combustible que aporta una cantidad adicional de energía; y la segunda situación se desprende del mayor calor de vaporización de la mezcla (Horta 2004, Shapiro E 2006, Yücesu y Topgül 2006) a medida que aumenta la cantidad de etanol, este factor hace que la temperatura y la presión al final del proceso de combustión sean ligeramente mayores.

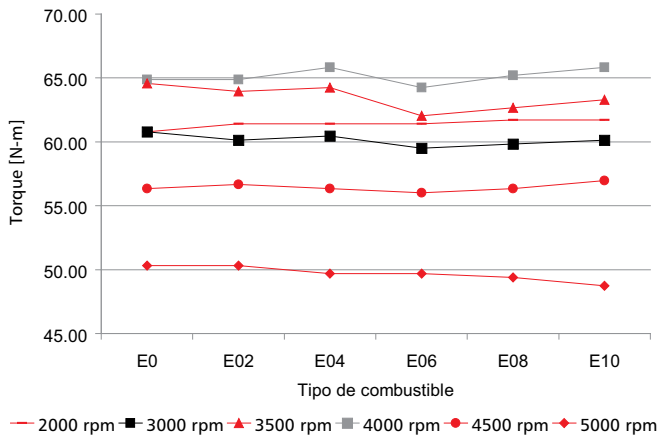


Figura 2. Torque para diferentes mezclas de gasolina y etanol.

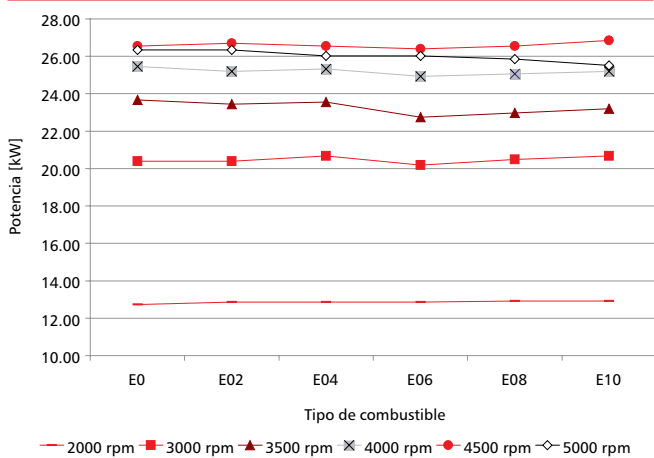


Figura 3. Potencia para diferentes mezclas de gasolina y etanol.

Emisiones Gaseosas.

En la Figura 4, Figura 5, Figura 6 y Figura 7 se pueden observar los cambios en las emisiones a medida que el contenido de etanol en la mezcla aumenta. El CO disminuye gracias a la mayor relación aire-combustible presente, este cambio es opuesto al aumento en el CO2 que indica que una mayor cantidad de combustible se está quemando. Esto ocurre principalmente por el aporte adicional de oxígenos desde el combustible y por el mayor calor latente de vaporización, el cual está relacionado con una mayor velocidad de llama durante el proceso de combustión. La reducción en la emisión

de CO coincide con lo reportado por Patzek T. (2003) Horta (2004) Hammel-Smith (2002) yy [18].

Los hidrocarburos sin quemar (HC) presentan un comportamiento similar al del CO. Sin embargo, para esta emisión es importante anotar que de acuerdo con Pouloupoulos S. G., y Samaras D. P (2001) y He B. et al (2001), el contenido de etanol sin quemar en el escape aumenta proporcionalmente con el aumento de etanol en la mezcla, y no pudo ser detectado durante las pruebas debido al equipo utilizado (Wu C et al 2004). Lo anterior indica que la emisión de hidrocarburos sin quemar (incluyendo el etanol) puede ser mayor de lo que se muestra en la Figura 6. Estos resultados son similares a los consignados en Hammel-Smith et al (2002), Environment Australia (2002), Crary B (2000) y [10] y [18].

Por último en la Figura 7 se muestra la variación en la emisión de NOx. Este parámetro aumenta con el mayor contenido de etanol en la mezcla. El aumento entre E0 y E10 es de 16.5%, lo cual coincide con, y está causado por, el aumento de temperatura en la cámara de combustión mencionado previamente. Resultados semejantes son reportados por Patzek T (2003), Horta L. (2004), Environment Australia (2002) y [18].

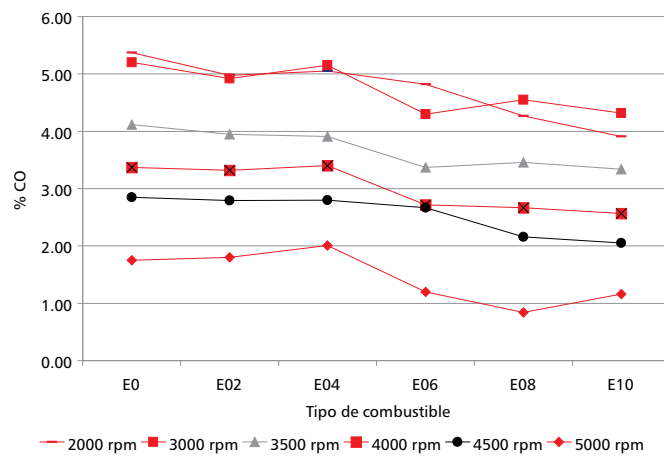


Figura 4. Emisión de CO para diferentes mezclas de gasolina y etanol.

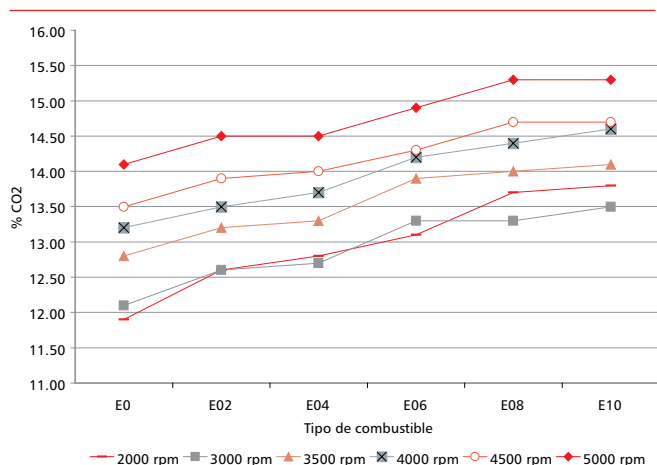


Figura 5. Emisión de CO₂ para diferentes mezclas de gasolina y etanol.

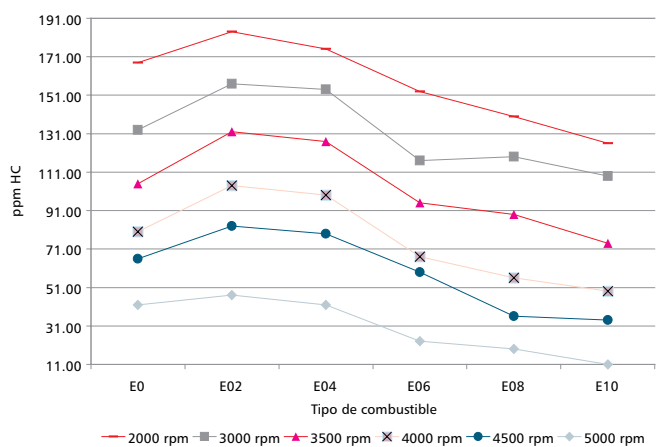


Figura 6. Emisión de HC para diferentes mezclas de gasolina y etanol.

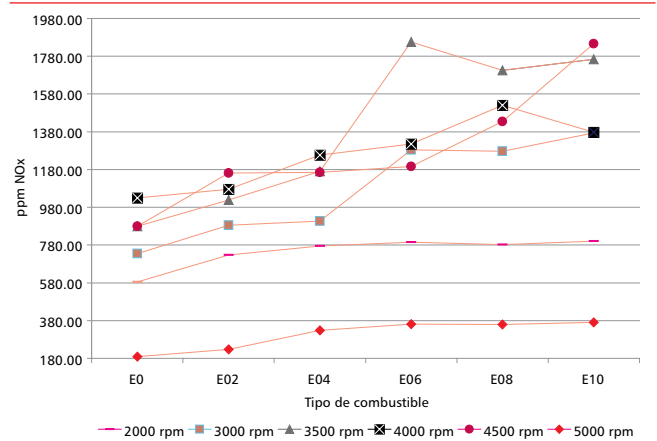


Figura 7. Emisión de NOx para diferentes mezclas de gaso-

lina y etanol.

BIODIESEL Y DERIVADOS DEL ACEITE DE PALMA COMO COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

Procedimiento experimental

Motores y Equipos.

Los experimentos se realizaron sobre un bus de la Universidad Nacional de Colombia, con motor diesel de inyección directa. Las características del motor se indican en la Tabla

Modelo	Chevrolet b-70 diesel, año 2000
Motor	
Marca	Caterpillar 3116
Posición	Longitudinal
Alimentación	Turbocargado
Desplazamiento	6.6lt
Número de cilindros	6 En línea
Diámetro por carrera	104.9x127mm
Potencia bruta (sae)	185hp @ 2600rpm (137.95kw @ 2600rpm)
Potencia neta (sae)	182hp @ 2600rpm (135.72kw @ 2600rpm)
Torque bruto (sae)	520lb-ft @ 1560rpm (705.02n-m @ 1560rpm)
Torque neto (sae)	514lb-ft @ 1560rpm (696.89n-m @ 1560rpm)
Revoluciones máximas	2600rpm
Relación de compresión	18:1
Combustible	Acpm
Potencia de retardo	120hp @ 2600rpm (89.48kw @ 2600rpm)
Pesos	
Peso vacío adelante	2370kg aprox.
Peso vacío atrás	1800kg aprox.
Peso vacío total	4170kg aprox.
Capacidad de carga	8530kg (incluyendo carrocería)



El vehículo se ubicó en un dinamómetro de chasis ubicado en el complejo industrial del Sur, perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. En la Foto 2 se muestra (parte izquierda) el vehículo usado y (parte derecha) la ubicación del eje trasero del vehículo a los rodillos del banco.



Foto 2 Vehículo de la Universidad Nacional de Colombia ubicado en el chasis dinamométrico del SENA

Los datos se recolectan mediante el software MDSP 7000 el cual controla el dinamómetro, en la Foto 3 se muestra el banco de adquisición de datos.



Foto 3 Montaje para la adquisición de datos

Las pruebas de torque y potencia se realizaron mediante la prueba de velocidad constante incluida en el software. Esta prueba consiste en llevar el vehículo (el cual está totalmente acelerado) a una velocidad específica graduando la carga necesaria para lograr esto. Se tomaron intervalos de 10KPH para cada marcha los cuales fueron definidos en las pruebas preliminares, con una duración de 15 segundos por cada velocidad para permitir una estabilización.

Las emisiones fueron evaluadas midiendo emisiones gaseosas (Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno), opacidad de humos bajo la norma SAE 1677 (única reglamentación colombiana para la

medición de emisiones de motores diesel) y recolección de material particulado mediante filtrado.

El opacímetro usado tiene las siguientes características:

Opacímetro	
Tipo	De flujo parcial LCS
Adquisición de datos	Computador-software especializado
Mediciones	Sonda de opacidad
	Sonda de temperatura de aceite
	Medidor de RPM

Tabla 5. Especificaciones Opacímetro.

El analizador de gases tiene las siguientes características

Analizador de gases	
Modelo	Bacharach 300
Adquisición de datos	Impresora-displays
Mediciones	Sonda con sensores electroquímicos
Monóxido de carbono (co)	0 A 3000 ppm
Óxidos de nitrógeno (nox)	0 A 2000 ppm
Oxígeno (o ₂)	0 A 25 %
Dióxido de azufre (so ₂)	0 A 2000 ppm
Temperatura de gases	0 A 1093°C

Tabla 6. Especificaciones Analizador de Gases.

Combustible

Tres diferentes combustibles fueron utilizados, esteres etílicos de aceite de palma, aceite refinado blanqueado y deodorizado – RBD- y oleina de palma. Los porcentajes usados fueron veinte por ciento. En la Tabla 7 y 8 se muestran los porcentajes usados y algunas propiedades de las mezclas.



Combustible	Diesel (% en volumen)	Porcentaje de biocombustible
Diesel	100	-
Mezcla 1 (biodiesel)	80	20
Mezcla 2 (rbd)	80	20
Mezcla 3 (oleina)	80	20

Tabla 7. Mezclas biocombustibles - diesel utilizadas.

Propiedad	Combustible			
	Diesel	1	2	3
Gravedad específica	0,843	0,844	0,849	0,853
Viscosidad (cSt)	3,1	3,4 45	4,440	4,040
Punto de nube (°C)	0	6	6	6
Punto de fluidez (°C)	-12	-21	-21	-21
Punto de flama (°C)	70	70	72	72
Punto de combustión (°C)	86	90	82	89

Tabla 8. Algunas propiedades de las Mezclas

Resultados

Potencia

En términos generales la potencia no se ve afectada por la utilización de biocombustibles hasta en un veinte por ciento en volumen. En la Figura 8 se observa el promedio obtenido para cada una de las mezclas, y por supuesto, el combustible diesel como referencia. Los valores fluctuaron entre 98.2 y 96 kW para tercera marcha, 106.2 y 108.8 kW para cuarta marcha y 100.8 y 103.4 kW para quinta marcha. El poder calorífico de los biocombustibles es muy parecido al del diesel petroquímico y es por esta razón que la potencia no varía en forma sensible.

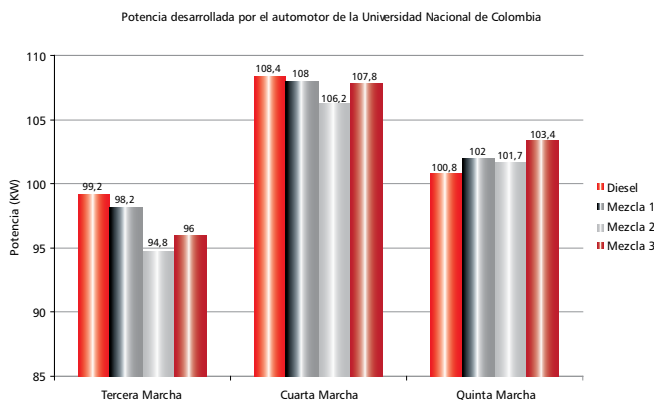


Figura 8. Potencia desarrollada por el vehículo.

Emisiones

Colombia, desde hace varios años, adoptó la opacidad como único control de la contaminación de motores diesel. La opacidad es un método bastante impreciso para evaluar la cantidad de hollín proveniente de la combustión de los motores diesel. Ante la falta de reglamentación clara por parte de las unidades ambientales colombianas frente a esta clase de mediciones, se adoptó la norma internacional SAE 1667. Para cada ensayo se realizaron 6 pruebas, las primeras tres se descartaron, tal como lo indica el procedimiento SAE y se promedió el valor de las últimas tres. Los resultados se presentan en la Figura 9. Este ensayo es estático en aceleración libre, esto es, el vehículo no se somete a ninguna carga dinámica y depende en esencia de la repetitibilidad que pueda reproducir el operario. Solo como referencia, se puede indicar que la opacidad de humos disminuye considerablemente mediante el uso de biocombustibles en referencia al uso del diesel.

Como método preciso para determinar la cantidad de material particulado emitido por los motores cuando usaban las diferentes mezclas, se implementó la utilización de los filtros de partículas. Inicialmente se pesan los filtros en una balanza con precisión de cinco dígitos, se calientan para retirarles la humedad durante 24 horas a 220 c, se enfrían en un desecador durante otras 24 horas y se usan. El procedimiento después de ser utilizados consiste estabilizarlos durante 24 horas en el desecado, pesarlos y finalmente determinar la diferencia de pesos. Este resultado se muestra en la Figura 10. La reducción de material particulado del biodiesel es prácticamente imperceptible, de 20.6 a 19 microgramos por metro cúbico de gases. Para el caso de la Oleina hubo un incremento de 11 a 13 microgramos por metro cúbico y para el RBD se presentó la mayor reducción desde 9.9 hasta 8.1 microgramos por metro cúbico.

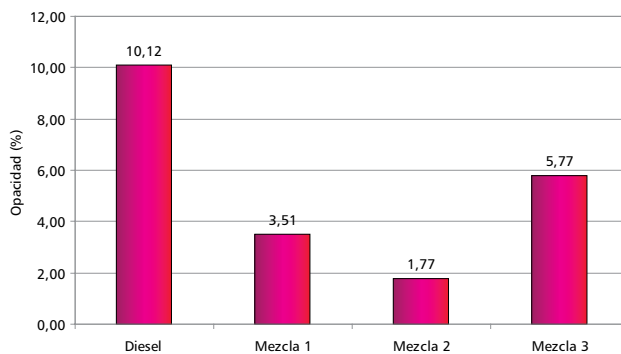


Figura 9. Opacidad de Humos.

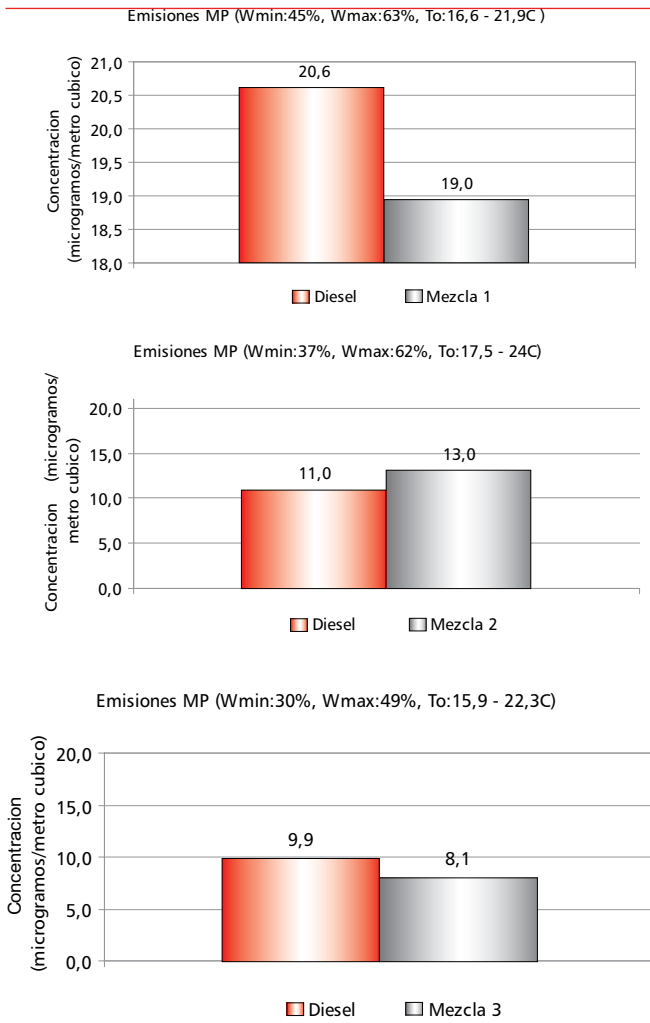
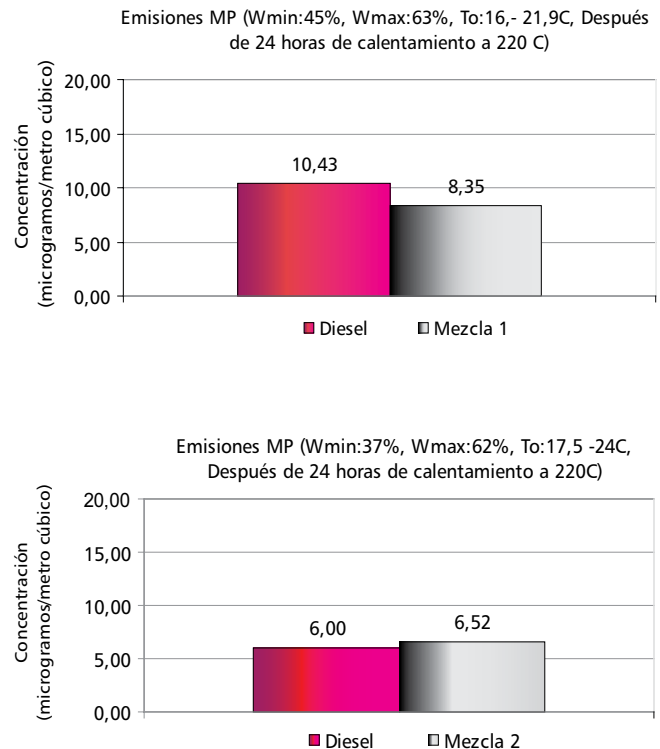


Figura 10. Recolección de Material Particulado.

Este comportamiento indica que la reducción de material particulado (hollín) es mínima cuando se usa biocombustibles. El material particulado presentará mayores reducciones con el mejoramiento de la calidad del diesel colombiano. El uso de un diesel de 1.200 partes por millón de azufre es el principal causante de la contaminación por motores diesel en las ciudades colombianas. Dentro de una combustión, el azufre presente en el combustible inhibe el proceso de combustión del carbono y oxígeno para formar dióxido de carbono, al igual que el hidrógeno y oxígeno para formar agua. Esto ha sido ampliamente estudiado por Acevedo (2005).

Por otro lado, uno de los problemas estudiados en el uso de biocombustibles para motores diesel es el material volátil con el que quedan las partículas. Esta volatilidad afecta directamente a las personas al nivel

de las calles. La cantidad de material volátil con el que quedan las partículas fue estudiado. En la Figura 11 se presenta los resultados de la volatilidad de las partículas emitidas usando las mezclas. En referencia al biodiesel, es claro que las partículas presentan mayor cantidad de material volátil que el diesel. Para el aceite RBD el material volátil es menor, y para la oleína es mayor. Para el biodiesel era de esperarse este comportamiento. El biodiesel presenta un alcohol ligero, en este caso etanol, básicamente el proceso de producción de biodiesel denominado transesterificación, que consiste en reemplazar un alcohol contenido dentro del aceite de palma, por otro más liviano, en este caso el etanol. Y la volatilidad tiene mucho que ver con el tipo de alcohol que se este quemando. Ahora bien, el aceite RDB es un aceite neutro (acidez muy baja) de tipo comestible que contiene el mismo alcohol que el aceite de palma, pues no se ha retirado este. Como consecuencia de esto, este alcohol (el contenido dentro del aceite de palma) no tiene la volatilidad tan alta como lo tiene el etanol (usando en el biodiesel). Finalmente, en el caso de la oleína, la cual es la fracción líquida del aceite de palma, estudios posteriores intentarán dar la explicación de este incremento de la volatilidad.



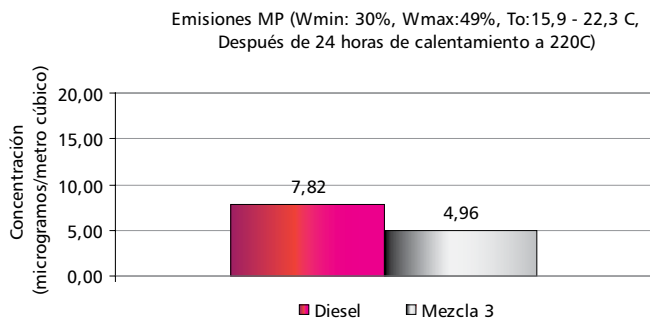


Figura 11. Recolección de Material Particulado.

Finalmente, las emisiones no reguladas para motores diesel fueron estudiadas. Como gran diferencia, el uso de biocombustibles para motores diesel muestra que existe un incremento en los óxidos de nitrógeno. Comparado con diesel (97), para el biodiesel incrementa hasta 99, RBD hasta 101 y oleína hasta 108. Por otro lado, existe una fuerte reducción en las emisiones de monóxido de carbono, desde 843 hasta 671. Sin embargo, es de anotar, que estos valores son despreciables para los motores diesel. El monóxido de carbono no es un contaminante principal para esta clase de motores. Los dos más importantes son el material particulado y los óxidos de nitrógeno. Como referencia se midió el consumo, sin embargo se muestra constante.

CONCLUSIONES

Biocombustibles Motores a Gasolina.

Al utilizar mezclas de gasolina-etanol en motores de combustión interna se pueden obtener parámetros de funcionamiento similares a los que el motor obtendría funcionando con gasolina.

El consumo de combustible aumenta con el mayor contenido de etanol en la mezcla para mantener la potencia y el torque constantes con respecto a E0.

La temperatura de funcionamiento del motor aumenta con el mayor contenido de etanol en la mezcla, aumentando de esta forma las emisiones de NOx. La mayor temperatura dentro del motor puede causar problemas a aquellos vehículos que posean equipos con una edad mayor a 10 años o a aquellos vehículos cuyo sistema de refrigeración es mecánico (Acevedo H 2005).

Emisiones Gaseosas y Consumo de Combustible en Aceleración Libre

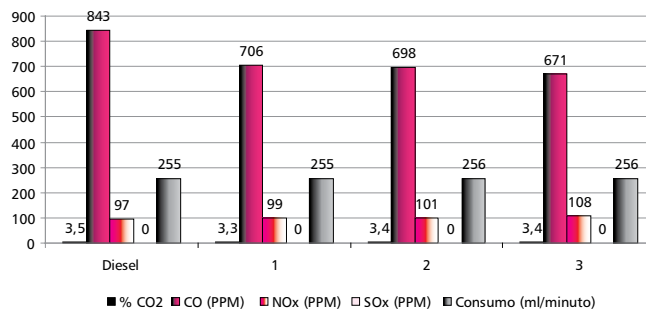


Figura 12. Recolección de Material Particulado.

Las emisiones de CO y HC disminuyen 29% y 39% respectivamente cuando se compara el funcionamiento del motor entre E10 y E0.

Los resultados muestran que la introducción del etanol en Colombia debe ser un proceso moderado, si bien en el tema de emisiones representa una mejora, con excepción del NOx, es importante mencionar que su implantación afecta la economía de los usuarios de vehículos automotores debido al aumento en el consumo de combustible y a la posible disminución de la vida útil del motor por tener una temperatura de funcionamiento mayor.

También es importante recalcar que para una ciudad como Bogotá, la cual está en el tercer puesto de contaminación entre las capitales latinoamericanas, un aumento del consumo de combustible de su parque automotor a gasolina se verá fuertemente reflejado en la cantidad de gases emitidos al aire, acrecentando los problemas como generación de ozono atmosférico, gases de efecto invernadero y smog² atmosférico, entre otros.

Biocombustibles Motores Diesel

La reducción de azufre en el diesel representará una mejora ambiental más significativa que la aditivación del diesel con combustibles alternativos hasta el 20 por ciento en volumen.

En general, para los tres combustibles alternativos, no existe reducción de material particulado, principal problema ambiental de las capitales colombianas.

2 Smog: Palabras combinadas del idioma inglés smoke (humo) + fog (neblina).



El uso de biodiesel y oleína aumenta el material volátil de las partículas.

El uso de RBD no influye en la volatilidad de las partículas.

Estos combustibles alternativos pueden ser usados como auxiliares para el reciente incremento de los precios internacionales de los combustibles fósiles. Sin embargo, la definición de los precios de los biocombustibles fue decretada por el gobierno atada a los precios internacionales del petróleo y

del aceite de palma, razón por la cual, no habrá reducción, o por lo menos estabilización, de estos precios a corto plazo, ya que el aceite de palma y el petróleo se encuentran en una escalada constante y no se prevé una estabilización.

Hasta mezclas del veinte por ciento, no es necesaria la producción de biodiesel. La mezcla de aceite refinado RBD con el diesel petrolero, presenta mejores resultados ambientales que el uso de biodiesel de palma.

REFERENCIAS

Patzek T. CE24. Ethanol from corn: clean renewable fuel for the future, or drain our resources and pockets?. Submitted to Environment, Development and Sustainability. 2003.

Horta L. Perspectivas de un programa de biocombustibles en América Central. Naciones Unidas-Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). 2004.

Kortum D., Haslett L., Beard L., Liechty K., Coryell M., Bruner C. Interagency Assessment on Oxygenated Fuels. Chapter 3: Fuel economy and engine performance issues. United States National Science and Technology Council Committee on Environment and Natural Resources. 1997.

Orbital Engine Company. A literature review based assessment on the impacts of a 10% and 20% ethanol gasoline fuel blend on non-automotive engines. Environment Australia. 2002.

Shapiro E. Roundtable on ethanol fuel: automaker view. SCAQMD. 2006.

Hammel-Smith C., Fang J., Powders M., Aabakken J. Issues associated with the use of higher ethanol blends. National Renewable Energy Laboratory. 2002.

Torres J., Molina D., Pinto C., Rueda F. Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas. Ciencia, Tecnología y Futuro. Vol. 2 Núm. 3. 2002.

Environment Australia. Setting the ethanol limits in petrol. Commonwealth of Australia. 2002.

Haskew H., Liberty T., McClement D. Fuel permeation from automotive systems: E0, E6, E10, E85. Coordinating Research Council. 2006.

Crary B. Effects of ethanol on emissions of gasoline LDVs. Toyota Motor Corporation. 2000.

Niven R. Ethanol in gasoline: environmental impacts and sustainability review article. Renewable and Sustainable Energy Review 9 535-555. 2005.

Faiz A., Weaver C. Air pollution from motor vehicles: Standards and technology for controlling emissions. The World Bank. 1996

Disponible en: <http://www.ideam.gov.co>.

Norma Técnica Colombiana NTC 1930 - Vehículos automotores. Motores de combustión interna. Potencia neta. Instituto colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Bogotá, 2000. Equivalente ISO 1585.

American Coalition for Ethanol. Fuel economy study: comparing performance and costs of various ethanol blends and standard unleaded gasoline. American Coalition for Ethanol. 2005.

Durbin T., Miller J., Younglove T., Huai T., Cocker K. Effects of ethanol and volatility parameters on exhaust emissions. Coordinating Research Council. 2006.

Ragazzi R., Nelson K. The impact of a 10% ethanol blended fuel on the exhaust emissions of Tier 0 and Tier 1 Light Duty Gasoline Vehicles at 35 F. Mobile Sources Program-Air Pollution Control Division-Colorado Department of Public Health and Environment. 1999.

ND. Backgrounder on low levels gasoline blends containing ethanol (blends containing ethanol at concentrations up to 10% by volume). API--www.2006fuels.org/ethanol_files/. 2006.

Al-Hasan M. Effect of ethanol-unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emission. Energy Conversion and Management 44 1547-1561, 2003.

Holger M, Bernd N. Engine and vehicle concepts for methanol gasoline blends. SAE technical paper 831686, 1983.

Yücesu H., Topgül T. Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios. Applied Thermal Engineering 26 2272-2278. 2006.

Poulopoulos S. G., Samaras D. P., Philippopoulos C. J. Regulated and unregulated emissions from an internal combustion engine operating on ethanol-containing fuels. Atmospheric Environment 35 4399-4406, 2001.

He B., Shuai S., Wang J., He H. The effect of ethanol blended diesel fuels on emissions from a diesel engine. Atmospheric environment 37 4965-4971, 2003.

Wu C., Chen R., Pu J., Lin T. The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an SI engine using ethanol-gasoline blended fuels. Atmospheric Environment 38 7093-7100, 2004.

Acevedo H., Duque C., Galeano C., Mantilla J. Evaluación funcional en banco de un motor y sus sistemas asociados durante mil horas, operando con una mezcla de gasolina y alcohol carburante al 10% (E10). Informe Final ANDI. 2005.



CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN COLOMBIA

Observatorio Colombiano de Energía

Resumen:

Si bien existen críticas a los efectos que podría tener el uso masivo de biocombustibles en términos de seguridad alimentaria, lo cierto es que numerosos países, entre ellos Colombia, han decidido impulsar su producción no solo para consumo interno sino para la exportación a países desarrollados. Es necesario por tanto impulsar políticas en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías que hagan viable este reto al cual Colombia se le ha apuntado. El presente documento hace una revisión de los aspectos institucionales, energéticos, agrícolas, ambientales, industriales y tecnológicos que tienen relación con la utilización de biocombustibles en Colombia.

Palabras Clave:

Colombia, biocombustibles, investigación y desarrollo.

Abstract:

Although critics to the effects exist that could have the massive use of biocombustibles in terms of nourishing security, the certain thing is that numerous countries, among them Colombia, have decided to impel their production not only for internal consumption but for the export to developed countries. It is necessary therefore to impel political in investigation and development of new technologies that make viable east challenge at which Colombia has scored to him. The present document makes a revision of institutional, energy, agricultural, environmental, industrial and technological the aspects that have relation with the use of biocombustibles in Colombia.

Key Words:

Colombia, bio-fuels, , research and development.



Introducción

Una de las principales razones que ha impulsado el uso de biocombustibles en el mercado internacional es la ventaja que estos ofrecen en la reducción de la dependencia energética de combustibles no convencionales, sumado al interés de disminuir la contaminación ambiental, por la menor producción de desechos tóxicos frente a los que producen los combustibles fósiles. La escasez de petróleo en Colombia conllevó a que el Estado considerará indispensable y de interés nacional, aplicar medidas que fomentarán el uso de biocombustibles.

El Gobierno lista dentro de sus intereses la producción, distribución, utilización y consumo de bienes que lleven a racionalizar la economía y mejoren la calidad de vida de los habitantes, lo cual ha contextualizado la importancia que se le ha dado al tema de los nuevos combustibles. Esta situación se refleja en la promulgación de leyes que promueven la utilización obligatoria de biocombustibles en el territorio nacional.

El Congreso de la República expidió una ley, en la que se establece la obligatoriedad de usar etanol mezclado con gasolina corriente a partir de finales del año 2005. Adicionalmente, con el objetivo de brindar estímulos tributarios a la producción y uso del alcohol carburante, el Gobierno nacional establece exenciones de algunos impuestos a la componente de alcohol carburante del combustible comercializado, además de exenciones arancelarias para la importación de equipos requeridos para la construcción de las refinerías de alcohol y el mejoramiento de los cultivos. Así mismo, se establece una estructura de precios para la gasolina oxigenada tendientes a la estabilización de los productores de alcohol carburante.

Por otro lado, Colombia es el segundo productor de etanol de Latinoamérica siguiendo a Brasil; situación que se ha visto reflejada en ingresos significativos para miles de personas que sobreviven de la producción agrícola en el país. En consecuencia, el auge de los biocombustibles ha representado grandes expectativas e iniciativas de políticas de Gobierno en Colombia, país que ha sido y se prevé siga siendo líder en biocombustibles en la región.

Colombia también emitió una Reglamentación Técnica para la producción, comercialización y consumo de

alcoholes carburantes, con el fin de garantizar la seguridad en el uso del producto, la protección de la salud o seguridad humana, la protección del medio ambiente y la prevención de prácticas que puedan inducir a error a los consumidores.

Eje Institucional

“La prioridad del Gobierno nacional en materia de hidrocarburos es garantizar el abastecimiento en la materia, la competencia en los sectores de transporte, almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, la formación de precios de los energéticos mediante la adopción de esquemas de mercados y promover el desarrollo y la competencia en el mercado de biocombustibles”¹.

Bajo este contexto, el programa de biocombustibles fijado por el Gobierno se ha ido impulsando paulatinamente con la emisión de un marco legal, regulatorio y reglamentario, con lo que se ha concebido el uso desde el 2005 de la mezcla de gasolina con alcohol carburante en varias zonas del país. Las oportunidades que los biocombustibles han dado a la agricultura colombiana han sido el resultado de políticas razonables de Gobierno para la promoción de su uso en el país, impulsadas desde diferentes perspectivas de desarrollo nacional representadas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Ministerio de Protección Social, el Ministerio de Minas y Energía, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y el Ministerio de Transporte.

De esta manera, las diferentes entidades del Estado que tienen a su cargo el fortalecimiento de los biocombustibles, han venido divulgando las determinaciones que se han dado sobre la fijación y estructura de precios, que de manera general, como se mencionó anteriormente, se han diseñado para reflejar el costo de oportunidad de los distintos combustibles, y así se ha mantenido informados a los agentes involucrados.

Vale la pena destacar, la importante función que en todo esto ha desarrollado la Federación Nacional de Biocom-

¹ <http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf?opendatabase>



bustibles de Colombia, entidad de carácter privado, creada para “impulsar los proyectos de biocombustibles, promover las inversiones, servir de puente entre los inversionistas y los proyectos regionales, asesorar al Gobierno Nacional y a los gobiernos locales en las materias relacionadas, propender por la estabilidad jurídica del sector, atender los requerimientos de tecnologías para obtener mejores condiciones para los inversionistas, velar porque los precios de los biocombustibles sean competitivos con los de origen en el petróleo y buscar los mejores escenarios para que puedan incursionar los productores en el mercado internacional”². El papel adelantado por esta entidad, ha abierto espacios de discusión para los investigadores de nuevas tecnologías, los productores, los empresarios, los comercializadores mayoristas y minoristas, los gremios, los inversionistas, entre otros. Las siguientes son las leyes emitidas por el Congreso y la reglamentación dada por el Gobierno, que promueven el uso de biocombustibles en Colombia:

Tabla 1. Marco Legal Biocombustibles en Colombia

Ley / Resolución	Contenido
Ley 693 de Septiembre de 2001	Uso obligatorio de Alcoholes Carburantes.
Ley 788 de 2002	Exención de impuestos al Alcohol carburante que se mezcle con gasolinas
Ley 939 de Diciembre 2004	Biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel.
Res. No. 0447 de Abril de 2003	Calidad de Combustibles
Res. No. 1289 de 2005	Requisitos de calidad técnica y ambiental de los biocombustibles para uso en motores diesel.

Res. No. 18780 de Diciembre de 2005	Estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustibles para uso en motores diesel.
Decreto 2629 de Julio de 2007	Disposiciones para promover el uso de biocombustibles en el país.
Decreto 383 de 2007	Estímulos para la implementación de zonas francas
Res. No. 1565 de Diciembre de 2004	Calidad del Alcohol
Res. No. 180836 de Julio de 2003, 181335 de 2007 y 180212 de 2007	Estructura de Precios

Fuente: Elaboración Propia

Normatividad Técnica

Normas Técnicas Colombianas

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC -, bajo la responsabilidad del Comité Técnico 186 “Combustibles Líquidos, Alcoholes Carburantes y Biodiesel”, emitió las siguientes Normas Técnicas Colombianas - NTC - vigentes sobre el tema:

Alcohol carburante:

NTC 5308: Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado obtenido a partir de Biomasa, para mezclar con Gasolinas Motor, empleado como combustible en vehículos con Motores de Combustión Interna de Encendido por Chispa.

NTC 5389: Etanol Anhidro Desnaturalizado y su mezcla con gasolina motor. Almacenamiento.

NTC 5414: Etanol Anhidro Desnaturalizado. Transporte.

Biodiesel:

NTC 5444: Biodiesel para uso en motores diesel. Especificaciones.

2 www.fedebiocombustibles.com/procesoac.htm



Aspectos organizacionales

Desde el punto de vista de las entidades que ejecutan y definen la política en materia de biocombustibles están:

Ministerio de Minas y Energía: Define la política de penetración de los biocombustibles y los precios de venta en todas las etapas de la cadena de producción y comercialización. Define las normas de calidad de los productos y regula las actividades de la cadena productiva.

Unidad de Planeación Minero Energética: Es una unidad autónoma adscrita al Ministerio de Minas y Energía. Apoya al Ministerio con los análisis económicos y energéticos y con la elaboración de los planes para la promoción de fuentes energéticas económica y ambientalmente sostenibles.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Define las políticas en materia ambiental para el uso de energéticos en Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Define las políticas en materia de cultivos y promoción de especies aptas para el desarrollo agroindustrial.

Eje Energético

Según la (Federación Nacional de Biocombustibles, b, 2007), para Colombia es muy importante la producción de alcohol carburante por las siguientes razones:

Disminución de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Mitigar la crisis de los hidrocarburos

Generar más y mejor empleo rural

Estabilizar el negocio panelero, hoy en crisis

Estabilizar el precio del azúcar

Y en cuanto al biodiesel (Federación Nacional de Biocombustibles, a, 2007):

Disminución de la dependencia energética, la cual que surge de las compras de diesel que hace a otros países, requiriendo con ello una salida de divisas importante para el país;

Desarrollo del campo colombiano, el uso de biodiesel derivado de aceites vegetales no solo permite la sostenibilidad del empleo ya creado por las siembras realizadas en los últimos cinco años, sino que adicional a ello el requerimiento de nuevas áreas sembradas requerirá de mano de obra adicional, permitiendo un mayor número de empleos en el campo

Mejoría ambiental, el biodiesel tiene un impacto positivo al medio ambiente por ser un producto renovable, biodegradable y por tener menores emisiones de gases efecto invernadero en comparación con los combustibles diesel.

En lo que respecta al eje energético, los biocombustibles en Colombia han empezado a aliviar la crisis de los hidrocarburos, causada por el pronosticado desabastecimiento de petróleo en un futuro muy cercano en caso de no encontrar reservas importantes, aproximadamente cinco años, situación que obligará a importar los hidrocarburos que se necesiten como mínimo para mantener el desarrollo actual del país. De allí, el gran interés que el Gobierno Nacional le ha venido dando al programa de biocombustibles en Colombia.

Consumo, demanda y producción de biocombustibles

Etanol

La principal materia prima para la producción de biocombustibles en Colombia es la caña de azúcar, no obstante, otros productos como la yuca, la remolacha y la melaza también se encuentran disponibles. Como se muestra en el Eje Agrícola, Colombia cuenta con grandes cultivos de caña y según publicaciones del Gobierno colombiano, el país ya tiene destinadas 6 millones de hectáreas listas para cultivar (incluyendo los productos para producción de Biodiesel) sin que afecten los bosques nativos y sin sustituir cultivos destinados para consumo humano, esto con el fin de satisfacer la demanda en aumento de biocombustibles (Proexport Colombia, 2007). La siguiente tabla muestra el número de hectáreas cultivadas por producto que se suponen para los próximos años. Para el 2020 se esperan 175.000 hectáreas adicionales para la producción de etanol, en su mayoría provenientes de cultivos de caña de azúcar y yuca.



Tabla2. Área por materia prima para producción de etanol (2006-2020)

Cultivo	2006	2010	2015	2020	2006 2020
Caña de azúcar	37.000	72.000	72.000	72.000	35.000
Yuca	3.000	34.000	70.000	100.000	97.000
Melaza	0	43.000	43.000	43.000	43.000
Total	40.000	148.000	185.000	215.000	175.000

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2007).

También se espera que crezca la producción de etanol, según datos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural en el 2020 se producirán 3'798.163 litros diarios de etanol, 2'920.081 litros más de lo que se producían en el 2006.

Tabla 3. Producción de etanol por materia prima (2006-2020)

Cultivo	2006	2010	2015	2020	2006 2020
Caña de azúcar	858.082	1.469.863	1.469.863	1.469.863	611.781
Yuca	20.000	632.500	907.500	1.595.000	1.575.000
Melaza	0	733.300	733.300	733.300	733.300
Total	878.082	2.835.663	3.110.663	3.798.163	2.920.081

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Los Biocombustibles en Colombia.

De acuerdo con estadísticas de la Federación Nacional de Biocombustibles, c, (2007, se espera que en el 2015 el consumo interno de etanol en Colombia esté alrededor de 4.410 miles de lts/día, más de tres veces el consumo actual, consecuencia del aumento del porcentaje obligatorio que se mezcla con gasolina, el cual se espera aumente para ese año a 25%. Para 2010 la oferta cubrirá eficientemente la demanda, lo que permitirá iniciar exportaciones de etanol a partir de esa fecha:

Tabla 4. Consumo y demanda etanol en Colombia

	2006	2010	2015	2020	2006 2020
Mezcla %	10	10	10	25	25
Consumo interno (miles de lts/día)	1.370	1.430	2.390	4.410	4.850
Destilerías	0	14	26	30	31

Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles, a

Biodiesel

El tema de Biodiesel ha cobrado gran importancia dentro del desarrollo energético nacional, sobre todo por la promoción que el Gobierno ha dado para los cultivos de palma de aceite, materia prima para la producción del Biodiesel, entre los que se listan las exenciones tributarias para la producción y comercialización para uso en motores diesel. Para el 2020 se esperan 703.259 hectáreas adicionales aproximadamente para la producción de Biodiesel, solamente debida a la palma de aceite. Así mismo, para el mismo año se espera una producción promedio de 3'383.892 litros diarios del producto.

Tabla 5. Área y producción de Biodiesel en Colombia

Hectáreas	2006	2010	2015	2020	2006 2020
Aceite de palma	293.037	443.037	664.377	996.296	703.259
Promedio litros/día	2066	2010	2015	2020	2006/ 2020
Aceite de palma	695.000	1.201.382	2.018.786	3.383.892	2.688.892

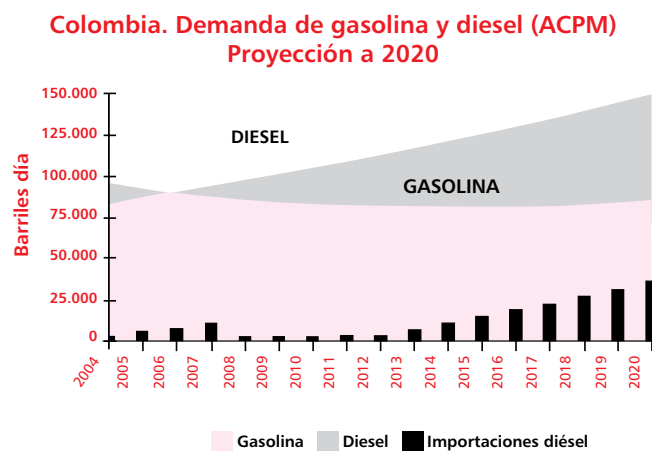
Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Los Biocombustibles en Colombia. (2007)

Según proyecciones de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la demanda de ACPM ha venido creciendo considerablemente en los últimos años hasta el punto de estar desplazando la utilización de la gasolina como combustible en el transporte de pasajeros y de carga, en consecuencia, se abre una nueva necesidad de buscar alternativas de suministro eficientes, como el Biodiesel, para la operación de motores diesel sin requerir ningún tipo de adaptación especial para utilizarlos.



Se prevé, como se muestra en la gráfica 1, que la demanda de diesel siga aumentando mientras la de la gasolina prácticamente en la misma proporción siga disminuyendo. Debido al comportamiento del ACPM en el territorio colombiano y a la obligatoriedad de la mezcla con 5% Biodiesel, también se prevén aumentos significativos en el consumo del Biodiesel, de 55.000 toneladas estimadas que se consumen en el 2007 se espera que en el 2010 se pase a 326.300 toneladas y a 389.500 toneladas en el 2015, equivalentes a aumentos de más del 500% con respecto al consumo actual.

Gráfica 1. Demanda de gasolina y diesel (ACPM)



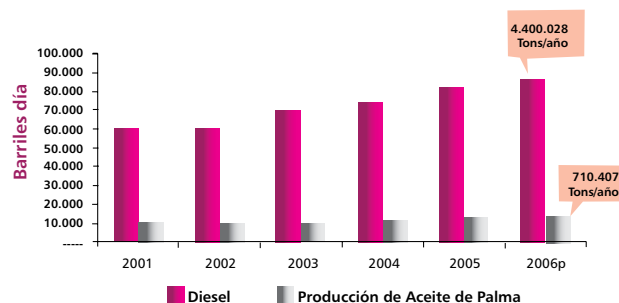
Fuente: UPME – Año 2005

Es posible también apreciar que las importaciones seguirán aumentando por el alto consumo versus la

producción nacional de biodiesel, que en Colombia está prácticamente representado en su totalidad con la producción de aceite de palma, una de las más grandes del planeta. La producción de aceite de palma equivale actualmente al 16,1% del consumo de diesel. Ver gráfica 2.

Gráfica 2- Producción de aceite de palma vs. Consumo local de diesel

Colombia. Producción de aceite de palma vs. consumo local de diesel



Fuente: Cálculos Fedepalma, (2007) De la palma de aceite se puede obtener hasta diez veces más aceite que otras fuentes (soya, colza y girasol). Colombia tiene más de 300.000 hectáreas sembradas en palma de aceite, lo que ha generado empleo permanente para más de 90.000 personas. La oferta disponible de aceite de palma ha ido aumentando paulatinamente, las perspectivas del producto dadas por Fedepalma esperan que la oferta disponible llegue a un 35,3% en el 2010.

Tabla 6. Perspectivas del mercado del aceite de palma

Año	Producción Nacional	Consumo para mercado tradicional	Consumo de Diesel en Colombia	Consumo para mercado biodiésel	Total consumo doméstico	Oferta disponible	% oferta disponible
2007	784.5	495.0		38.2	533.2	251.3	32.0
2008	922.5	507.4	4465.4	223.3	730.6	19.18	20.8
2009	1062.6	520.1	4626.1	231.3	751.4	311.2	29.3
2010	1193.8	533.1	4792.7	239.6	772.7	421.1	35.3

Fuente: Fedepalma, (2007)



En conclusión, la participación del alcohol carburante y del biodiesel en la canasta energética permitirá mitigar en forma importante la dependencia de los hidrocarburos y, por tanto desplazar en el tiempo la autosuficiencia energética del país.

Eje Agrícola

Los biocombustibles en Colombia han proporcionado mercados adicionales a los agricultores a precios internacionales que el país ha venido aprovechando. Esto ha sido consecuencia del programa de biocombustibles fijado por el Gobierno nacional, que aparte de querer oxigenar la gasolina de motor y sustituir los combustibles de origen fósil por otros renovables, pretendía de forma explícita la reactivación-reconversión de la agricultura colombiana. Esta situación se presenta a continuación:

Disponibilidad de recursos

La disponibilidad de las materias primas para biocombustibles está determinada por el rendimiento de los diferentes cultivos, factor determinante en el momento de decidir dónde invertir en este tipo de proyectos. Colombia, como se muestra adelante, proporciona un alto rendimiento en los cultivos de caña de azúcar, palma de aceite y yuca, lo cual la ha posicionado en los primeros lugares de productividad entre los países productores.

Etanol

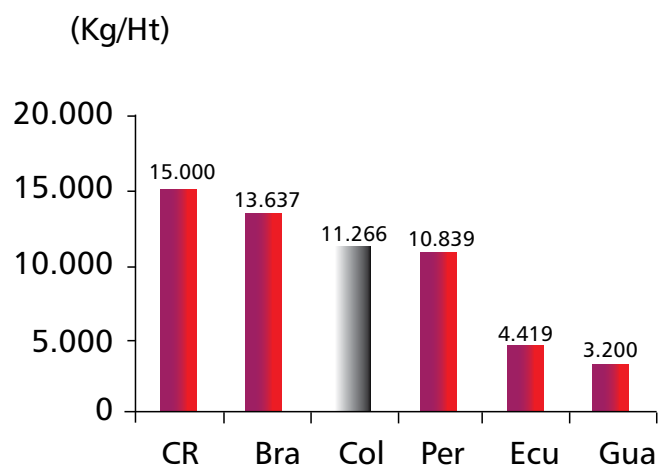
El alcohol carburante se puede producir a partir de cultivos como el maíz, la papa, la remolacha, la yuca, el sorgo y la caña de azúcar, se le asignan algunas ventajas como mejoramiento al medio ambiente y a la calidad de la gasolina. En Colombia se usa en mayor proporción la caña de azúcar siguiendo con la yuca, también se ha experimentado con el banano.

Los rendimientos de los cultivos de caña de azúcar en el país son muy altos, según la FAO para el 2005 Colombia alcanzó un rendimiento de 19745 kg/ha, cifra que es bastante superior si se compara con los rendimientos de Perú, Ecuador y Brasil, que llegan a 17272 kg/ha, 15020 kg/ha y 10000 kg/ha respectivamente. El clima colombiano es muy propicio para el cultivo del producto, permite que se coseche durante todo el año y es comparable solamente con Hawaii y la zona norte del Perú. Bajo este contexto, la caña de azúcar ha venido

cobrando gran importancia tanto en la actividad agrícola como económica de Colombia.

El siguiente producto en importancia que se utiliza para la producción de etanol es la yuca. El cultivo de yuca ha venido creciendo rápidamente en el país, de igual manera, la productividad de los cultivos ha mejorado sustancialmente cada año, a medida que se han venido implementado nuevas tecnologías de producción.

Gráfica 3
Rendimientos de yuca (2005)

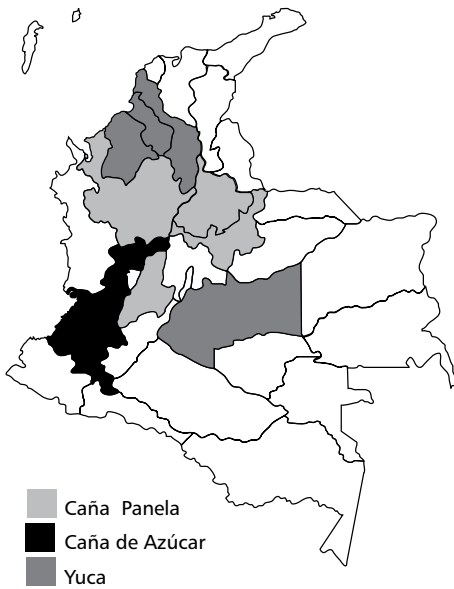


Fuente: FAO Stat, (2007)

La diversificación de climas en Colombia también la hace propicia para el cultivo de otros productos de los cuales se extrae el etanol, y adicionalmente muchas regiones cercanas a las ciudades donde ya se está utilizando la mezcla de la gasolina y el alcohol carburante son de iniciativa agropecuaria, y por lo tanto están favorecidas para la ubicación de destilerías de alcohol carburante. Algunas de esas regiones son: El altiplano cundiboyacense, La hoya del Río Suárez en los departamentos de Boyacá y Santander (a 150 Kilómetros de Bogotá), El Valle del Cauca, El Cesar, Huila, El Eje Cafetero, La zona de Vegachí en Antioquia, Villeta y Sasaima en Cundinamarca, Los Llanos Orientales, Nariño y Putumayo.



Gráfica 4. Regionalización del Etanol



Regionalización

Caña de Azúcar
1. Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Risaralda

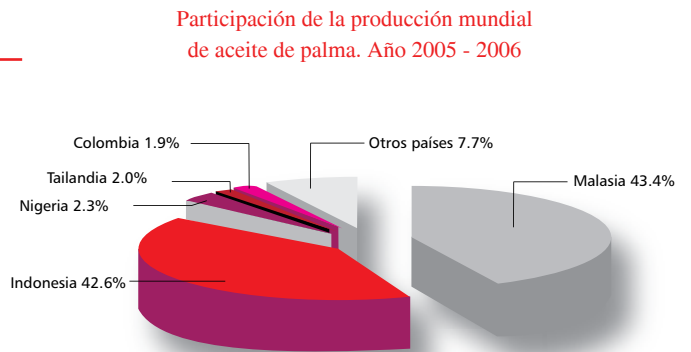
Caña Panela
1. Antioquia
2. Santander, Boyacá
3. Quindío, Tolima
4. Meta

Yuca
1. Bolívar, Córdoba, Sucre
2. Meta

Biodiesel

En cuanto al biodiesel, la principal materia prima es el aceite de palma, proveniente del cultivo de la palma de aceite, que es permanente y se cultiva en las zonas tropicales. Colombia es el quinto productor y exportador de aceite de palma en el mundo (cuarto en términos de rendimiento por hectárea), representa un 1,9% de la producción mundial después de Malasia, Indonesia, Nigeria y Tailandia (Ver Gráfica 6), y el primero en América Latina, Colombia produce un 35,9% del total de aceite de palma de Latinoamérica.

Gráfica 6. Participación de la producción de aceite de palma



Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles, a. (2007)

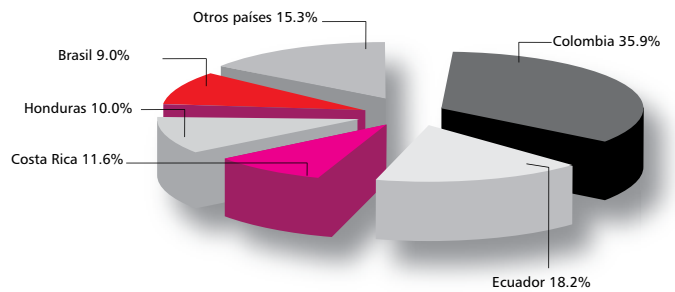
Colombia es el segundo productor de etanol en Latinoamérica con una producción de más de un millón de litros diarios, lo que ha descongestionado el mercado del azúcar en más de 500 mil toneladas y fortalecido la producción panelera nacional, con esto se han beneficiado más de 300 mil personas que sobreviven de la panela³.

Gráfica 5 Sector Azucarero Colombiano



Fuente: Asocaña, (2007)

Participación de la producción en América de aceite de palma. Año 2005 - 2006



Fuente: Oil World, (2007)

La producción de aceite de palma colombiano corresponde aproximadamente al 85% del total de aceites

3 Presidencia de la República de Colombia: Biocombustibles en Colombia.



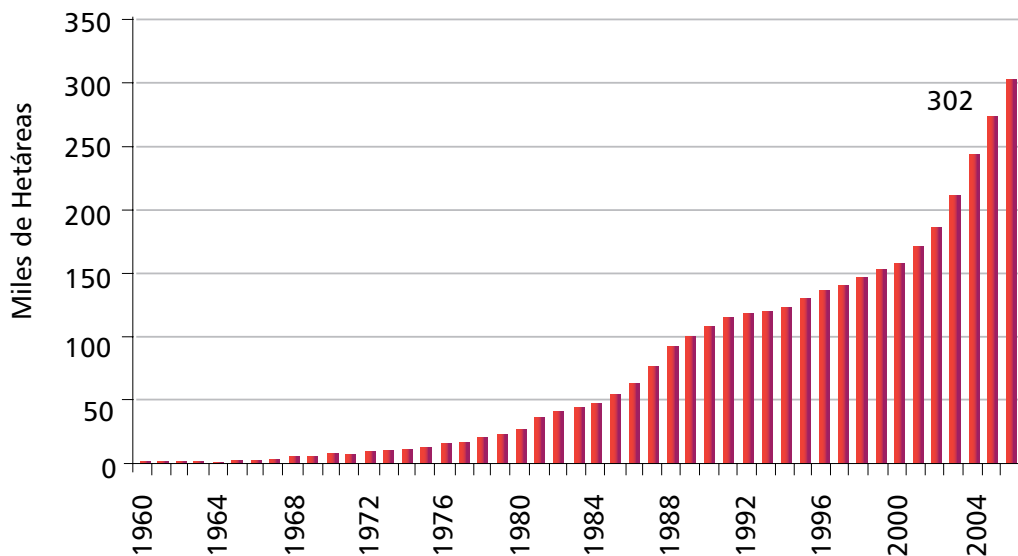
y grasas vegetales producidos en el país (Federación Nacional de Biocombustibles, a. El aceite de palma es de gran importancia en la composición de la producción de aceites y grasas en el país, en el escalón de producción el segundo lugar lo ocupa el aceite de soya con una producción de 7,8% del total de aceites y grasas nacionales.

Debido a la importancia que se le ha venido dando a los biocombustibles en los últimos año, y a los incentivos

del Gobierno para su producción, las áreas de siembra de palma de aceite a crecido drásticamente en la última década, situación que se muestra en la Gráfica 7. Esta situación ha generado de forma directa miles de empleos en las diferentes zonas del país donde se cultiva el producto.

Gráfica 7. Área total sembrada acumulada de palma de aceite

Fuente: Cálculo Fedepalma, (2007)



Proyección de producción de biocombustibles

Biodiesel

En Colombia se planean proyectos de producción de biodiesel de palma que exceden la demanda local de 5% de biodiesel en la mezcla (B5), todos orientados a obtener biodiesel de palma de alta calidad. La producción proyectada de aceite de palma prevé que la mezcla de biodiesel podría escalar hasta el 15% a partir del

2010. Para satisfacer la demanda del producto se han realizado varias inversiones, a continuación algunos proyectos:

Tabla 7. Plantas de producción de biodiesel en construcción



OBSERVATORIO Colombiano de Energía

No.	Región	Inversionista	Capacidad Tons/año	Capacidad Gal/año	Capacidad Lit/año	Fecha de entrada Año 2007
1	Norte	Oleoflores S.A	50.000	15.155.700	57.364.325	Marzo / Junio
2	Norte	Biocombustibles Sostenibles del Caribe S.A.	100.000	30.311.400	114.728.649	Septiembre
3	Norte	Odin Energy Santa Marta Corp.	36.000	10.912.104	41.302.314	Octubre
4	Oriental	Biocastilla S.A.	35.000	10.608.990	40.155.027	Noviembre
5	Oriental	Bio D S.A.	100.000	30.311.400	114.728.649	Diciembre
Capacidad de producción subtotal			321.000	97.299.594	368.278.963	

Fuente: Fedepalma, (2007)

Tabla 8. Plantas de producción de biodiesel en factibilidad

No.	Región	Inversionista	Capacidad Tons/año	Capacidad Gal/año	Capacidad Lit/año	Fecha de entrada Año 2007
6	Central	Extractoras de la zona centro Ecopetrol	100.000	30.311.400	114.728.649	Julio
7	Oriental	Aceites Manuelita S.A.	100.000	30.311.400	114.728.649	Agosto
8	Occidental	Biodiesel de Colombia S.A.	100.000	30.311.400	114.728.649	Agosto
9	Norte	Biocosta S.A.	100.000	30.311.400	114.728.649	Agosto
Capacidad de producción subtotal			400.000	121.245.600	458.914.596	
Total capacidad de producción subtotal			721.000	218.545.194	827.153.559	

Fuente: Fedepalma.(2007)

En el departamento de Cesar, a principios del presente año entró en operación una planta para producción de biodiesel con capacidad para procesar hasta 50 mil toneladas anuales de aceite de palma. Por otro lado, en la Costa Norte y en los Llanos Orientales, se ubican otras 4 plantas para producción de biodiesel con capacidad para procesar 265 mil toneladas anuales de aceite de palma.

Todos estos proyectos que han sido de iniciativa privada, demandarán 70 mil hectáreas adicionales de palma africana, y generarán más de 40 mil empleos nuevos en campo. Adicionalmente, ECOPETROL planea su negocio propio de biodiesel en el Magdalena Medio con una planta que procesará en el 2008 hasta 100 mil toneladas adicionales de aceite de palma. En este proyecto, en el cual están asociados otros inversionistas privados, se invertirán más de 20 millones de dólares.

Etanol

De acuerdo a comunicados del Ministerio de Comercio, Industria y Comercio, para satisfacer la demanda interna de etanol en un futuro cercano (5 años), se requerirán inversiones cercanas a los US\$ 400 millones, adicionales a los proyectos que se están desarrollando actualmente, entre los que se encuentran Incauca, Providencia, Manuelita, Mayagüez y Risaralda.

En el departamento de Sucre, se realizan los trabajos para una planta de etanol a partir de yuca, que se reflejará en 4 mil nuevos empleos directos en el campo que requieren para la siembra de más de 8 mil hectáreas del producto. Por otro lado, en Córdoba está en construcción una planta de etanol que cubrirá demanda en la Costa Atlántica calculada en 150.000 litros diarios de etanol.

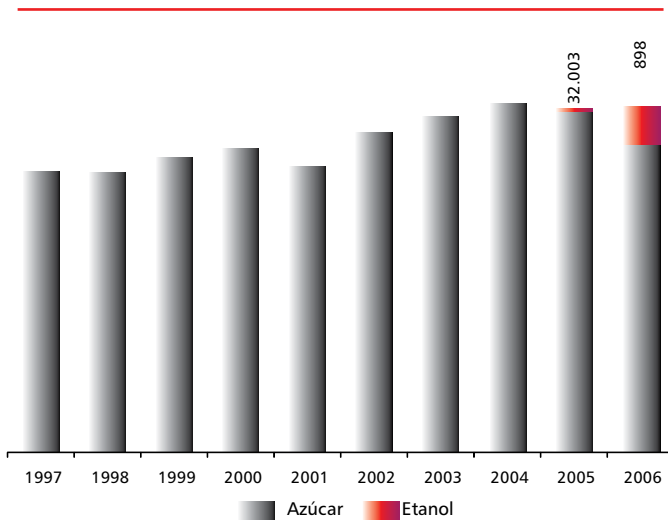
Eje Económico y Social

Entorno de los biocombustibles en la economía nacional

El Producto Interno Bruto (PIB) de Colombia se puede apreciar desde los diferentes sectores que participan en su crecimiento. El sector agropecuario registra un crecimiento casi del doble del año 2005 al 2006, y su participación es el 3,1% del total del PIB en el 2006.

A continuación se observa el comportamiento histórico de la producción de azúcar y etanol, del primer producto se puede decir que a partir de la entrada en vigencia de la legislación que obliga la mezcla de etanol con gasolina, a finales del 2005, su producción ha disminuido en la misma proporción que ha aumentado la producción de etanol

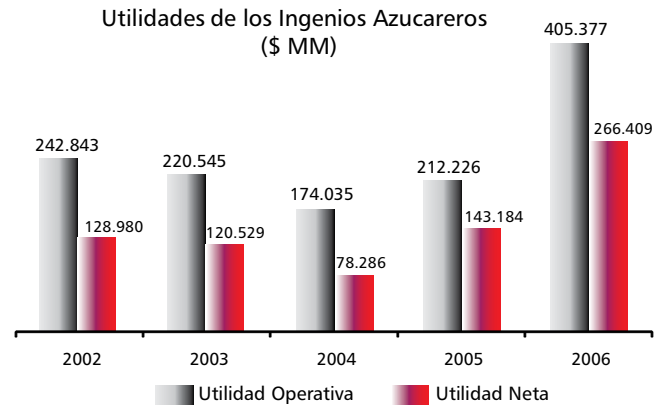
Gráfica 8 Producción de azúcar y etanol ((toneladas métricas equivalentes a azúcar crudo)



Fuente: Asocaña, (2007)

La incursión del biodiesel en la industria azucarera se ve reflejada en las utilidades que han obtenido los ingenios azucareros, en el último año, en el 2006, las utilidades operativa y neta han sido las más altas en los últimos años:

Gráfica 9. Utilidades de los Ingenios Azucareros



Fuente: Ingenios. Cálculos de Asocaña, (2007)

A Colombia le interesa disminuir la dependencia energética que surge de las compras de diesel que hace a otros países; su uso en mezclas mejora la calidad del diesel nacional y, a su vez, su producción desarrolla el campo colombiano permitiendo trabajo a más campesinos. Adicionalmente, el biocombustible es renovable, lo que significa que no se acaba, y es una materia prima para productos de mayor valor agregado.

Precios de referencia

El Gobierno colombiano, representado en este caso por el Ministerio de Minas y Energía, es el encargado de fijar los precios de los biocombustibles. Estos precios se determinan de acuerdo a los precios internacionales del azúcar, situación ventajosa para los productores del país quienes reducen su incertidumbre debido al hecho que pueden anticipar las condiciones del mercado.

“Cada primero de enero, se hacen los cálculos de los precios teniendo en cuenta la variación del índice de precios al productor y la devaluación de la moneda nacional” (4). Vale la pena resaltar, que el Gobierno ha advertido que el valor final de la gasolina oxigenada por ningún motivo podrá ser mayor al de la gasolina corriente, motivo por el cual se han venido haciendo algunos sacrificios fiscales, como la disminución en los recaudos por la exenciones a la porción de alcohol carburante que está mezclado con la gasolina corriente. Es

4 Federación Nacional de Biocombustibles, c, (2007). <http://www.fedebiocombustibles.com/articulo02.htm>

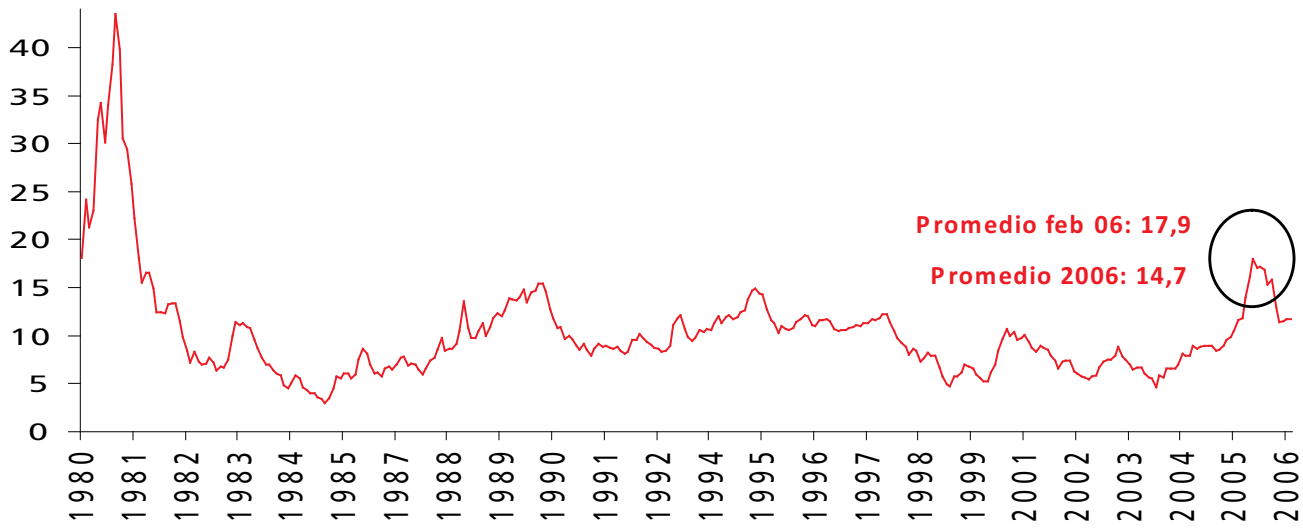


OBSERVATORIO Colombiano de Energía

de esperarse que los ingresos que origina la producción de los biocombustibles en diferentes regiones del país compensen el sacrificio fiscal del Gobierno, sumado a los ingresos que se puedan obtener con los llamados “certificados verdes” de reducción de emisiones que hoy en día resultan ser un beneficio económico a los portadores.

La grafica 10 muestra el precio internacional del azúcar crudo promedio mensual que se ha presentado desde 1980; no se puede ver que el precio del azúcar haya seguido un comportamiento similar cada año, por el contrario, hay volatilidad en los precios. Por ejemplo, en el 2006 el promedio se registró en 14,7 US\$cents/lb frente al 17,9 US\$cents/lb que se presentó en ese año en el mes de febrero.

Gráfica 10. Precio Internacional del Azúcar Crudo



Fuente: Asocaña, (2007)

Crecimiento económico y social

En el ámbito social, el cambio en la población y la industria ha sido drástico, una de las razones que motivó al Gobierno nacional a promover el alcohol carburante (Ley 693 de 2001) fue generar más y mejor empleo para fortalecer el desarrollo en las áreas rurales. Efectivamente la cantidad de empleos ha empezado a aumentar, se estima que para producir el etanol para suplir el 10% de la mezcla que la reglamentación dispuso, será necesario crear cerca de 170 mil nuevos empleos, que estarán distribuidos en casi todas las regiones deprimidas de Colombia (Federación Nacional de Biocombustibles, b), lo cual representa beneficio para más de cien familias, en especial de las zonas rurales.

Adicionalmente, vale la pena resaltar el aumento de la industria, se crearán empresas tanto pequeñas como de gran escala alrededor de los biocombustibles, y se prevé que aumenten los estudios en los distintos centros de investigación de las universidades concernientes al desarrollo de nuevas tecnologías que permitan el fortalecimiento de los biocombustibles en Colombia.

Con la apertura de la producción de etanol en Colombia, se ha descongestionado el mercado del azúcar y se ha afianzado el sector panelero, caracterizada históricamente por ser uno de los sectores más pobres de la economía nacional. La introducción de nuevas



variedades de caña de azúcar y sistemas de molienda permitirá que las dos industrias antes mencionadas actúen de manera semejante, ya que esto les permitirá a los trabajadores de campo de panela contar con una industria complementaria que le permitirá mejorar sus condiciones de vida.

Otras actividades que tanto el Gobierno como la industria han realizado para fortalecer el desarrollo social del sector agropecuario ha sido la realización de alianzas estratégicas con diferentes universidades, con el Ministerio de Educación, el SENA, el ISS, el ICBF, la red azucarera educativa, las Gobernaciones y las Corporaciones Regionales.

Seguridad Alimentaria

Un punto de vista del cuál no hemos hablado y que requiere sumo cuidado y especial atención es el de la seguridad alimentaria; Desde las Naciones Unidas, el Fondo Monetario Internacional y otras instituciones se alerta sobre los combustibles provenientes de la agricultura (particularmente para el caso colombiano los derivados de cultivos palma y caña de azúcar), los que en sentido estricto deberían ser llamados “agro-combustibles”, para tener siempre presente su origen en cultivos alimentarios, vitales para enfrentar problemas provenientes del hambre y la desnutrición en las sociedades o países donde se afrontan problemas de crisis por seguridad alimentaria.

Una de las principales razones que ha impulsado el uso de biocombustibles en el mercado mundial es la ventaja que éstos ofrecen en la reducción de la dependencia energética de combustibles no convencionales (petróleo y derivados), sumado al interés de disminuir la contaminación ambiental, por la menor producción de desechos tóxicos frente a los que producen los combustibles fósiles. La escasez de petróleo en Colombia conllevó a que el Estado considerará indispensable y de interés nacional, aplicar medidas que fomentarán el uso de biocombustibles.

Con estas señales, muchos países últimamente han ofrecido incentivos económicos y tributarios para su desarrollo a partir de productos agrícolas tales como la caña de azúcar, yuca, remolacha, palmas de aceite, soja y maíz, entre otros; mientras los empresarios encontraban una actividad exportadora rentable y prometedora, que además permitía ampliar los proyectos agrícolas,

generar empleo y mostrar una faceta amigable con el medio ambiente.

Muy pronto, se empezaron a ver las inestabilidades y secuelas que este tipo de actividades podría traer y que comprometería, en el mediano y largo plazo, no solo el medio ambiente de muchos de los países tropicales (incluido Colombia), afectando igualmente en el cambio climático global, sino también afectando la seguridad alimentaria y la estabilidad social y política en muchos países pobres, (como se ha visto en México, Bolivia e Indonesia por mencionar algunos) tal como nos lo han dado a conocer los principales medios de comunicación a nivel mundial. En Colombia se ha destacado la subida de precios en los alimentos, lo que acarrea una mayor inestabilidad en el abastecimiento alimentario en ciertas zonas del país.

Es probable que la gran demanda de biocombustibles tenga parte de la responsabilidad del aumento de los alimentos. No es cierto que tenga la responsabilidad de que la quinta parte de la población del mundo esté pasando hambre pero, la desmedida demanda de combustibles sí está alterando significativamente el escenario alimentario mundial donde la producción agrícola no alimenta ahora a humanos si no a automóviles.

El reemplazo del petróleo por etanol y biodiesel impulsado por Estados Unidos, China, India y Europa elevó durante el 2007 los precios de los productos agrícolas, con serias consecuencias para países con limitantes económicas para combatir el hambre, advierte la FAO (2007). Por ejemplo, el aumento en la producción de etanol disparó el valor monetario del maíz, que prácticamente se duplicó en ese año; De acuerdo con la FAO, es necesario crear un marco analítico que tenga en cuenta la diversidad de situaciones y necesidades específicas de los países de la región. La referida organización desarrolla una guía metodológica para que los países interesados en invertir en Bioenergía calculen el efecto de sus políticas entre sus poblaciones.

Eje Ambiental

Hoy en día, el uso no controlado de combustibles fósiles, el aumento de la población y por ende los niveles altos de crecimiento de la industrialización, han aumentado en los últimos años el nivel de gases de carbono emitidos a la atmósfera, y de esta manera se ha desencadenando



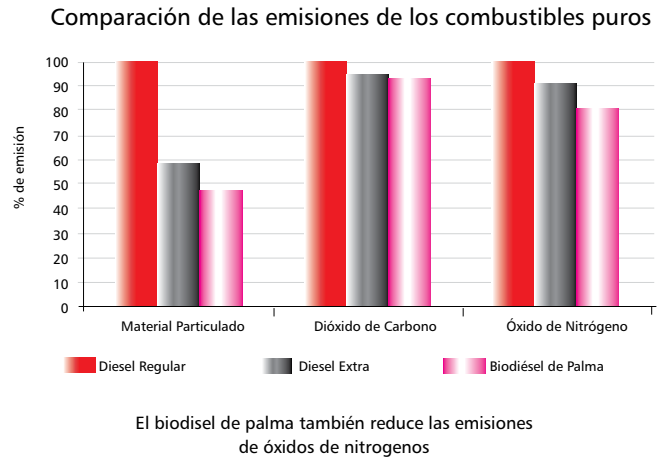
el llamado calentamiento global. Por esta razón, cobra aún más importancia el uso de combustibles que tienen un mínimo impacto sobre el medio ambiente, pues está comprobado que la combustión de 20 millones de toneladas de combustibles fósiles diarios es la principal causante del cambio climático por el que viene atravesando el planeta tierra, es necesario tomar medidas al respecto.

La molécula del alcohol etanol, C₂H₅OH, al quemar produce CO₂ y agua, menos CO que la gasolina y nada de los otros óxidos -como SO_x - que normalmente la acompañan (Federación Nacional de Biocombustibles, a). El ahorro de CO₂ con el programa de alcohol al 10% en la gasolina colombiana es de 6 millones de toneladas/año, el CO₂ que se produce por el uso del alcohol como combustible, es absorbido, en la misma cantidad, por los cultivos de donde se deriva. De igual forma, el biodiesel también reduce las emisiones nocivas al medio ambiente en comparación con los combustibles fósiles. En el caso concreto de Colombia, es decir, de la palma de aceite, el biodiesel producido de palma puro reduce las emisiones de material particulado, CO₂ y óxidos de nitrógeno – NO_x.

Colombia empezó a respaldar el uso de gasolinas oxigenadas para el mejoramiento de la combustión interna de los motores y la reducción de gases efecto invernadero, en especial el etanol de origen en la biomasa, principalmente de la caña de azúcar. Según la Federación Nacional de Biocombustibles, a, (2007), la mezcla de 10% de etanol con la gasolina, aprobada por el Gobierno, disminuye las emisiones de monóxido de carbono en carros nuevos en un 27% y en carros típicos colombianos de 7-8 años de uso 20%.

En términos generales, el medio ambiente se beneficiará en: Inversión ambiental, miles de millones has sido utilizados para el fortalecimiento de la industria de los biocombustibles: menor consumo de agua, disminución de emisiones nocivas, inversión en monitoreo de la calidad de aire, desarrollo limpio: Cogeneración y manejo y conservación del agua (cuencas hidrográficas).

Gráfica 11. Comparación de las emisiones de los combustibles puros



Fuente: Cenipalma, (2006)

Efectos de los biocombustibles sobre el parque automotor

Etanol

En el caso colombiano, tanto la gasolina corriente como la extra están actualmente compuestas con el mismo porcentaje de alcohol carburante, lo cual aumenta sus respectivos octanajes, sin embargo, la gasolina motor extra oxigenada seguirá experimentando un octanaje mayor que la gasolina motor corriente oxigenada. Si la mezcla de la biogasolina se compusiera de un 25% de etanol, la gasolina corriente alcanzaría un octanaje similar actual al de la gasolina extra, sin que esto le incurra al consumidor algún costo adicional. Para mejorar el desempeño de los vehículos, ya sean de inyección o de carburación, es aconsejable sincronizar el motor apenas se haya hecho la primera tanqueada con biogasolina.

Por otro lado, el alcohol carburante mejora significativamente la combustión de los motores, lo cual se ve reflejado en la disminución de emisiones al medio ambiente. Según estudios de CORPODIB, COLMOTORES y el Instituto Colombiano del Petróleo – ICP, quienes hicieron pruebas de comportamiento de motores usando en sus vehículos diferentes porcentajes de etanol, la reducción de emisiones de CO es mayor en vehículos de 7 a 8 años de uso que en los más modernos ya que ahora vienen diseñados con una mejor tecnología de combustión. La llamada “Biogasolina” se puede utili-



zar en los mismos equipos que utilizan gasolina convencional (plantas eléctricas, motores, entre otros); no obstante, la UPME aconseja consultar a los fabricantes de los motores sobre la certificación del uso del nuevo combustible para diferentes aplicaciones.

En otros países que han experimentado el uso de la biogasolina (Brasil, Estados Unidos, India, etc.) se ha comprobado que los motores de los vehículos que trabajan con gasolina convencional pueden quemar la gasolina oxigenada hasta con un 25% de alcohol etanol sin requerir ningún ajuste en ellos. Sin embargo, así como con la gasolina convencional, es necesario hacer mantenimiento a los automotores y revisar periódicamente el filtro de la gasolina y que el tanque del combustible no contenga agua, pues su presencia podría ocasionar corrosión en estructuras y la pérdida de combustible; de igual manera, se garantiza el adecuado funcionamiento de los vehículos siempre y cuando los motores utilicen partes originales.

Biodiesel

El biodiesel se puede utilizar sin ningún inconveniente en los motores de los vehículos nuevos, modelos del año 2000 en adelante, ya que desde la fecha vienen siendo fabricados para usar este tipo de biocombustible. En los vehículos de modelos anteriores se requiere cambiar los empaques del sistema de inyección por unos resistentes al biodiesel. Estos productos ya se comercializan en el mercado.

Dada la importancia que han cobrado los biocombustibles en Colombia, se han abierto espacios para las investigaciones y desarrollo tendientes al avance de la biotecnología, en su mayoría con financiamiento combinado de los sectores públicos y privados. Colombia

cuenta con varios centros de investigación tanto en las universidades como en las diferentes agremiaciones que encierran los cultivos de caña de azúcar, palma de aceite, entre otros.

A continuación se presentan los entes más importantes que lideran las investigaciones en biocombustibles en Colombia:

Académicos: *Universidad Nacional de Colombia*, que ha participado activamente en la formulación del Plan Nacional de Biocombustibles de Colombia y en la zonificación del país para la producción de materias primas para biocombustibles, actividad liderada por CORPODIB, institución mixta afiliada a la academia. *Universidad de Antioquia*, junto con la *Universidad Nacional de Colombia*, se encuentran desarrollando estudios de optimización de producción de biodiesel a través de la transesterificación con metanol de Tenera, un híbrido de la palma africana que se cultiva en el país y *COLCIENCIAS* que es el Instituto Colombiano para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, que gracias a los programas de cofinanciación con empresas (públicas o privadas) aprobados por el Gobierno, se están realizando diferentes investigaciones en varias universidades del país.

Empresas del Sector: *Interquim S.A.*, *ECOPETROL*, *Petrotesting*, que es la única refinería de etanol de yuca, realiza investigaciones en conjunto con el *CIAT* y *Colmotores*.

Agremiaciones y otros: *CENIPALMA*, *CENICANA*, *Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)*, *Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia*, *Instituto Colombiano Del Petróleo – ICP*.



Conclusiones

De manera general, el sector de los biocombustibles en Colombia se encuentra muy desarrollado y avanza hacia la creación de nuevos cultivos y fortalecimiento de la investigación y desarrollo. Tanto por la disponibilidad de los recursos de los cuales se obtienen los biocombustibles, como por las condiciones de demanda y fomento del

Gobierno, en Colombia se pueden listar varias ventajas para cada uno de los ejes temáticos analizados en el presente documento, todas de igual importancia, que la han hecho propicia para el mercado de los biocombustibles y que permiten seguir creciendo en el país:

Tabla 9. Resumen

Eje institucional	Incentivos del gobierno y marco legal avanzado. Estructura institucional definida
Eje energético	Abundancia y variedad de materias primas
Eje agrícola	Diversas regiones adecuadas para el cultivo a nivel nacional
Eje económico y social	Mercado interno garantizado, cultivos de alto rendimiento
Eje ambiental	Inversión ambiental para el fortalecimiento de la industria de los biocombustibles
Eje industrial	Establecimiento de normatividad técnica
Eje tecnológico	Interés continuo en Investigación y desarrollo

Colombia cuenta con un marco normativo y legal bastante avanzado, tratándose de poner casi al mismo nivel de desarrollo en biocombustibles que ha alcanzado Brasil, brindando grandes incentivos que permitan seguir la promoción del sector. Dos leyes han sido trascendentales para el fortalecimiento del mercado de los biocombustibles: la Ley 693 de 2001 y la Ley 939 de 2004, desde entonces una nueva era de combustibles se consolidó, sumado a los estímulos económicos que a ello proporciona el Protocolo de Kyoto y la dinámica de los precios internacionales del petróleo. No obstante a esta situación todavía existe la incertidumbre de qué tan viables y sustentables resultan estos combustibles, ya que esto depende de las condiciones de productividad y comercialización de productos agrícolas en Colombia.

En la Ley 693 de 2001, establecida por los Ministerios de Minas y Energía y el de Medio Ambiente, se determinan

las normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, además de otras disposiciones. Esta Ley se creó con el objetivo de promover la baja contaminación con el uso de combustibles que no perjudiquen el medio ambiente.

En la Ley 939 de 2004, establecida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel y otras disposiciones al respecto. Producto de las anteriores leyes y como se ha venido mencionado a lo largo del documento, desde el año 2005 en Bogotá D.C., Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Cartagena, Cali, Pereira, Popayán, Armenia y Manizales y sus áreas metropolitanas, se debe usar mezclas de combustible (90%) y Etanol (10%), pero se espera que en los próximos años



el porcentaje de etanol establecido se incrementa a 25% como en el caso de Brasil. En cuanto al biodiesel, actualmente con una mezcla del 5% con el ACPM se espera que el consumo aumente de 55.000 toneladas en 2007 a 389.500 toneladas en 2015.

De igual manera, la actual legislación establece grandes incentivos tributarios a los biocombustibles, a saber (PROEXPORT Colombia, 2007):

Exención de la renta líquida, por un término de diez años, contados partir del inicio de la producción entre el año 2003 y 2013, generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de tardío rendimiento en cacao, caucho, palma de aceite, cítricos, y frutales que tengan vocación exportadora.

Deducción del impuesto a la renta del 40% del valor de las inversiones realizadas sólo en activos fijos reales productivos adquiridos y la deducción del 10% de la renta líquida del contribuyente a la inversión nueva realizada en reforestación, en plantaciones de olivo, cacao, coco, palmas de aceites, caucho, frutales, en obras de riego y drenaje, en pozos profundos y silos.

Exención del Impuesto sobre las Ventas (IVA) y del impuesto global, respectivamente, al biocombustible de origen vegetal o animal de producción nacional, para uso en motores diesel con destino a la mezcla con ACPM. Servicios, operaciones y bienes excluidos de IVA:

El biocombustible de origen vegetal o animal para uso de motores diesel de producción nacional con destino a la mezcla con ACPM.

A las importaciones de materias primas e insumos originadas en programas especiales de importación exportación - Plan Vallejo cuando estas materias e insumos se incorporen en productos que van a ser posteriormente exportados.

Las importaciones ordinarias de maquinaria industrial que no se produzca en el país destinado a la transformación de materias primas, por parte de usuarios altamente exportadores ALTEX, con vigencia indefinida.

Sumado a esto, se estableció una ley de zonas francas, la cual dispone que un proyecto agroindustrial, que incluye proyectos de biocombustibles, que invierte mínimo US\$ 16.4 millones o crea 500 empleos puede ser elegible para beneficiarse con un impuesto sobre renta de 15%, el cual actualmente se ubica en 34%.

La discusión presente sobre alimentos y biocombustibles elude con su argumentación lo principal: el problema no está simplemente en qué se produce, sino en cómo se ajustan las ganancias. No es solamente si la tierra alcanza o no para todos los cultivos, el problema también es cómo se constituye y quién controla la distribución de la producción agrícola y sus ganancias. De esta manera los ingresos percibidos por la venta de biocombustibles generarán los recursos para que los agricultores (entre otros pobres) compren los alimentos.

Sin embargo, por alguna razón, los ingresos nunca llegan a los agricultores pobres, principal preocupación en el análisis de los debates. Los dineros van quedando a lo largo de la larga cadena de producción, distribución y consumo donde otros se apropian de las ganancias. Y éste es el verdadero “problema moral” y el auténtico “crimen contra la humanidad” del que hablan diversos autores.

Nuevas definiciones de política

El Gobierno nacional viene preparando un documento de política⁵ en el cual recomienda introducir algunas modificaciones a la política de precios de los biocombustibles. En particular plantea:

Según lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010, la implementación de una política encaminada a promover la formación de precios de los energéticos mediante la adopción de mecanismos de mercados en competencia.

Definir un esquema de regulación de precios que tome mercados de referencia donde se comercialicen estos bienes y sean representativos para la industria. Cuando no se disponga de esta referencia se recomienda utilizar el precio de los sustitutos comercializados en algún mercado relevante para la industria

5 Documento CONPES: Documento del Consejo Nacional de Política Económica y Social, organismo presidido por el Presidente de la República y en el cual participan los Ministros del área económica y social y que define políticas en esta materia.



OBSERVATORIO Colombiano de Energía

El Gobierno está dispuesto a definir otros incentivos que conduzcan a mejorar la productividad del proceso de producción

Definir de un período de transición para dar los incentivos.

Definición de una política de mezclas de los biocombustibles, para ello se recomienda crear una Comisión Intersectorial de Biocombustibles en Colombia.

Adelantar la planificación y ordenamiento de las zonas aptas para la ubicación de cultivos.

Garantizar el acceso de los biocombustibles nacionales en los mercados internacionales.

Incentivar los programas de investigación y Desarrollo para mejorar la eficiencia productiva de los biocombustibles.

Promover opciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el marco del Protocolo de Kyoto y de los mercados voluntarios de carbono.

Fortalecer la red vial secundaria para facilitar el desarrollo de los biocombustibles en el país.

Armonizar la Política Nacional de Biocombustibles con la política Nacional de Seguridad Alimentaria

Bibliografía

ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA. ASOCAÑA. (2007). Informe anual 2007 – 2008. Sector Azucarero Colombiano.

CENIPALMA, (2006) "Biodiesel, Una energía limpia del campo para Colombia", elaborado por el Programa de Usos Alternativos de Cenipalma y el Programa de Mercadeo y Promoción de Mercados de Fedepalma", Bogotá, Septiembre de 2006.

Congreso de la República de Colombia. "LEY 693 DE 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".

Congreso de la República de Colombia. "LEY 939 DE DICIEMBRE 30 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".

Congreso de la República de Colombia. "LEY 788 DE DICIEMBRE 27 DE 2002, Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.

Federación Nacional de Biocombustibles.(a) (2007) "ABC del Biodiesel". Disponible en: <http://www.fedebiocombustibles.com/abc-del-biodiesel.html>

Federación Nacional de Biocombustibles. (b). (2007) "Alcohol Carburante" Disponible en: www.fedebiocombustibles.com/procesoac.htm

Federación Nacional de Biocombustibles.(c) (2007) "El ABC de los Alcoholes Carburantes". Disponible en: <http://www.fedebiocombustibles.com/articulo02.htm>

Federación Nacional de Palmicultores. FEDEPALMA (2007). Anuario Estadístico 2007.

Ministerio de Minas y Energía. "Resolución 18 1780 DE DICIEMBRE 29 DE 2005, Por la cual se define la estructura de precios del ACPM mezclado con biocombustible para uso en

Ministerio de Minas y Energía. "Resolución 0447 del 29 de abril 14 de 2003 Por la cual se modifica la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995 que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna".

Ministerio de Minas y Energía. "Resolución 1829 del 7 de septiembre de 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 diésel de origen fósil en procesos de combustión.

Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural. "Biocombustibles en Colombia". Presidencia de la República de Colombia, Febrero 06 de 2007. Disponible en:

web.presidencia.gov.co/columnas/columnas215.htm Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, Andrés Felipe Arias Leiva. "Los Biocombustibles en Colombia", Agosto de 2007.OIL WORLD. (2007). Commodities statistics oil palm. <http://www.oilworld.biz/app.php>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO (2007). Estadísticas sobre alimentación y seguridad alimentaria. <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

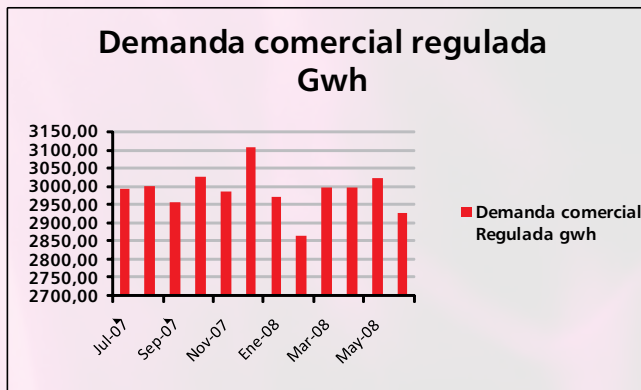
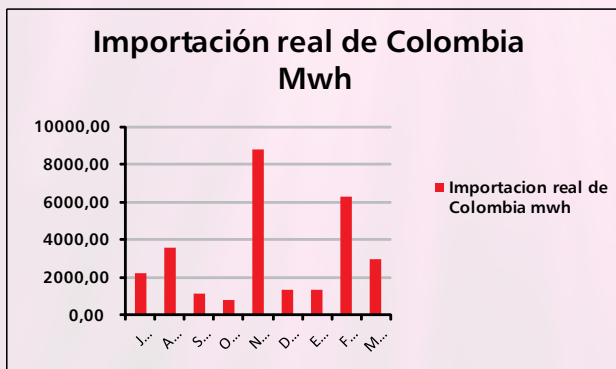
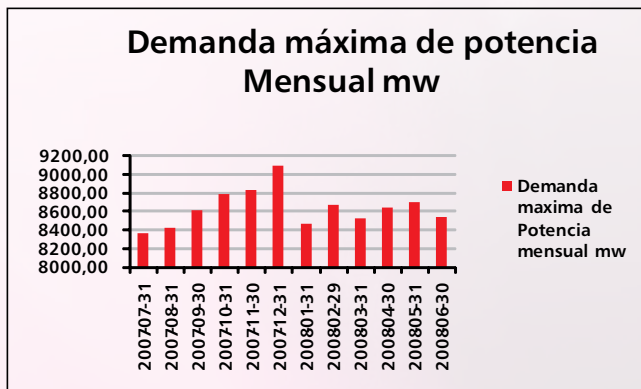
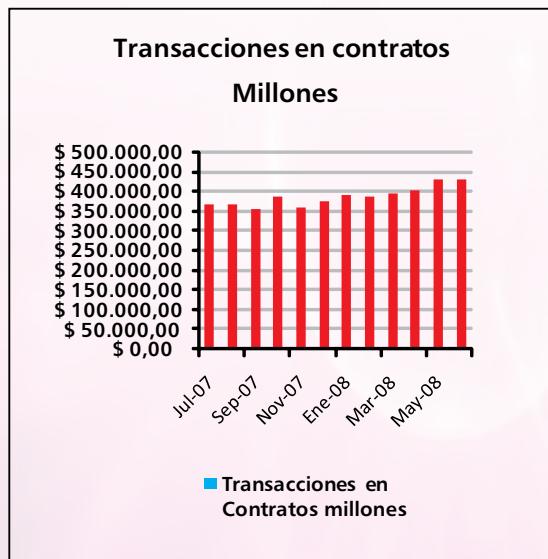
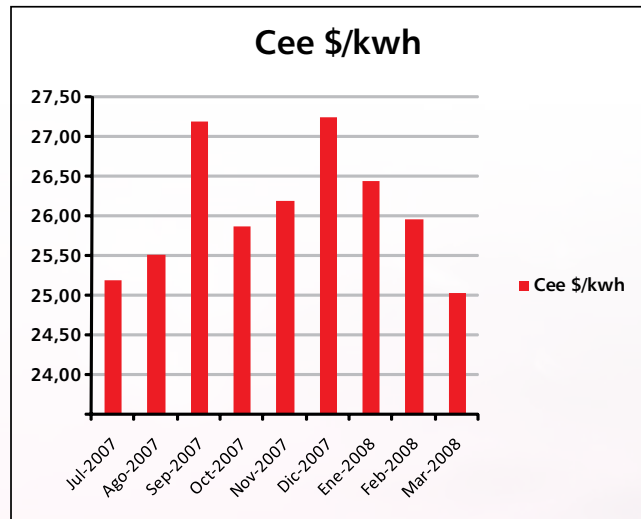
PROEXPORT COLOMBIA. (2007) Producción de Biocombustibles en Colombia. Desarrollos. <http://www.proexport.com.co/vbecontent/NewsDetail.asp?ID=6787&IDCompany=16>

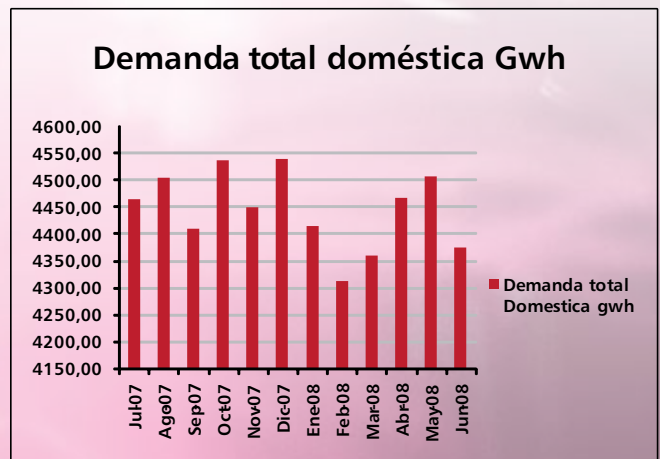
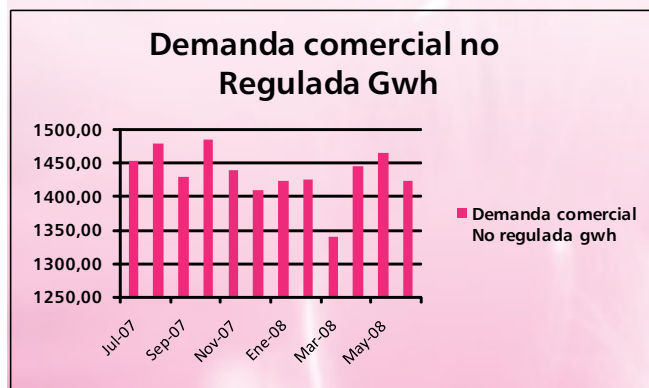
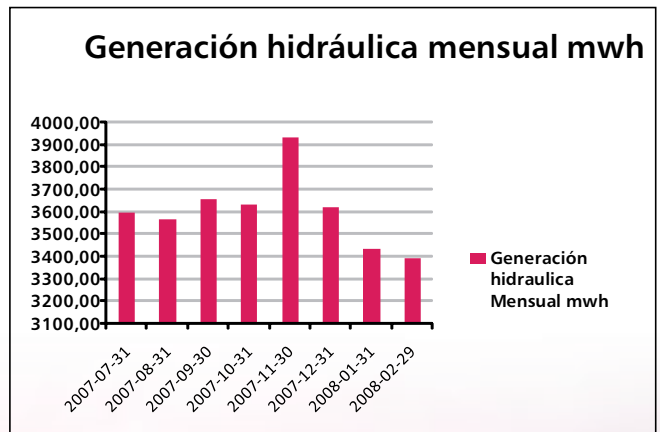
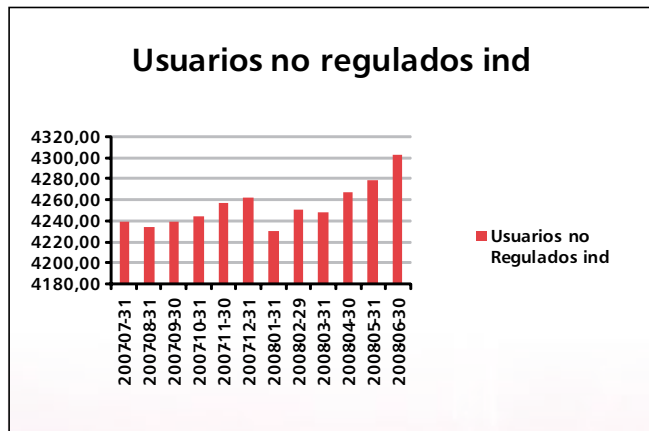
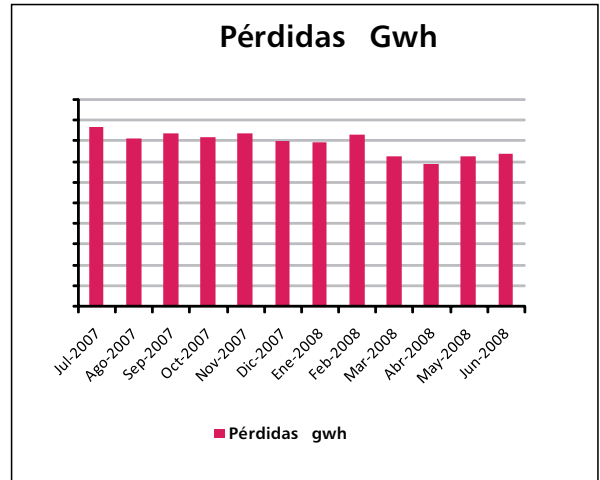
UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME (2005). Balance Minero – Energético 2005. República de Colombia.

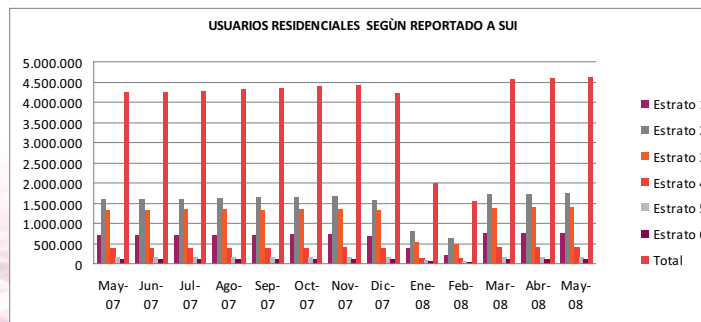
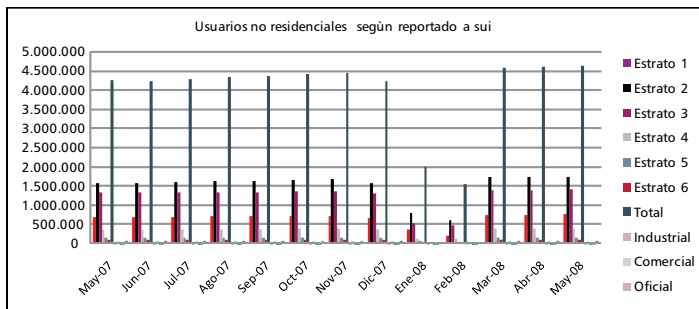
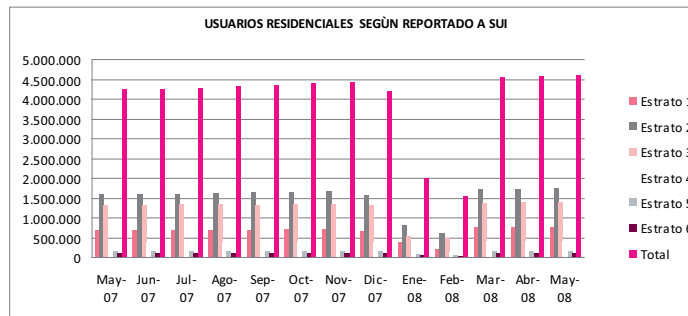
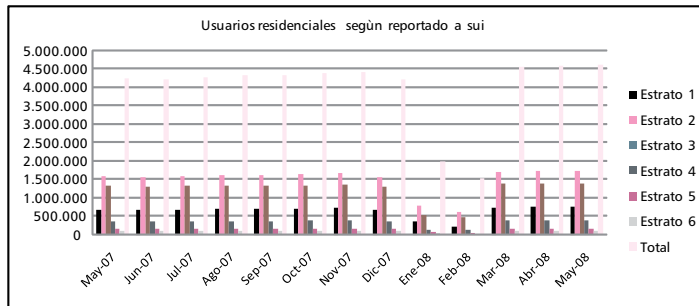
INDICADORES ENERGÉTICOS



Electricidad







Gas

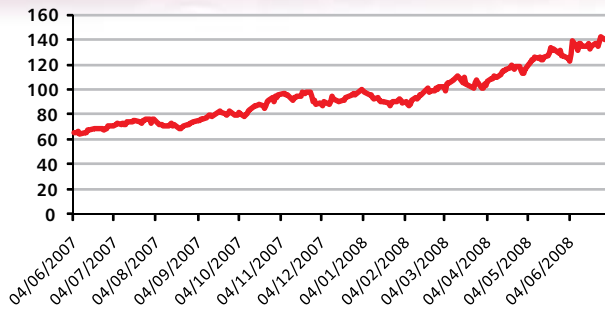
Gas

Gas

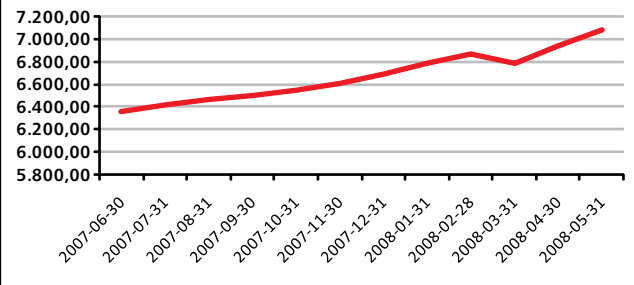


Petroleo

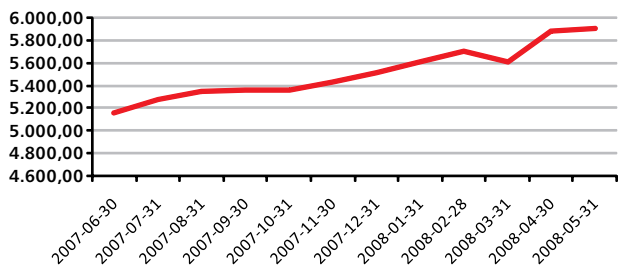
Precio Crudo WTI NYMEX USD/Barril



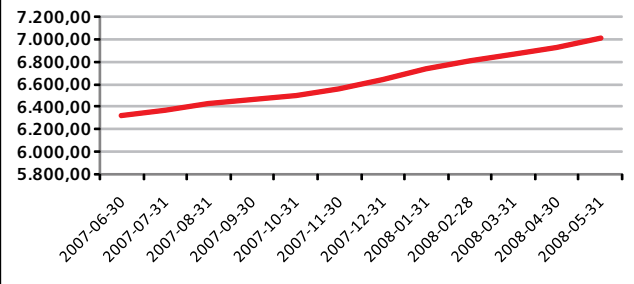
Precio Promedio Mensual Gasolina Corriente (Bta) \$ (Pesos)



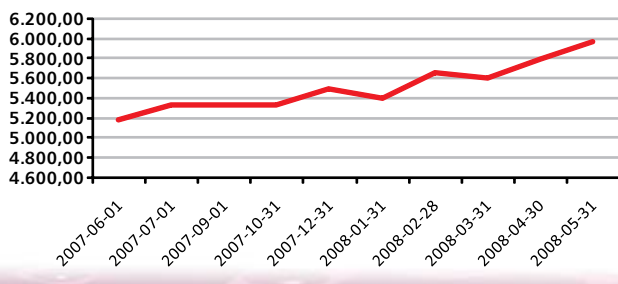
Precio Promedio Mensual ACPM - Bogotá \$ (Pesos)



Precio Resolucion Gasolina (Bogotá) \$ (Pesos)

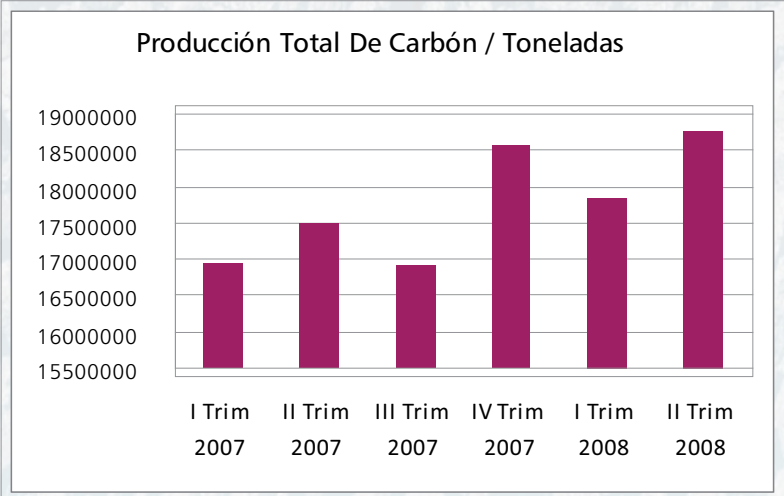
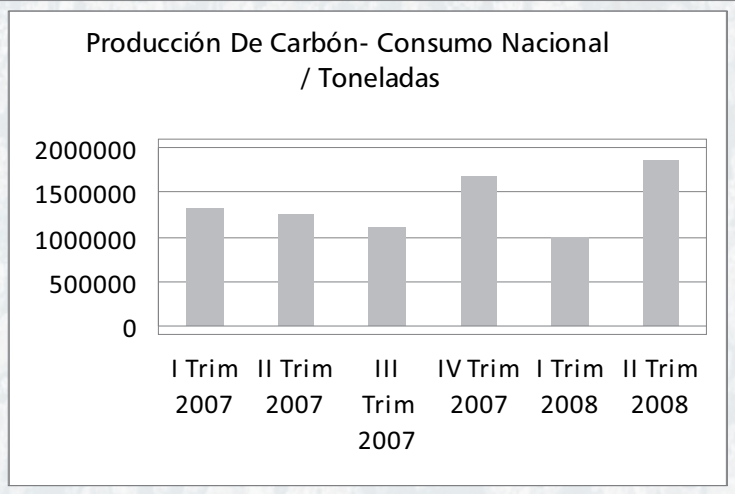
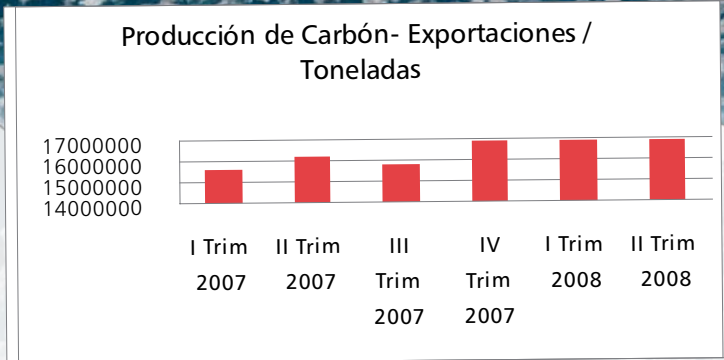


(Pesos)





Carbón





Pauta para autores

1. La Revista *Boletín del Observatorio Colombiano de Energía*, del Centro de Investigaciones para el Desarrollo, de la Universidad Nacional de Colombia, considerará para su publicación artículos de la siguiente tipología: de investigación científica y tecnológica, de reflexión, de revisión y cortos. También, reportes de caso, revisiones de temas, documentos de reflexión no derivados de investigación, análisis de coyuntura de autores nacionales o extranjeros en español, inglés y portugués y reseñas bibliográficas, cuyo objetivo sea aportar al avance del conocimiento de los subsectores energéticos. El Comité Editorial se reserva el derecho de realizar las modificaciones pertinentes.
2. Sólo se tendrán en cuenta para su publicación aquellos documentos que no hayan sido propuestos en otras revistas y cuya información sea 100% veraz.
3. El autor debe solicitar un formato de recepción de artículos, por correo electrónico o personalmente, el cual debe ser diligenciado y enviado junto con el artículo a obsce_bog@unal.edu.co. Éste formato se encuentra en <http://www.fce.unal.edu.co/oce/index.php>.
4. Los trabajos serán sometidos a arbitraje doblemente ciego y evaluados por dos árbitros designados por el comité editorial de acuerdo con los siguientes criterios: originalidad, calidad científica, rigor conceptual y metodológico, claridad y coherencia en la argumentación y en la exposición. Los conceptos de la evaluación se le entregarán o enviarán al autor.
5. La recepción de documentos se realiza durante todo el año y el tiempo de evaluación de éstos será de 30 días hábiles a partir de su recepción.
6. Los artículos deben incluir la clasificación JEL (Journal of Economic Literature). Esta clasificación se puede encontrar en: http://www.aeaweb.org/journal/jel_class_system.html.

NORMAS EDITORIALES

1. Los trabajos se deben presentar en formato de Word (texto) o Excel para PC (cuadros y gráficas). Pueden tener hasta 4000 palabras para documentos tipo 4.), 7.) y 8.) y hasta 7000 palabras para documentos tipo 1.), 2.), 3.), 5.) y 6.). Incluyendo notas, referencias bibliográficas y tablas.¹
2. El autor debe incluir los datos de su dirección postal, número de teléfono y correo electrónico. En la publicación únicamente aparecerá el correo electrónico.
3. El resumen en español y en una segunda lengua (portugués o inglés)² debe tener una extensión de máximo 100 palabras. Especificar máximo cuatro palabras clave en español. Las palabras clave deberán ir después del resumen.
4. El título del artículo debe ser explicativo y recoger la esencia del trabajo.
5. Las tablas deben tener un encabezamiento específicamente descriptivo, estar citadas en el texto, y las abreviaturas y símbolos explicados al pie de la tabla.
6. Se requiere que los cuadros, gráficos o mapas sean muy legibles, con las convenciones muy definidas. Cuando sean gráficas originadas en Excel, debe incluirse el archivo fuente de los datos.
7. Las referencias bibliográficas deben conservar el estilo autor–fecha, insertadas en el texto [López 1998], no como nota de pie de página. Cuando la referencia se hace textualmente, el número de la página de donde se tomó debe ir inmediatamente después de la fecha, separado por coma [López 1998, 52], si incluye varias páginas [López 1998,

1 Ver definición de tipologías al final del documento.

2 En caso de inhabilidad para escribir en un segundo idioma, el OCE se encargará de esta tarea



- 52-53,] y en caso de varios autores [López *et al.* 1998].
8. Las referencias bibliográficas deben ir al final del texto. La bibliografía debe limitarse a las fuentes citadas en el artículo, y estar ordenadas alfabéticamente por apellido. En caso de registrarse varias publicaciones de un mismo autor, ordenarlas cronológicamente en el orden en que fueron publicadas. Cuando un mismo autor tiene más de una publicación en un mismo año, se mantiene el orden cronológico, y se utilizan letras para diferenciar las referencias de ese mismo año [2001a].
 9. Cuando se usen fuentes de Internet, se debe mencionar el autor, si lo tiene, y la dirección de la página WEB consultada.
 10. Los encabezamientos de cada sección se escribirán en negritas, a la izquierda y en mayúscula sostenida.
 11. Los símbolos matemáticos deben ser muy claros y legibles. Los subíndices y superíndices deben estar correctamente ubicados.

Nota de Copy Right: Los artículos se pueden reproducir citando las fuentes correspondientes.

DEFINICIÓN TIPOLOGÍAS

1. *Artículo de investigación científica y tecnológica.* Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro partes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
2. *Artículo de reflexión.* Documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
3. *Artículo de revisión.* Documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo en ciencia o

tecnología, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de por lo menos 50 referencias.

4. *Artículo corto.* Documento breve que presenta resultados originales preliminares o parciales de una investigación científica o tecnológica, que por lo general requieren de una pronta difusión.
5. *Reporte de caso.* Documento que presenta los resultados de un estudio sobre una situación particular con el fin de dar a conocer las experiencias técnicas y metodológicas consideradas en un caso específico. Incluye una revisión sistemática comentada de la literatura sobre casos análogos.
6. *Revisión de tema.* Documento resultado de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular.
7. *Documento de reflexión no derivado de investigación*
8. *Reseña bibliográfica.*



Boletín del
OBSERVATORIO
Colombiano de Energía



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS



CID Centro de
Investigaciones
para el Desarrollo

Diseño editorial
Impresol ediciones
Impresión y Acabados
Impresol ediciones Ltda. (57) (1) 250 8244
Bogotá, Colombia.