

Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia

Helena García Romero

Laura Calderón Etter

Octubre 2012

Contenido

1. Introducción	1
2. Biocombustibles: Datos descriptivos y tendencias	3
2.1. <i>Qué son los biocombustibles</i>	3
2.1.1. Etanol.....	3
2.1.2. Biodiesel	6
3. Tendencias internacionales	8
3.1. <i>Introducción.....</i>	8
3.2. <i>Principales productores de biocombustibles en el mundo.....</i>	11
3.2.1. Biodiesel	12
3.2.2. Etanol.....	16
3.2.3. Comercio Internacional de Biocombustibles.....	18
3.2.4. Perspectivas a futuro del sector	20
3.2.5. Obstáculos a la producción de biocombustibles en el mundo	23
4. Biocombustibles en Colombia.....	28
4.1. <i>Normatividad.....</i>	28
4.1.1. Generando demanda por los biocombustibles: alcohol carburante	29
4.1.2. Generando demanda por los biocombustibles: biodiesel	30
4.1.3. Exenciones de impuestos: promoviendo la inversión y fortaleciendo la oferta	30
4.1.4. Política de precios	32
4.2. <i>Producción nacional de biocombustibles.....</i>	35
4.2.1. Producción de etanol.....	35
4.2.2. Producción de biodiesel	40
5. Análisis de los objetivos de política	49
5.1. <i>Seguridad energética.....</i>	49
5.1.1. Diversificación de la canasta energética	50
5.1.2. Reducción de importaciones	51
5.1.3. Otras consideraciones	52
5.2. <i>Protección del medio ambiente y salud pública</i>	53
5.2.1. Cambios en emisiones por uso de biocombustibles	54
5.2.2. Cambio de uso del suelo.....	57
5.2.3. Otros impactos ambientales.....	60
5.3. <i>Desarrollo Rural</i>	60
5.4. <i>Etanol.....</i>	63
5.4.1. Producción – Sector azucarero y proceso productivo	63
5.4.2. Empleo.....	65
5.4.3. Calidad de vida	69
5.4.4. RSE	73

5.4.5.	Institucionalidad	74
5.5.	<i>Biodiesel</i>	74
5.5.1.	Producción – sector palmero y proceso productivo.....	74
5.5.2.	Empleo.....	78
5.5.3.	Calidad de vida	81
5.5.4.	RSE	86
5.5.5.	Institucionalidad	87
5.6.	<i>Retos para el desarrollo rural</i>	88
5.6.1.	Seguridad alimentaria	88
5.6.2.	Retos en nuevas zonas de producción	94
5.7.	<i>Consolidación del sector de biocombustibles como un sector de talla mundial</i>	95
5.7.1.	Exportaciones y oportunidades en el mercado internacional.....	96
5.7.2.	Creación de empleo.....	97
5.7.3.	Impulso del crecimiento económico	97
6.	Costos de la política de biocombustibles	102
6.1.	<i>Costos fiscales</i>	103
6.1.1.	Exención al pago de IVA e impuesto global para biocombustibles	104
6.1.2.	Otros costos de política (Incentivos producción agrícola, exención impuesto a la renta y zonas francas)	108
6.1.3.	Zonas Francas	108
6.2.	<i>Costos percibidos por el consumidor</i>	109
6.2.1.	Diferencia precio ACPM y precio biodiesel	111
6.2.2.	Diferencia precio gasolina y precio alcohol carburante	115
6.3.	<i>Otros costos asociados a la política</i>	119
6.4.	<i>Conclusiones</i>	119
7.	Conclusiones y recomendaciones de política	121
8.	Referencias	124
Anexos		132

Lista de gráficos

Gráfico 1: Producción Anual de Biocombustibles 1975 - 2010	8
Gráfico 2: Producción y consumo de etanol	11
Gráfico 3: Producción y consumo de biodiesel.....	11
Gráfico 4: Producción de biodiesel en el mundo	12
Gráfico 5: Exportaciones netas de etanol	18
Gráfico 6: Exportaciones netas de biodiesel.....	19
Gráfico 7: Desarrollo mundial del mercado de etanol.....	21
Gráfico 8: Mercado mundial de biodiesel.....	21
Gráfico 9: Ingreso al productor de biodiesel 2008-2011	33
Gráfico 10: Ingreso al productor de etanol 2005-2011	35
Gráfico 11: Eficiencia energética.....	35
Gráfico 12: Producción alcohol carburante	36
Gráfico 13: Comercio exterior azúcar (TMVC)	39
Gráfico 14: Producción de caña de azúcar destinada a etanol	39
Gráfico 15: Eficiencia energética de materias primas para producción de biodiesel	40
Gráfico 16: Producción aceite de palma 1994-2011	41
Gráfico 17: Área sembrada palma africana 1990-2011	44
Gráfico 18: Producción nacional de biodiesel.....	44
Gráfico 19: Ventas de aceite de palma por sector	45
Gráfico 20: Participación ventas en el mercado interno	46
Gráfico 21: Evolución del consumo de gasolina y ACPM. Base año 2000	47
Gráfico 22: Balance Energético Nacional. Oferta interna de energía secundaria	50
Gráfico 23: Cambio en las emisiones de un motor de trabajo pesado con distintas mezclas de biodiesel	55
Gráfico 24: Ciclo de vida – Emisiones de GEI en la producción de biocombustibles.....	55
Gráfico 25: Emisiones de GEI por cambio de uso de suelo por producción de biodiesel de palma	57
Gráfico 26: Emisiones de GEI por cambio de uso de suelo por producción de etanol de caña de azúcar	59
Gráfico 27: NBI Promedio 2005	69
Gráfico 28: Tasa de alfabetismo en municipios cañeros tradicionales	70
Gráfico 29: Mortalidad infantil	71
Gráfico 30: Índice de desempeño fiscal.....	72
Gráfico 31: NBI en municipios palmeros	81
Gráfico 32: ICV en municipios palmeros.....	82
Gráfico 33: Tasa de alfabetismo promedio en municipios palmeros y no palmeros.....	83
Gráfico 34: Tasa de mortalidad infantil en municipios palmeros y no palmeros	83
Gráfico 35: Índice de Desempeño fiscal en municipios palmeros y no palmeros.....	84
Gráfico 36: Vocación del uso del suelo en Colombia	89

Gráfico 37: Evolución del área de cultivos agrícolas cosechada.....	91
Gráfico 38: Valor exenciones tributarias al biodiesel.....	105
Gráfico 39: Valor exenciones tributarias al alcohol carburante	107
Gráfico 40: Evolución ingreso al productor biodiesel y ACPM en Bogotá	109
Gráfico 41: Evolución ingreso al productor etanol y gasolina en Bogotá	109
Gráfico 42: Evolución Precio Biodiesel y ACPM en Bogotá.....	111
Gráfico 43: Distribución de los costos por diferencial de precios por regiones.....	114
Gráfico 44: Evolución precio etanol y precio gasolina	115

Índice de Tablas

Tabla 1: Mandatos de mezcla de biocombustibles 2011	10
Tabla 2: Resumen de los instrumentos principales en América Latina y el Caribe para la promoción de los Biocombustibles.....	17
Tabla 3: Destilerías en operación para la producción de etanol	38
Tabla 4: Plantas productoras de Biodiesel.....	43
Tabla 5: Área sembrada en palma de aceite por tamaño de unidad productiva.....	77
Tabla 6: Empleos generados en diferentes cultivos 2010	78
Tabla 7: Generación de empleo rural	79
Tabla 8: Cambio de uso de suelo de 2002 a 2008	93
Tabla 9: Exenciones fiscales relevantes a la producción de biocombustibles	103
Tabla 10: Diferencia en precio al consumidor. Ejemplo Bogotá. Agosto 2011 (Pesos corrientes)	111
Tabla 11: Costos percibidos por los consumidores de ACPM en Bogotá (2011). En millones de pesos corrientes.....	112
Tabla 12: Costos consumidor a nivel nacional 2011.....	113
Tabla 13: Costos percibidos por los consumidores de gasolina en Bogotá (2011). En millones de pesos corrientes.....	117
Tabla 14: Costo al consumidor de gasolina a nivel nacional.....	118
Tabla 15: Algunos costos de la política nacional de biocombustibles en el año 2011	119

Índice de mapas

Mapa 1: Ubicación destilerías de alcohol carburante.....	37
Mapa 2: Ubicación plantas de producción de biodiesel	42
Mapa 3: Áreas con aptitud para siembra de palma de aceite; Error! Marcador no definido.	
Mapa 4: Áreas con aptitud para siembra de caña de azúcar; Error! Marcador no definido.	

Índice de Figuras

Figura 1: Proceso de producción de etanol	3
Figura 2: Proceso de producción de Biodiesel	6
Figura 3: Efectos en las emisiones de CO ₂ por la conversión de distintos suelos y ecosistemas	26
Figura 4: Espacio-producto de los EUA 2009	98
Figura 5: Espacio-producto para Colombia 2009	100
Figura 6: Subsidios a la cadena de producción de biocombustibles	102

Siglas y Abreviaciones

ACP	Asociación Colombiana de Petróleo
ACPM	Aceite Combustible Para Motores
ANH	Agencia Nacional de Hidrocarburos
ASOCAÑA	Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia
CAT	Corporativa de trabajo asociado
CENICAÑA	Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia
CO	Monóxido de Carbono
CO2	Dióxido de carbono
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EIA	US Energy Information Administration
EISA	Energy Independance Security Act
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura
FEDEBIOCOMBUSTIBLES	Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia
FEDEPALMA	Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite
FEP	Fondo de estabilización de precios
FINAGRO	Fondo para el financiamiento del sector agropecuario
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GSI	Global Subsidies Initiative
GNV	Gas Natural Vehicular
HC	Hidrocarburos
HDT	Planta de Hidrotratamiento
ICR	Incentivo a la capitalización rural
IEP	Informe estadístico petrolero
iLUC	Efectos indirectos
IISD	International Institute for Sustainable Development
MADR	Ministerio de agricultura y desarrollo rural
MME	Ministerio de Minas y Energía
MTBE	Eter Metil Terbutílico
NBI	Necesidades básicas insatisfechas
Nox	Óxidos de Nitrógeno
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
OIT	Organización mundial del trabajo
OMS	Organización Mundial de la Salud
PCI	índice de complejidad del producto
PEN	Plan Energético Nacional
PCH	Pequeñas Centrales Hidroeléctricas
PIB	Producto interno bruto
PNBC	Política Nacional de Biocombustibles
PND	Plan Nacional de desarrollo
PTP	Programa de Transformación productiva sector palma, aceites, grasas vegetales y biocombustibles
SDS	Secretaría Distrital de Salud

SIGOT	Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial
SISPA	Sistema de información del sector palmero
TMVC	Toneladas métricas de azúcar crudo
UE	Unión Europea
UPME	Unidad de planeación minero energética del MME
ZNI	Zonas no interconectadas

1. Introducción

En los últimos años los biocombustibles se han posicionado a nivel mundial como una importante alternativa al uso de combustibles fósiles. A pesar de que se han producido a pequeña escala desde hace tiempo, ha sido recientemente con los altos precios del petróleo y el aumento en la inseguridad en la provisión de éste, que ha aumentado de manera dramática su producción y consumo.

El uso de biocombustibles permite a los países diversificar su canasta energética y los hace menos dependientes de combustibles fósiles no renovables, puede tener efectos positivos sobre el medio ambiente al reducir el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero, y, al basarse en insumos agrícolas, puede tener efectos positivos sobre el desarrollo rural de los países.

Sin embargo, existe un fuerte debate sobre sus efectos negativos. Se argumenta que al usar productos aptos para el consumo humano como la caña de azúcar, el maíz o aceites vegetales para producir biocombustibles se generan distorsiones en los mercados de estos y otros cultivos, elevando el precio de los alimentos. Se critica también que en la medida en que se requiere tierra arable para su producción, esto puede presionar a que se expanda la frontera agrícola de manera directa o indirecta con los efectos negativos que esto tiene, como mayores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y pérdidas en biodiversidad. Finalmente, se cuestiona el hecho de que para su producción se otorgan importantes subsidios y exenciones para hacerlos rentables.

Estas preocupaciones no son ajenas a Colombia. Desde el 2001 el país decidió hacer una importante apuesta por los biocombustibles haciendo obligatorias las mezclas de gasolina con etanol y de diesel con biodiesel y otorgando facilidades para la producción y consumo de los mismos. Los objetivos que persigue la política de biocombustibles en el país son impulsar el desarrollo rural, diversificar la canasta energética, mejorar el medio ambiente, y promover un sector que pueda ser competitivo a nivel mundial.

Desde 2005, cuando se hicieron efectivos los mandatos de mezcla con etanol, la producción ha pasado de 27 millones de litros a 337 millones de litros. Ha aumentado la superficie sembrada de caña de azúcar y se han generado nuevos empleos en zonas rurales. En el caso del biodiesel la producción pasó de 26 millones de litros en 2008 a 508 millones en 2011 y ha impulsado un gran crecimiento en el área sembrada de palma de aceite y de empleos.

Sin embargo, es necesario evaluar también cuáles han sido los costos de la política y cómo podría mejorar. A diez años de que se inició la política nacional de

biocombustibles es relevante analizar cuáles han sido sus impactos y cuál es el camino a futuro. En este momento se debate si se debería aumentar el nivel de mezclas o no, y si los apoyos que recibe el sector son los adecuados. Este estudio busca aportar información sobre estos temas y revisar los objetivos de la política.

El estudio consta de siete secciones. La primera es esta introducción. La segunda describe de manera general qué son los biocombustibles y cómo se producen. La tercera presenta la situación mundial de los biocombustibles. La cuarta sección presenta el caso colombiano, cuáles son los instrumentos de política para impulsar este sector y cómo es la producción de etanol y diesel en el país. La quinta sección analiza los objetivos de política planteados y la sexta hace una primera aproximación a los costos que ha representado la política de biocombustibles. La última sección concluye y da recomendaciones de política.

2. Biocombustibles: Datos descriptivos y tendencias

2.1. Qué son los biocombustibles

Los biocombustibles son cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal) por lo que su energía proviene de la fijación biológica de carbono. Se consideran ambientalmente amigables porque su materia prima es renovable y en su combustión se generan menos emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que en la de combustibles fósiles.

Los biocombustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Los sólidos son pedazos de materia orgánica que al quemarse desprenden su energía y han sido usados por la humanidad desde tiempos ancestrales. Los biocombustibles líquidos son derivados de materia viva que pueden ser usados como combustibles. Incluyen biodiesel, etanol u otros alcoholes combustibles, combustible de aceite vegetal y nuevos combustibles como la Serie-P que mezcla etanol, sobras de gas natural y residuos sólidos. El biogás es principalmente metano producido por plantas y animales en descomposición, así como sus desechos.

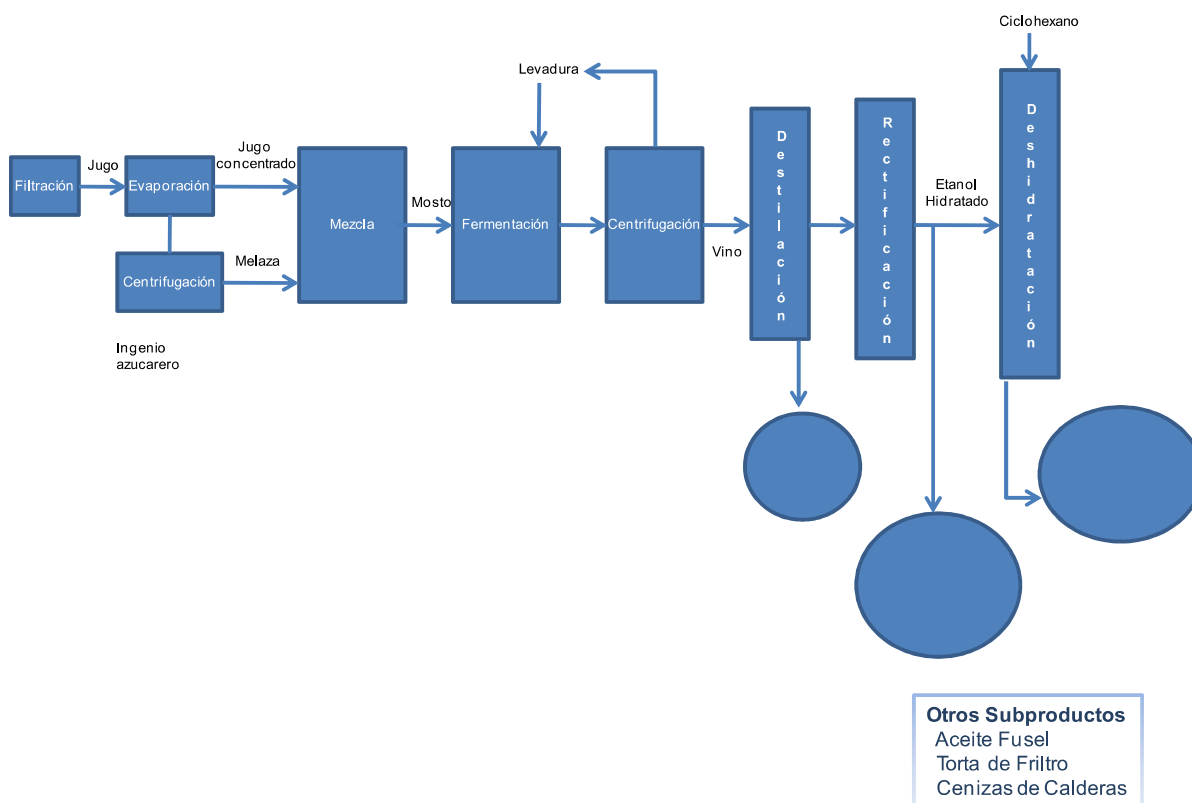
Existen biocombustibles de primera y segunda generación. Los de primera generación son aquellos producidos a partir de azúcar, almidón y aceites vegetales. Los biocombustibles de segunda generación son aquellos que utilizan cultivos no comestibles o productos de desecho para no desviar su producción y consumo de la cadena alimenticia humana o animal y se busca que utilicen menos agua que los biocombustibles de primera generación. La mayoría de este tipo de biocombustibles se encuentra actualmente en desarrollo para su producción comercial.

2.1.1. Etanol

El etanol pertenece al grupo de los bio-alcoholes: butanol, etanol, metanol y propanol. El bioetanol es un alcohol producido biológicamente por la fermentación de azúcares o almidones presentes en ciertos cultivos como trigo, maíz, remolacha, caña de azúcar o cualquier almidón del que puedan producirse bebidas alcohólicas (papas o deshechos de fruta). También puede producirse de celulosa de biomasa proveniente de fuentes no alimenticias, como pastos o árboles.

El proceso de producción consta de cuatro pasos generales: digestión enzimática, fermentación de los azúcares, destilación y secado. El proceso de destilación requiere cantidades importantes de calor, dependiendo de la fuente del mismo el proceso es más o menos sustentable.

Figura 1: Proceso de producción de etanol



Fuente: en base a “Le Bioetanol de Caña de Azúcar, Capítulo 2”, FAO – CEPAL – CGEE – BDES, Rio de Janeiro, Noviembre 2008.

En el caso de caña de azúcar, la producción de etanol se puede obtener fermentando directamente el jugo que proviene de la centrifugación en la fabricación del azúcar. El jugo se calienta, decanta y se evapora para adecuar la concentración en azúcares y eventualmente se lo mezcla con la melaza que proviene de la centrifugación de la fábrica de azúcar.

A veces se mezclan jugos y melazas y se obtiene el mosto rico en azúcares, que pasa a la fermentación. Allí se agrega levadura (*saccharomyces cerevisiae*). De los fermentadores sale el vino o mosto fermentado que contiene entre 7% y 10% de alcohol. Mediante centrifugación se recuperan las levaduras y el vino va a destilación.

La destilación entrega etanol hidratado con un 6% de agua en peso y deja la vinaza como residuo (unos 10 a 13 litros de vinaza por litro de etanol hidratado). También se obtienen alcoholes de segunda y aceite de fusel (alcohol amílico).

La vinaza es un residuo o subproducto que representan entre 800 y 1000 litros por tonelada de caña destinada a producir etanol. La vinaza puede usarse para irrigación de las mismas plantaciones de caña pues posee alta concentración de fertilizantes, especialmente de potasio. Sin embargo, si se arroja a los cursos de agua es un poderoso contaminante pues consume mucho oxígeno y puede afectar gravemente la vida de los peces. Otros residuos aprovechables son la “torta de filtro” (unos 40 kg.

húmedos por tonelada de caña procesada) y las cenizas de las calderas que también se usan como fertilizantes.

El etanol hidratado puede ser un producto final, como en el caso de Brasil o pasar a una columna de deshidratación para obtener alcohol anhidro con 0,4% de agua.

El proceso de obtención de etanol de caña implica una gran eliminación de agua y esto incide en una muy alta demanda de energía térmica pero la totalidad de la energía consumida en la producción de etanol de caña se puede obtener utilizando el bagazo en un sistema de cogeneración.

En cuanto a los rendimientos industriales, por cada tonelada de caña, si se usa sólo para producir azúcar, se pueden obtener 100 kg. de azúcar y puede llegar a producir 20 litros de etanol con la melaza (CEPAL - FAO - CGEE - BNDES, 2008).

Puede ser usado como combustible, tanto puro como en forma de mezcla con gasolina. Los motores actuales pueden funcionar con mezclas de gasolina y etanol anhidro hasta en un 25% (E25) sin requerir adecuaciones. Para el etanol hidratado se necesitan motores especialmente diseñados.

Entre las ventajas del etanol se encuentra que tiene un mayor octanaje que la gasolina, lo que aumenta el radio de compresión del motor aumentando la eficiencia térmica del mismo. Por esta razón puede utilizarse como aditivo a las gasolinas en lugar de emplear Eter Metil Terbutílico (MTBE) o aromáticos que son cuestionados por sus negativos efectos ambientales.

En cuanto a emisiones de gases, el etanol emite distintos gases al quemarse que la gasolina, emite solamente monóxido de carbono y agua. En lugares de mayor altitud, la mezcla de etanol con gasolina actúa como oxidante termal y reduce las emisiones contaminantes de los vehículos. Es menos inflamable que la gasolina, por lo que genera un menor riesgo de incendio. Además, es soluble en agua, lo que permite un manejo más fácil de accidentes. Sin embargo, la flama y humo de etanol quemándose son muy difíciles de ver, lo que representa otro tipo de riesgos.

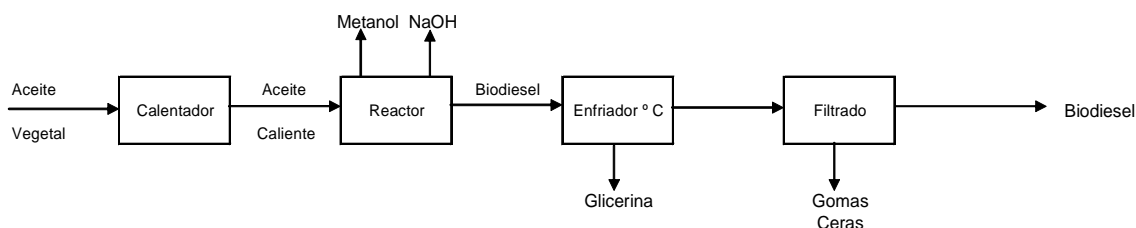
Entre sus desventajas está que es altamente corrosivo, por lo que no puede transportarse en los oleoductos tradicionales. Requiere tanques de acero inoxidable especializado para transporte por tierra lo que aumenta el costo y consumo de energía necesarios para llegar al consumidor. Adicionalmente, el etanol tiene una menor densidad energética que la gasolina, es decir, requiere más combustible para producir la misma cantidad de trabajo¹.

¹La eficiencia global del etanol hidratado respecto de la caña se obtiene multiplicando la productividad del etanol hidratado (litros de etanol hidratado /tonelada de caña) por el poder calorífico inferior del etanol (kcal/litro) y dividido por el poder calorífico inferior de la caña (kcal/tonelada). El valor obtenido es del 41%.

2.1.2. Biodiesel

El biodiesel es un combustible para motores diesel que puede ser producido a partir de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales) así como de aceites o grasas de fritura usados mezclándolos con metanol o etanol. Puede obtenerse a partir de productos agrícolas como soja, jatrofa, mostaza, linaza, girasol, colza, aceite de palma, cáñamo o mahua, entre otros. Existen más de 300 especies diferentes que pueden ser utilizadas como materia prima para la producción de aceites vegetales, sin embargo las condiciones edafoclimáticas, rendimiento, contenido en aceite y la necesidad de mecanizar la producción, limitan actualmente el potencial de obtención de aceites vegetales a unas pocas especies, dentro de las cuales la palma africana, la colza, el girasol y la soja son las más utilizadas.

Figura 2: Proceso de producción de Biodiesel



El biodiesel puede usarse en su forma pura para vehículos, pero generalmente se mezcla con diesel fósil para reducir el material particulado, monóxido de carbono e hidrocarburos generados en la combustión. El biodiesel puede mezclarse con diesel en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.

Su transporte es seguro, al ser biodegradable, poco tóxico y con un punto de inflamación de 148° C, comparado con 125° C para el diesel. Sin embargo, el biodiesel descompone el caucho natural, por lo que es necesario sustituir éste por elastómeros sintéticos en caso de utilizar mezclas de combustible con alto contenido de biodiesel. Por otra parte, el biodiesel tiene mejores propiedades lubricantes y mucho mayor índice de cetano que el diesel de poco azufre.

El poder calorífico del biodiesel es 37,27 MJ/L aproximadamente. Esto es un 9% menor que el diesel mineral. La variación del poder calorífico del biodiesel depende de la materia prima usada más que del proceso de combustión. Además, no tiene virtualmente ningún contenido de azufre y se suele mezclar como aditivo con el diesel de bajo contenido en azufre.

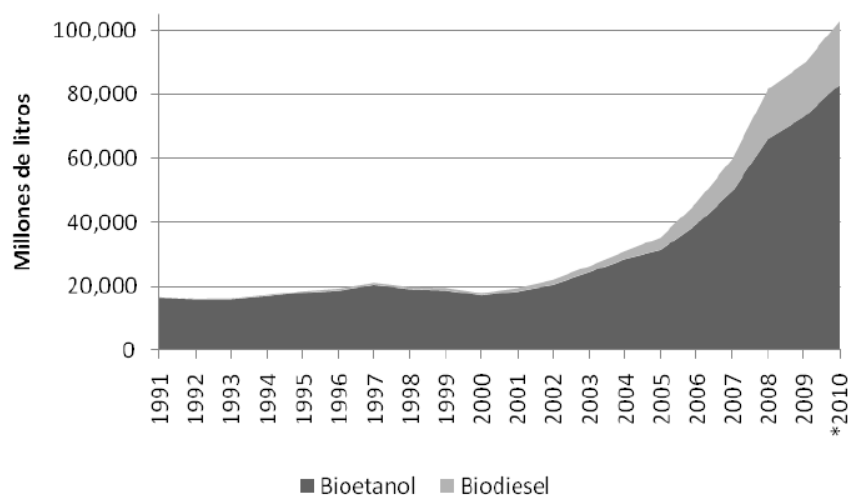
3. Tendencias internacionales

3.1. Introducción

La industria mundial de biocombustibles se ha desarrollado recientemente, pero en el transcurso de los últimos años su crecimiento ha sido notablemente acelerado. En 1975 Brasil fue el primer país en implementar medidas para desarrollar la industria de los biocombustibles con el Programa Brasileño de Alcohol (Proalcohol) para remplazar la gasolina importada por bioetanol producido a partir de caña de azúcar cultivada localmente. Desde entonces los biocombustibles empezaron a ser considerados una alternativa seria para competir con los combustibles fósiles en el transporte. Sin embargo, a finales de los 70 y comienzos de los 80 cayeron los precios del petróleo, lo que tuvo como consecuencia que el interés en los biocombustibles disminuyera (Dufey, 2010).

Sin embargo, desde principios de la década pasada el interés a nivel mundial por los biocombustibles se ha despertado nuevamente lo cual se ha reflejado en una rápida expansión de su mercado. Esto como consecuencia del consenso global en torno a la necesidad de tomar medidas efectivas para contener el calentamiento global y preservar el medio ambiente, así como la necesidad de desarrollar fuentes renovables de energía que conlleven a una reducción de la dependencia de fuentes energéticas no renovables. Este desarrollo se ha dado como resultado de una serie de políticas implementadas por algunos países, más que por condiciones de mercado.

Gráfico 1: Producción Anual de Biocombustibles 1975 - 2010



Fuente: (Dufey, 2010)

La producción de etanol y biodiesel ha aumentado de manera importante en los últimos años. En 2011 la producción mundial de biocombustibles llegó a 124.000 millones de litros, un crecimiento de 130% con respecto a 2005. El etanol se mantiene como el biocombustible con mayor producción a nivel mundial con 100.000 millones de litros en 2011 (81% del total de biocombustibles).

La producción mundial de biodiesel ha crecido de manera importante pues pasó de 5.300 millones de litros en 2005 a 24.000 millones a cierre de 2011, representando un crecimiento promedio anual de 21% (i.e., un crecimiento total del orden de 280% entre 2005 y 2011) y se espera que este crecimiento se mantenga(OECD-FAO, 2012).

Los biocombustibles representan el 1.7% del consumo mundial de energéticos (y podría incrementarse hasta alcanzar 20% en el 2020) y aproximadamente el 3% del combustible mundial para transporte (en Brasil este porcentaje es del 23%, en Estados Unidos es del 4% y en la Unión Europea del 3%)(International Energy Agency, 2012). Actualmente y con vistas a futuro, los países que más han incorporado la utilización de biocombustibles a su desarrollo cotidiano son Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea para el caso del etanol y la Unión Europea, Estados Unidos, Indonesia, Malasia, Argentina, Tailandia para el caso del biodiesel, proyectándose además como fuertes potencias productoras.

No obstante, una particularidad que se debe destacar es el hecho que el mercado mundial de los biocombustibles viene siendo impulsado cada vez más por mandatos y por otras políticas de apoyo al sector, que por factores de mercado. El mercado mundial de los biocombustibles ha hallado su sustento en los diversos mandatos cuantitativos adoptados por un creciente número de países, conduciendo a que éste sea cada vez más dependiente de las políticas adoptadas por el sector público. La regulación gubernamental, a través de subsidios, eliminación de tarifas de importación y/o becas para investigación y desarrollo, ha sido el principal factor impulsando la demanda y la rentabilidad en el sector. El consumo de biocombustibles se ha impulsado sobre todo a través de cuotas y objetivos de mezcla.

Bajo estas circunstancias, dado de que los mandatos y las políticas de apoyo al sector coadyuvan a mantener estable la producción y los precios del etanol y el biodiesel, algunas fuentes de incertidumbre tal como el precio de las materias primas (i.e., aceite de palma, caña de azúcar, maíz, etc.) y el precio del crudo del petróleo, han perdido relevancia y han pasado a un segundo plano. Sin embargo, continúan existiendo otras fuentes de incertidumbre que pueden tener un impacto sobre la futura viabilidad comercial del sector, a saber: i) la potencial comercialización de biocombustibles de segunda generación, y ii)el riesgo latente de tener que renunciar a los mandatos cuantitativos si no se cumplen ciertas condiciones relacionadas con la seguridad

alimentaria, la economía de los biocombustibles y el medio ambiente.²No obstante, considerando que las políticas energéticas en un gran número de países continúan evolucionando constantemente, quizás la mayor fuente de incertidumbre está asociada a cambios en materia de regulación.

Tabla 1: Mandatos de mezcla de biocombustibles 2011

	Etanol	Biodiesel
Estados Unidos ³	E10	B5 - B10
Unión Europea	E5.75	B5,75
Brasil	E20 - E25	B2
Colombia	E8 - E10	B7 - B10
Argentina	-	B7
Costa Rica	E7	B20
México (Gualadajara)	E2	-
Perú	E7.8	B2
Paraguay	E24	B1
Uruguay		B2
Jamaica	E10	-
Alemania	E10	-
Irlanda	E4	-
Suecia	E5	-
Canada	E5	B2
Tailandia	-	B3
Indonesia	-	B5
Corea del sur	-	B2
Taiwan	-	B1

Fuente: (Biofuels Digest, 2011)

De acuerdo con las evaluaciones llevadas a cabo en conjunto por la FAO y la OECD (2012), a excepción de la producción de etanol de Brasil, la viabilidad comercial de los biocombustibles ha sido y continuará siendo un reto para muchos países en el mundo. Acontecimientos no lejanos han demostrado que incluso en periodos de precios bajos de la materia prima, lo cual a su vez se traduce en menores costos de producción, los biocombustibles han tenido serias dificultades para competir contra los combustibles fósiles.⁴ En este sentido, no es de sorprenderse que las políticas gubernamentales de apoyo al sector sigan siendo el motor detrás de los mercados de etanol y biodiesel en la próxima década.

En las siguientes subsecciones se hace un recuento de los principales productores de biocombustibles en el mundo, se analiza el flujo del comercio internacional, se

²Ver OECD-FAO Agricultural Outlook 2009-2018, Página 21.

³ El nivel de mezcla varía entre Estados

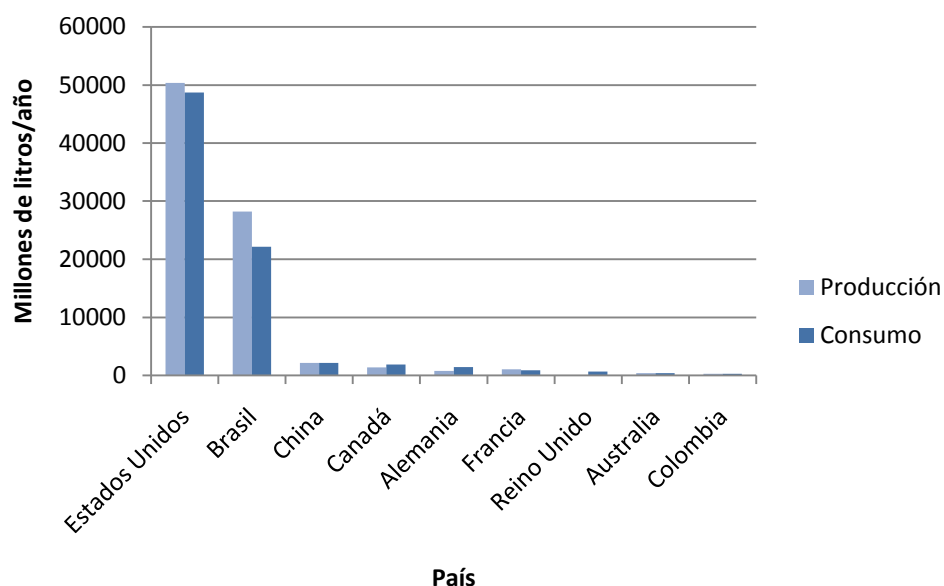
⁴En la mayoría de los esquemas de producción del biodiesel, el costo de las materias primas representa cerca del 80% de los costos de producción, razón por la cual la variación de precios tiene un impacto importante sobre el retorno percibido por los productores.

discuten los principales obstáculos a la producción y viabilidad comercial, así como también se detallan las perspectivas a futuro del sector.

3.2. Principales productores de biocombustibles en el mundo

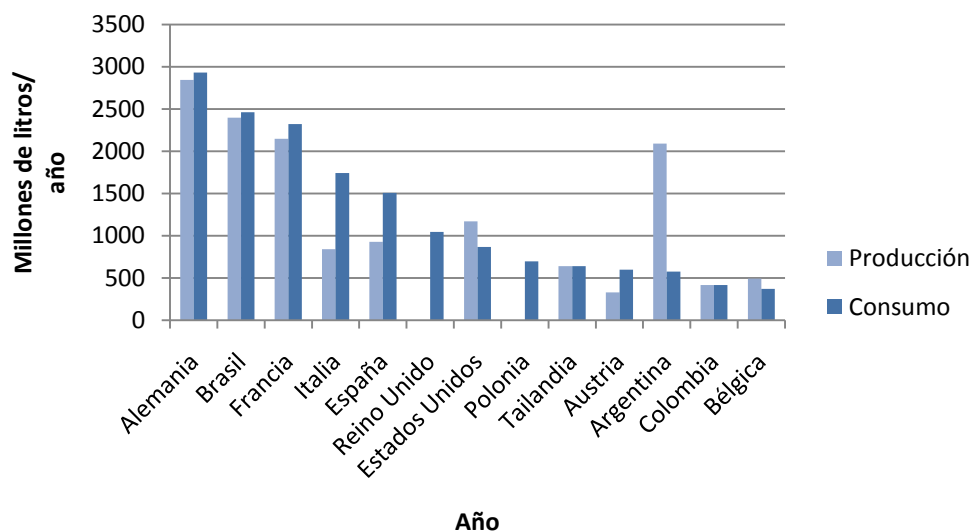
El mercado de los biocombustibles en el mundo se encuentra bajo un claro dominio Estados Unidos, la Unión Europea y Brasil. Por su parte, Estados Unidos y Brasil lideran la producción y el consumo mundial de etanol, mientras la Unión Europea es indiscutiblemente el más grande productor y consumidor de biodiesel en el mundo. Los principales cultivos utilizados en la UE son colza y girasol. Sin embargo, en años recientes países como Argentina con cultivos de soya, China con cultivos de maíz, India con melazas de azúcar y aceites no comestibles, Indonesia, Malasia y Tailandia con caña de azúcar y palma de aceite han cobrado importancia, particularmente en el mercado mundial del biodiesel. A continuación se analiza en detalle el estado actual de la producción mundial y comercio de biocombustibles haciendo un recorrido a través de los principales productores.

Gráfico 2: Producción y consumo de etanol



Fuente: Datos EIA. Elaboración propia.

Gráfico 3: Producción y consumo de biodiesel



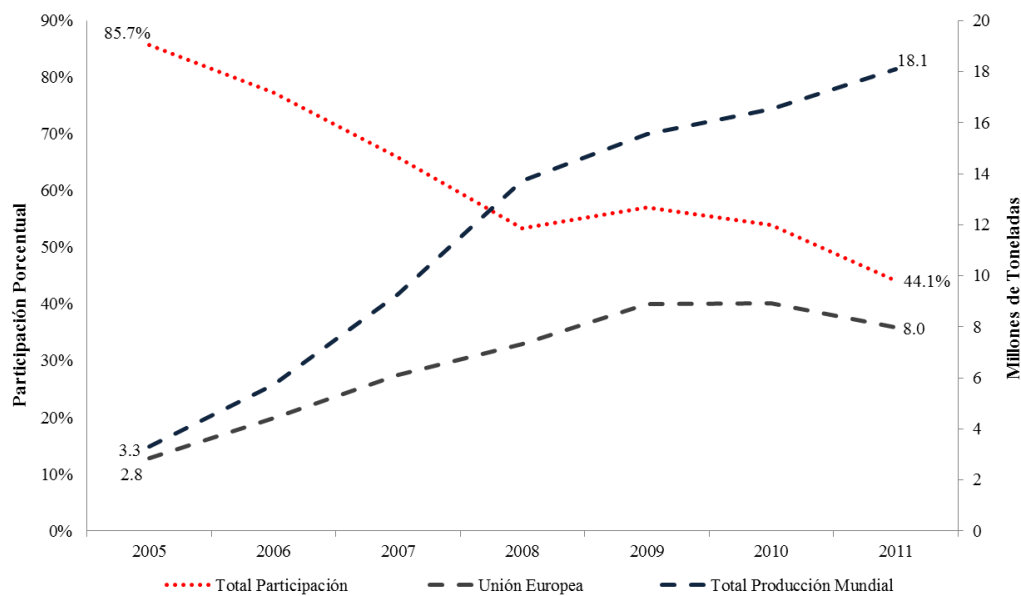
Fuente: Datos EIA. Elaboración propia.

3.2.1. Biodiesel

Unión Europea

En términos producción de biodiesel y del grado de desarrollo de una industria a gran escala, la Unión Europea es la región líder en el mundo. En Europa la producción de biodiesel se hace principalmente a partir de colza y aceite de girasol. En el periodo comprendido entre 2005 y 2011, su producción de biodiesel pasó de 3.100 a 8.100 millones de litros en 2011. En este sentido, y aunque su participación dentro la producción mundial de biodiesel ha disminuido, Europa sigue siendo líder en términos de producción y consumo.

Gráfico 4: Producción de biodiesel en el mundo



Fuente: Elaboración de Fedesarrollo con base en el WorldEthanol and BiofuelsReport de F.O. Licht(Oct. 2011)

Desde los años 80 la Unión Europea comenzó a promover los biocombustibles, especialmente el biodiesel, como una forma de mejorar las condiciones de vida en áreas rurales, así como para responder a los mayores niveles de demanda energética, pero sólo durante la segunda mitad de los años 90 la producción de biodiesel empezó a ser ampliamente desarrollada. El mercado europeo de biocombustibles está determinado por políticas de energía, agricultura y de cambio climático, reflejadas en mandatos de mezcla, subsidios a la producción y barreras al comercio.

En la Unión Europea se han establecido metas indicativas para el consumo de biocombustibles en el sector de transportes con un objetivo de referencia voluntario de 2% de mezcla desde el año 2003 y 5.75% a partir del año 2011. De esta manera los Estados miembros se ven obligados a fijar metas para la participación de los biocombustibles, basadas en las metas de referencia, pero con plena libertad de decisión sobre las estrategias para la consecución de esos objetivos. (Dufey, 2010).

Alemania

El mayor productor de biodiesel dentro en la Unión Europea es Alemania, seguido de cerca por Francia, España e Italia.⁵En el transcurso del periodo comprendido entre 2005 y 2011, la producción total de biodiesel de Alemania registró un crecimiento del orden del 65%, al pasar de 1.600 millones de litros a 3.200 millones. En particular, durante el periodo mencionado, la participación promedio del país alemán en la

⁵ Con una capacidad de producción cercana a los 5.700 millones de litros de biodiesel anuales, el sector de biodiesel del país alemán es el más grande no sólo de la zona Euro sino en el mundo.

producción total de la Unión Europea fue del 37.1% (i.e., más de un tercio de la producción total de la Unión Europea), mientras su participación registrada en 2011 fue del orden del 30.1% (ver Gráfico 4).

Es importante señalar que el rápido desarrollo de la industria local de biocombustibles, registrado durante los primeros años del nuevo milenio, fue impulsado principalmente por una exención tributaria otorgada a la producción de biocombustibles tipo B-100. Específicamente, el biodiesel puro estuvo completamente exento del impuesto energético y su venta se destinó principalmente para su uso en motores diesel marginalmente modificados y en flotas cautivas. Sin embargo, en 2006 el gobierno alemán decidió introducir de manera gradual un gravamen sobre los combustibles tipo B-100, debido a una serie de reportes acerca de la sobre compensación otorgada a estos últimos.⁶ Introducido el 1 de agosto de 2006, el gravamen impuesto a los biocombustibles tipo B-100 fue inicialmente de 0.09 € por litro y fue incrementando posteriormente a 0.18 € en 2009.

En particular, los pilares de la actual legislación alemana en materia de biocombustibles fueron aprobados durante 2009. En este sentido, en la Ley de Cuotas de Biocombustibles se dispuso que:⁷

- Para 2009 la participación total de mercado de los biocombustibles, en términos de contenido energético, debía ser como mínimo 5.25%. Dicha participación debía incrementar a 6.25% para el periodo entre 2010 y 2014.
- El mandato B-4.4, introducido en el 2007, no sería modificado. Sin embargo, mezclas de biodiesel hasta del 7% se permitieron (i.e., el 1 de febrero de 2009 se introdujo el estándar B-7).
- La mezcla de etanol con combustibles fósiles habría de mantenerse en 2.8%, por contenido energético, para los años 2009-2014.
- El gravamen impuesto a los biocombustibles tipo B-100 habría de ser incrementado a 0.18€ por litro, a partir del 1 de Enero de 2009, en vez de 0.21€ como se tenía previsto inicialmente.

A pesar de que la nueva Ley de Cuotas de Biocombustibles incrementó el estándar en la mezcla del biodiesel, el sector percibió la ley como un serio retroceso frente a la legislación anterior. Por un lado, la legislación previa tenía contemplada un cuota de mercado de 6.25% en 2009, la cual habría de incrementar a 6.75% en 2010 y luego

⁶En este caso en específico, la sobrecompensación significa que los beneficios tributarios otorgados a los biocombustibles tipo B-100 son más que proporcionales a sus altos costos de producción en comparación al diesel tradicional.

⁷Ver World Biodiesel Markets: The Outlook to 2015, Página 55-56.

incrementar de manera gradual hasta llegar al 8% en 2015. Así mismo, la mezcla de etanol con otros combustibles debía inicialmente incrementar hasta el 3.6%, en contenido energético, desde el 2010 en adelante. Por último, el incremento menor a lo esperado en el gravamen a los biocombustibles tipo B-100, no tuvo ningún efecto significativos sobre el consumo dado que los precios de los combustibles convencionales durante 2009 fueron significativamente bajos.

Por otra parte, es necesario destacar que debido al dinámico crecimiento del sector en el transcurso de la última década, se ha registrado un fuerte incremento en el número de cultivos de colza, la cual, como se mencionó anteriormente, es la principal materia prima utilizada por los países de la Unión Europea para la producción de biodiesel por sus propiedades favorables. En particular, en los años 90 el área total plantada de colza se situó alrededor de 1 millón de hectáreas, aunque ésta fue creciendo de manera gradual hasta llegar a un máximo de 1.5 millones de hectáreas en 2007. No obstante, es importante añadir que el sector de biocombustibles también es altamente dependiente de la importación de materia prima. Dichas importaciones están compuestas por semillas de colza, aceite de colza, soja, aceite de soja, aceite de palma y, en un menor porcentaje, grasa animal.⁸

Argentina

Actualmente (2011) Argentina se ha posicionado como cuarto productor mundial y es uno de los principales productores ya que cuenta con exceso de capacidad de procesamiento y con una estructura de impuestos favorable para la exportación. La combinación de un mandato doméstico de uso de biodiesel y un gran potencial exportador están atrayendo inversiones importantes y la producción se está expandiendo rápidamente: se espera que en el año 2012 se produzcan más de 3.000 millones de litros (USDA Foreign Agriculture Service, 2011). El diferencial de impuestos favorable ha sido uno de los factores claves en el desarrollo de la industria pues mientras que las exportaciones de aceite de soya pagan un impuesto del 32% mientras que las de biodiesel pagan un impuesto del 16%. Adicionalmente, el Ministerio de Agricultura coordina y lleva a cabo buena parte de la investigación relacionada con los biocombustibles en Argentina.

⁸Ibid. Página 57.

La capacidad de producción de biodiesel se ha expandido rápidamente: para el final del 2012 la capacidad de producción alcanzará 4.400 millones de litros, aproximadamente 7 veces mayor que a finales del año 2007, cuando se instalaron las primeras plantas de producción. (USDA Foreign Agriculture Service, 2011)

3.2.2. Etanol

La producción mundial de etanol ha tenido un crecimiento muy importante en la última década y se encuentra concentrada en Estados Unidos y Brasil (Gráfico 2).

Brasil

Actualmente, Brasil es el segundo productor de etanol y su producción se hace a partir de caña de azúcar (fue el primer productor hasta el año 2005). En los años 70, frente al aumento de los precios del petróleo, Brasil empezó a producir etanol a base de caña de azúcar a gran escala. Desde 1976 el gobierno Brasileño implementó un mandato de mezcla que osciló entre el 10% y el 20% y desde el año 2007 la mezcla obligatoria es del 25%. Adicionalmente, la industria automotriz brasileña ha diseñado automóviles que pueden usar alcohol anhidro puro como combustible. La experiencia Brasileña es considerada el ejemplo más exitoso a nivel mundial en el uso de biomasa para la producción de energía y los grandes esfuerzos en investigación y desarrollo para mejorar la productividad energética de la caña, el uso de coproductos para la cogeneración de energía y el desarrollo de fábricas adaptadas para la producción de azúcar y/o bioetanol dependiendo de la evolución del precio internacional del azúcar, junto con las condiciones naturales para la producción de caña de azúcar y el bajo costo de la mano de obra, han convertido a Brasil en el país más eficiente en la producción de etanol a nivel mundial y en ejemplo para otros países. (Dufey, 2010)

El etanol derivado de la caña de azúcar proveniente de la región centro—sur de Brasil es el biocombustible más económico, ya que comienza a ser financieramente rentable cuando el precio del petróleo supera los 35 dólares el barril. Se considera que cuenta con la tecnología más eficiente para producir etanol a partir de caña de azúcar y tiene capacidad para producir hasta 9.5 billones de litros para el 2012, pero por ahora es principalmente un mercado doméstico con poco potencial exportador.

Es importante anotar que la inversión en investigación y desarrollo agrícola, tanto del sector público como privado, ha sido clave para el desarrollo del sector.

Estados Unidos

Con más del 50% de la producción mundial en el año 2011, Estados Unidos es actualmente el mayor productor de Etanol a nivel mundial. El bioetanol en EE.UU. comenzó a ser producido a partir de maíz en la década de los 70s, pero sólo desde mediados de los 90s su producción comenzó a masificarse. Este incremento en la

producción se dio mandatos de mezcla de combustibles y, especialmente, gracias a los altos niveles de subsidios otorgados al sector, los cuales abordan prácticamente toda la cadena de producción y comercialización.

Actualmente, en casi todo el territorio nacional los vehículos usan una mezcla de 10% de etanol y el uso de vehículos Flex Fuel que usan mezclas que alcanzan hasta un 85% de etanol (E85) es común.

Tendencias en políticas de América Latina y el Caribe

A excepción de la experiencia de Brasil, el desarrollo de los biocombustibles es nuevo en los países de América Latina y el Caribe. Tomando como referencia la experiencia brasileña y teniendo en cuenta el alza en los precios del petróleo desde la década pasada la región se ha interesado en la promoción de la industria de biocombustibles con miras a fortalecer la seguridad energética y sobre todo, promover el desarrollo rural. Esto ha tenido como consecuencia la fijación de metas de mezcla de biocombustible con combustible fósil, obligatorias o indicativas, así como numerosos incentivos económicos y fiscales. La Tabla 4 muestra los instrumentos utilizados en la región para promover la producción y consumo de biocombustibles.

Tabla 2: Resumen de los instrumentos principales en América Latina y el Caribe para la promoción de los Biocombustibles⁹

País	Instrumento
Argentina	B5 Y E5 (2010). Amortización acelerada; Devolución anticipada del IVA; Exención de la tasa de infraestructura hídrica. No aplica a exportaciones.
Bolivia	B2.5 (2007), B10 (10 Años de plazo desde 2005). Exoneración del Impuesto Específico; Exoneración del 50% del total de la carga impositiva.
Brasil	B2 (actual), B5 (2013), B20 (2020) y E22-24 (actual). Exenciones tributarias diferenciadas; Sello "Combustible Social"; Exclusión del Impuesto a los Productos Industriales;
Chile	B5 y E5 (no obligatorio). Exención impuesto específico a combustibles; Financiamiento consorcios de I+D
Colombia	B7-10 E8-10 (actual). Exención tributaria producción y uso final; Creación de zonas francas para producción de biocombustibles; créditos blandos a la inversión; subsidios
Costa Rica	B2-B5 y E7.5 (2009)
Ecuador	B10 y E5 (actual). Proyectos pilote; Fondo FEISEH para impulsar proyectos de inversión en hidrocarburos
El Salvador	E10 (2005). Exenciones de impuestos.
Guatemala	E5 (actual). Exención de impuestos y exoneración.
Honduras	Desarrollo de normas y procedimientos de producción y consumo.
México	Promueve producción de feedstocks (agropecuarios, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos); Exención IVA.
Nicaragua	Programa de Producción de biocombustibles
Panamá	B10 (Propuesto)
Paraguay	B1 (2007), b3 (2008), B5(2005), E18 (Actual). Beneficios impositivos en la producción de biocombustibles; BIOCAP

⁹Algunos datos corresponden a metas que estaban vigentes en 2009 pero que no se han cumplido

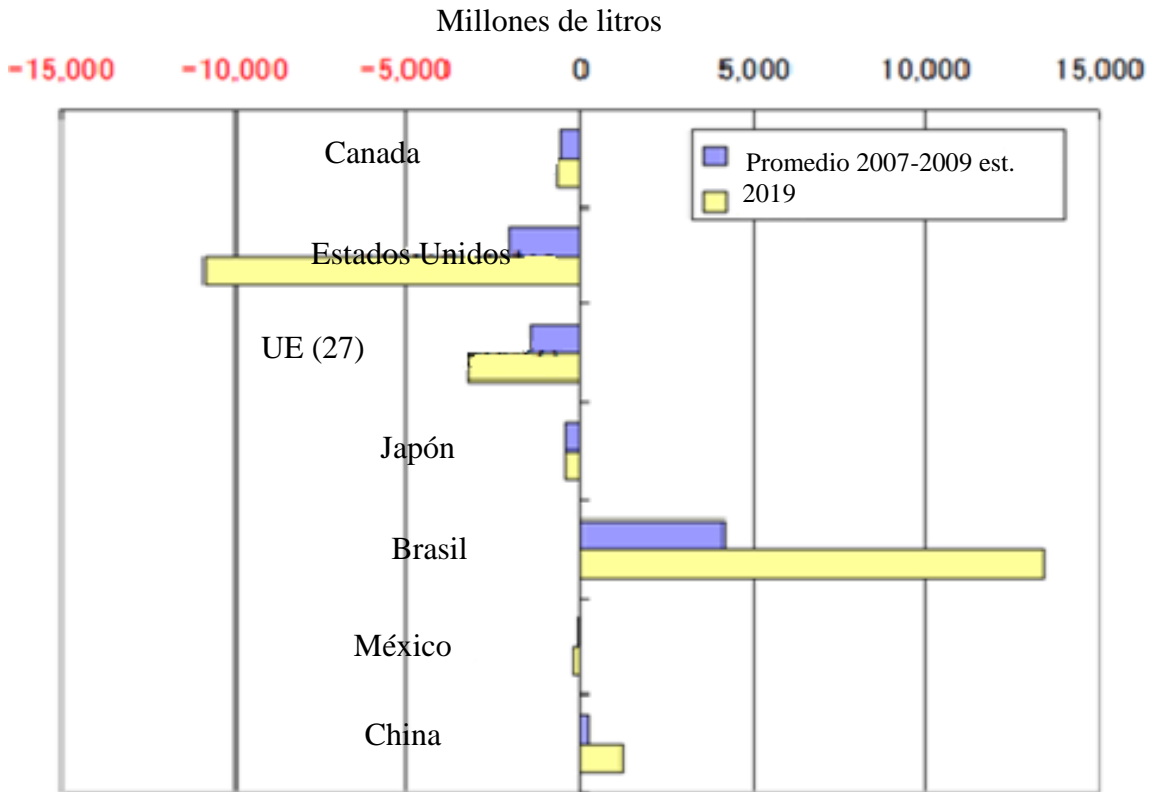
Perú	B2 (actual), B5 (2011), E7,8 (actual). Promoción de inversiones a la producción y comercialización
República Dominicana	E5 (actual), E15(2015); Incentivos a I+D en proyecto de fuentes de energía renovable; Exención del 100% de los impuestos
Uruguay	B2 (2008-2012), B5 (posterior), E5 (2014). Exoneración total o parcial de impuestos a combustibles fósiles

Fuente: (Dufey, 2010) con datos de BioTop, 2009. Actualización propia.

3.2.3. Comercio Internacional de Biocombustibles

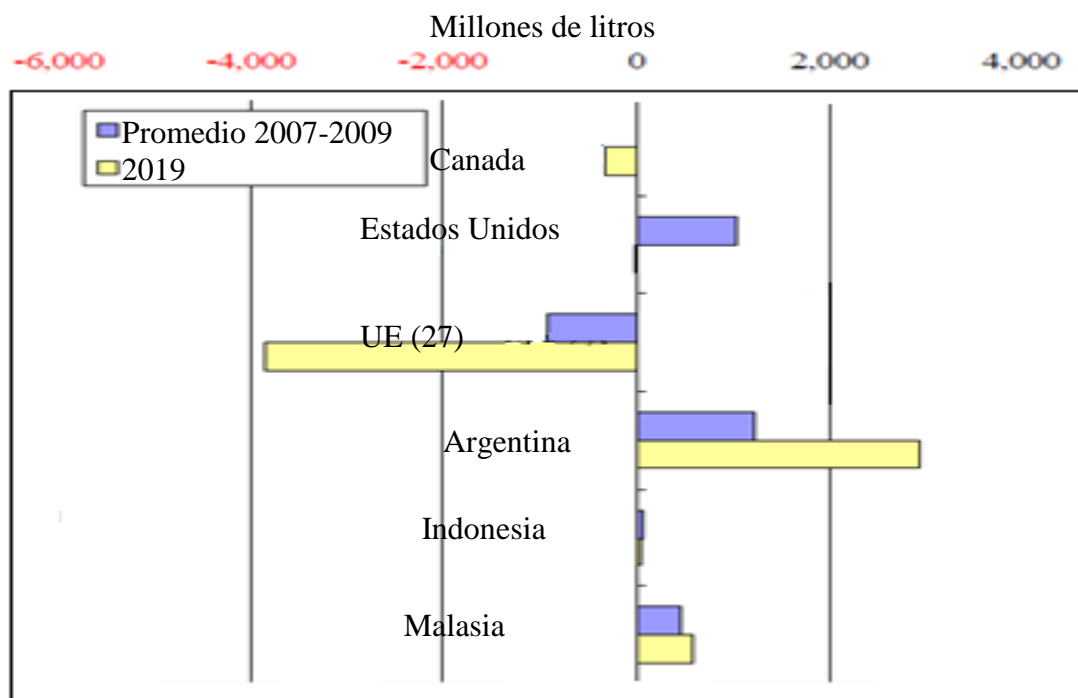
El comercio internacional de biocombustibles ha sido pequeño hasta ahora (3 millones de litros anuales aproximadamente) ya que la mayor parte de la producción se consume domésticamente. Adicionalmente, existen barreras al comercio dada la existencia de fuertes subsidios a la producción. Sin embargo, se espera que empiece a crecer rápidamente en los próximos años, pues numerosos países no tendrán la capacidad doméstica para abastecer sus necesidades y los incrementos en consumo (por ejemplo en los países de la UE) no coincide geográficamente con las zonas de alza en la producción. (Dufey, 2010). Actualmente los principales exportadores son Brasil y Argentina y se espera que para el 2012 que llegue a un máximo de 5 millones de litros anuales.

Gráfico 5: Exportaciones netas de etanol



Fuente: (Mitsubishi Research Institut, Inc. Numark Associates, Inc. Unisersidad Nacional de Colombia, 2010) con datos de OECD/FAO Agricultura Outlook 2010 – 2019

Gráfico 6: Exportaciones netas de biodiesel



Fuente: (Mitsubishi Research Institut, Inc. Numark Associates, Inc. Unisersidad Nacional de Colombia, 2010)
data OECD/FAO Agricultural Outlook 2010 – 2019

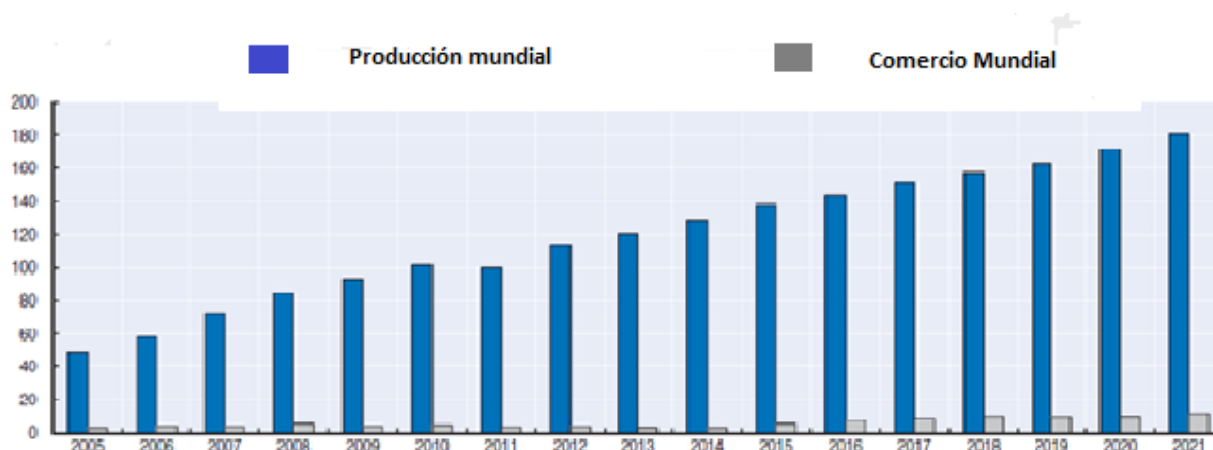
3.2.4. Perspectivas a futuro del sector

Se espera que la producción mundial de biocombustibles siga creciendo pero a un ritmo menos acelerado que en los últimos años. También se espera que los mercados de etanol sigan siendo dominados por Brasil y Estados Unidos y los mercados de biodiesel por la Unión Europea, seguido por Estados Unidos, Argentina y Brasil. En los países en desarrollo que producen biocombustibles se proyecta que no alcanzarán sus metas, dado que en la mayoría de casos los cultivos para la producción de biocombustibles se hace a pequeña escala y los precios altos de las materias primas no incentiva su uso para la producción de biocombustibles. Como se mencionó, se espera que el comercio de biocombustibles aumente de manera considerable. (OECD-FAO, 2012)

Dado el incremento en el consumo total de combustible en el sector transporte, así como el incremento en la participación del biodiesel en todo el mundo, y del incremento en las exigencias vía mandato de las mezclas en los combustibles, la FAO prevé que la producción global de etanol alcance los 180.000 millones de litros para el 2021 y para el caso del biodiesel, se espera que la producción alcance los 42.000 millones de litros para el año 2021. No obstante se debe considerar que estas proyecciones pueden ir modificándose dependiendo del precio del petróleo y de

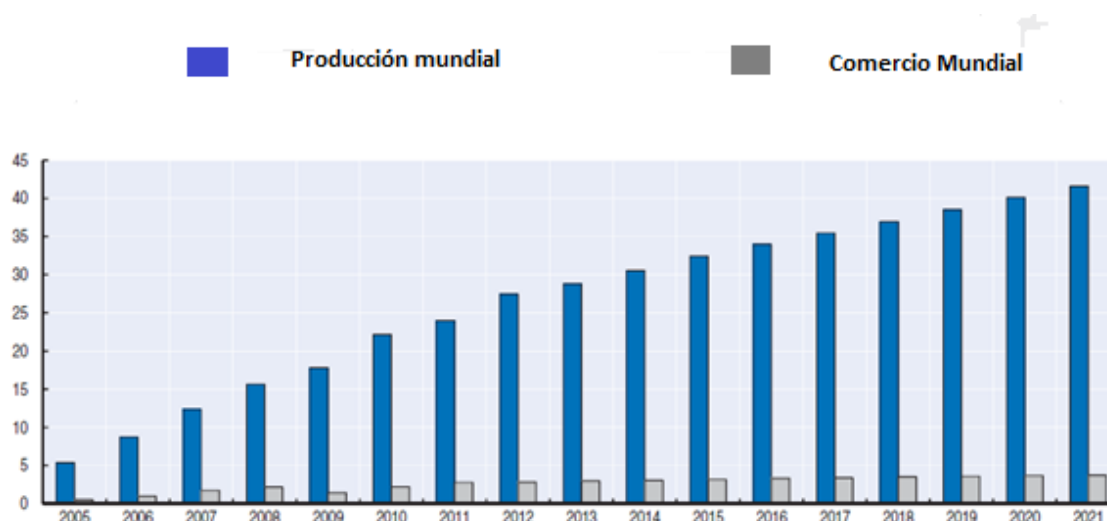
cuándo, efectivamente, se encuentren disponibles los biocombustibles de segunda generación en el mercado.

Gráfico 7: Desarrollo mundial del mercado de etanol



Fuente: OECD – FAO (2012)

Gráfico 8: Mercado mundial de biodiesel



Fuente: OECD – FAO (2012)

En este sentido, y en línea con lo anterior, se espera que en los próximos años los Estados Unidos, Brasil y la Unión Europea continúen dominando en el mercado de los biocombustibles. Por un lado, con la aprobación de la Ley de Seguridad e

Independencia Energética (EISA por sus siglas en inglés) y la implementación del Estándar de Combustibles Renovables en los Estados Unidos, se prevé que se consuman 90.000 millones de litros de etanol y 5.000 millones de litros de biodiesel para el 2021.

En el caso de la Unión Europea, con la puesta en marcha de la nueva Directriz de Energía Renovable, la cual impone para el 2020 una participación del 10% de energía renovable en la mezcla del combustible utilizado en el sector de transporte, se espera que la producción de etanol incremente de manera significativa, alcanzando incluso una participación promedio del 8.3% y una participación biodiesel promedio del 8.5% en el uso de combustibles hacia el 2021. La Unión Europea seguirá siendo indiscutiblemente el mercado de biodiesel más grande, representando más de la mitad de la producción global y la creciente demanda será suplida a través de un incremento en la producción doméstica, complementada a su vez con un incremento en la importación de biodiesel.

Por su parte, en Brasil la producción de etanol continuará siendo principalmente un sector exportador de rápido crecimiento, alcanzando una producción de 51.000 millones de litros para el año 2021 y representando el 28% del mercado global (OECD-FAO, 2012). Brasil continuará siendo uno de los proveedores más competitivos en el mercado internacional, en el cual se espera que el intercambio llegue a niveles de 13.000 millones de barriles hacia el 2018 (OECD-FAO, 2011).

En cuanto a otros países en desarrollo que han implementado metas ambiciosas e incluso mandatos de mezcla, se considera que muchos no lograrán cumplir sus metas pues no cuentan con los desarrollos agrícolas necesarios y el incremento de los precios de materias primas genera incentivos para la exportación de estos productos lo que limita el desarrollo de industrias de biocombustibles. En los países que ya cuentan con cierto desarrollo y un potencial fuerte para la producción de caña de azúcar y melazas como India, Tailandia, Colombia y Filipinas, o de aceite vegetal como Malasia, Indonesia y Tailandia se espera que aumenten su consumo de etanol y biodiesel. Argentina se proyecta como un fuerte exportador de biodiesel y para el 2021 será el mayor productor de biocombustibles de los países en desarrollo, gracias a los incentivos fiscales para la exportación y a los mandatos de mezcla doméstica. A pesar de los esfuerzos que muchos países en desarrollo han realizado por desarrollar industrias de biocombustibles, con excepción de Argentina y Brasil, éstos permanecen por debajo de sus metas y en ninguno ha logrado consolidar una industria orientada a las exportaciones ni se espera que lo logre en los próximos años. (OECD-FAO, 2012)

Se espera que en el futuro la rápida expansión en la producción de biocombustibles, destinada a satisfacer el consumo determinado vía mandato, continúe generando fuertes presiones sobre otras materias primas como el trigo, maíz, semillas

oleaginosas y azúcar. Por ejemplo, la importancia relativa del aceite vegetal como un insumo energético será crecientemente contingente de los mandatos políticos del consumo de biocombustibles y otras políticas de apoyo, a la vez que la rentabilidad de la producción del biodiesel vis a vis el precio del diesel continúa siendo un desafío. De acuerdo con las proyecciones de la FAO (2011) la demanda derivada del aceite vegetal para la producción de biodiesel puede llegar a representar 20% del consumo global de aceite vegetal hacia finales del año 2018.

De manera similar, se espera que la caña de azúcar registre un incremento significativo en el área total cultivada de manera que para el 2018 se obtenga un crecimiento del orden del 2% en la producción total. Sin embargo, qué tanto de este incremento se traduzca a una mayor producción de azúcar dependerá de qué tanta caña de azúcar destine Brasil, el más grande productor y exportador de azúcar, a la producción de etanol.¹⁰ Dado los bajos costos de producción y el potencial de agregar una cantidad significativa de tierra a la producción, se espera que la producción de azúcar de Brasil crezca en un 36% hacia finales del 2018. No obstante, el resultado dependerá de los precios relativos entre el etanol y el azúcar, donde se prevé que el 60% de la producción de caña sea utilizada para la producción de etanol hacia finales del 2018.(OECD-FAO, 2011)

3.2.5. Obstáculos a la producción de biocombustibles en el mundo

La producción de biocombustibles es controvertida porque no es fácil determinar sus costos y beneficios de manera exacta. Adicionalmente, el mercado de biocombustibles y su rentabilidad depende de diversos factores como el precio de los alimentos, del petróleo y por supuesto de las políticas de apoyo al sector. Por ejemplo, entre los años 2008 y 2009 se presentó una desaceleración en la tasa de crecimiento, debido a menores inversiones en plantas de biocombustibles por una restricción en el acceso al crédito, cecuencia de la crisis económica global. También el aumento en los precios de las materias primas entre el 2006 y el 2008 y las bajas en el precio del petróleo, así como una menor demanda influyeron en la desaceleración. Todo esto afecta la competitividad de los biocombustibles frente a los combustibles fósiles que pretenden remplazar. El costo de las políticas fiscales es otro de los temas relevantes en la discusión sobre la producción de biocombustibles y su costo-efectividad.

Por otra parte, existen grandes preocupaciones sobre el posible impacto negativo que el uso de biomasa para la producción de combustibles puede tener sobre la seguridad alimentaria, pues este nuevo uso que se le puede dar a los *commodities* agrícolas

introduce un nuevo determinante en el mercado de alimentos que puede afectar tanto su disponibilidad como su precio.

De igual manera, el impacto que los biocombustibles pueden tener sobre el medio ambiente es una fuente de preocupación y se puede convertir en un obstáculo para su desarrollo. Existen varias controversias sobre los beneficios y costos de la producción y consumo de biocombustibles en el mundo. Las dos mayores críticas a los biocombustibles son la presión que su producción puede hacer sobre el uso de suelo, incentivando la deforestación y aumentando el precio de los alimentos, y el alto nivel de emisiones ligados a su producción. Por ejemplo, la producción de etanol a partir de maíz puede generar altas cantidades de GEI a través del uso de tractores, fertilizantes y plantas de procesamiento. De igual manera, el biodiesel fabricado con palma de aceite puede tener una gran huella de carbono, así como consecuencias muy negativas para la biodiversidad si se deforesta bosque tropical para las plantaciones de palma. En particular deben ser tenidos en cuenta temas asociados al balance energético (ciclo de vida), las emisiones locales y globales y la expansión de la frontera agrícola, los cambios de uso de suelo y los impactos que esto tiene sobre la biodiversidad y la calidad del suelo y de los recursos hídricos.

Incrementos en los precios de los alimentos

El elemento más controversial de las discusiones sobre las políticas de promoción de los biocombustibles es que estos han generado grandes incrementos en los precios de los alimentos. Donald Mitchell (2008) hizo una caracterización completa de estos incrementos y de todas sus causas desde el 2005 al 2008¹¹ y encuentra que los incrementos en el precio del petróleo y de fertilizantes contribuyeron con un aumento de 15% en los precios de alimentos básicos comercializados internacionalmente. La depreciación del dólar es responsable por un 20% adicional y las sequías y malas cosechas por unos puntos porcentuales más. El principal factor detrás de este fenómeno es el aumento de producción de biocombustibles a partir de granos en Estados Unidos y semillas oleaginosas en Europa, responsable por un incremento de más del 60% en el precio. Por su parte Searchinger (2009) también encuentra que la producción de biocombustibles en Europa y en los EEUU ha contribuido de manera significativa a los incrementos en los precios de la comida. Se espera que en 2013 los precios de los alimentos vuelvan a aumentar de manera significativa por la escasez de tierra que la producción de biocombustibles genera en conjunto con la especulación en los mercados de futuros (Lagi, M.; Yavni Bar - Yam; K.Z. Bertrand; Yaneer Bar-Yam, 2011)

¹¹El Índice del FMI de productos básicos comercializados internacionalmente aumentó 130% de enero 2002 a junio de 2008 y 56% de enero 2007 a junio de 2008. El precio del maíz entre enero de 2005 a junio de 2008 se triplicó, mientras que los precios del trigo incrementaron en 127%, del arroz en 170% y de aceite de palma en 200% (Mitchell 2008).

Sin embargo, es importante señalar que la producción brasilera de etanol a partir de caña de azúcar no ha contribuido de manera notable al incremento en los precios de alimentos básicos globales debido a que el aumento en la producción de caña ha impulsado, aún con los incrementos en la producción de etanol, la producción de azúcar de 17,1 millones de toneladas métricas en equivalente de azúcar crudo (tmvc) en el 2000 a 32,1 tmvc en el 2007, casi el doble. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que los precios de los alimentos se ven influenciados por la especulación en los transables de commodities.

Emisiones de GEI

Otro de los debates internacionales importantes gira alrededor de cómo se debe contabilizar la reducción en emisiones de GEI al remplazar combustible fósil por biocombustible.

Antes del 2008, el consenso era que los biocombustibles disminuían las emisiones de CO₂ en diferentes magnitudes dependiendo del cultivo insumo utilizado en la producción del biocombustible (Farrell et al. 2006). La idea detrás de este consenso era que aunque la producción tanto de combustibles fósiles como de biocombustibles emitía en términos generales el mismo bióxido de carbono, a la producción de biocombustibles debía restársele un “crédito” debido a que cuando la planta insumo crecía, ésta absorbía bióxido de carbono de la atmósfera.

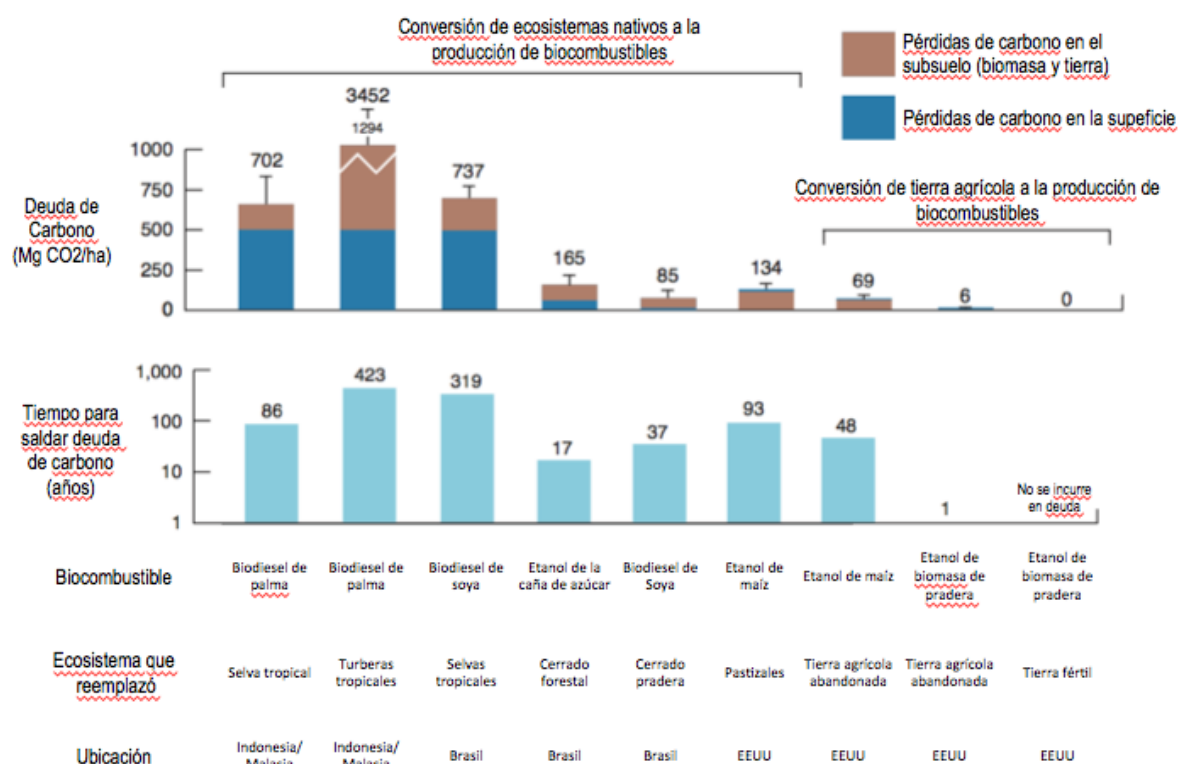
Searchinger et al. (2008) critican esta visión, ya que argumentan que la producción de biocombustibles desplaza tierra y granos de la producción de alimentos, y que al subir los precios de éstos, se generan incentivos para expandir las fronteras agrícolas alrededor del mundo. Este proceso libera CO₂ a la atmósfera al descomponerse o quemarse la materia vegetal que cubría esos terrenos (cuya biomasa no necesariamente es equivalente a la de los nuevos cultivos) y si el CO₂ capturado por los cultivos al crecer no es igual a la que capturaba el ecosistema nativo.

Esto puede suceder de manera directa, en la medida en que los cultivos que remplazan el ecosistema previo se utilizan para biocombustibles, o de manera indirecta, si tierra que antes se utilizaba para otros cultivos se asigna para insumos de biocombustibles y esos otros cultivos comienzan entonces a producirse en zonas que antes eran ecosistemas naturales.

Adicionalmente, en la medida en que nuevos predios se abren a la agricultura aumenta el riesgo de que predios aledaños también sean deforestados para actividades agropecuarias porque se facilita el acceso a ellos. Finalmente, al abrir la tierra en las tareas de preparación para la agricultura se libera carbono que hasta entonces se encontraba confinado en el suelo.

Las emisiones del cambio de uso de suelo directo o indirecto por la producción de biocombustibles pueden ser considerables, como se puede apreciar en la figura 3. Por ejemplo, producir biodiesel a partir de palma de aceite en tierras que antes eran selva tropical (como sucedió en Indonesia o Malasia) libera a la atmósfera 702 Mg de CO₂ por hectárea transformada. Una cuarta parte de estas emisiones corresponden a carbono en el subsuelo y el resto a pérdidas de carbono por la vegetación en la superficie. Lograr recuperar esas pérdidas utilizando el biocombustible en lugar de algún combustible fósil tomará 86 años. En el otro extremo se encuentra la producción de etanol a partir de biomasa de pradera o pastos en tierra agrícola. En ese caso no hay emisiones asociadas al cambio de uso de suelo y por tanto no hay deuda.

Figura 3: Efectos en las emisiones de CO₂ por la conversión de distintos suelos y ecosistemas



Fuente: Fargione et al., 2008.

Ahora bien, contabilizar las emisiones asociadas a estos procesos es tarea difícil, ya que requiere conocer con mucho detalle el uso que se le da a distintas tierras. Esto es particularmente complicado en países en vías de desarrollo por los vacíos de información existentes.

Sobra decir que hay ecosistemas que por su valor intrínseco no se deben remplazar (bosques húmedos y tropicales), independientemente de que se salde la deuda de carbono asociada a su transformación.

Efectos sobre la biodiversidad

A nivel internacional, especialmente en Europa (Eickhout et al, 2008), se ha discutido ampliamente el impacto de los biocombustibles en la biodiversidad. Este impacto se da por el cambio de uso de suelo asociado con la producción de biocombustibles. En la medida en que se pierden ecosistemas complejos como selvas o bosques para sembrar monocultivos, las pérdidas de biodiversidad son enormes y difícilmente justificables por los posibles beneficios de los biocombustibles.

La base de todo ecosistema es la diversidad. Los monocultivos por definición no tienen diversidad vegetal, y por ende, disminuye la diversidad animal. Al desaparecer predadores naturales, se propagan con más facilidad plagas que deben ser controladas con pesticidas que contaminan el suelo, el agua y el aire. Por otra parte, el daño a los suelos es considerable al no haber rotación en el monocultivo. Se agotan los nutrientes del mismo y es necesario remplazarlos con fertilizantes químicos.

Este es el caso de Malasia e Indonesia. En Malasia, de 1990 a 2005, más de la mitad de la expansión en los cultivos de palma de aceite ocurrió en detrimento de bosques tropicales. Mientras que los bosques secundarios (plantaciones forestales) pueden albergar el 80% de las especies que se encuentran en un bosque virgen, una plantación de palma de aceite puede albergar solamente al 20% de esas especies. (GSI, IISD, 2008) Una situación similar ocurrió en Indonesia, donde el acelerado ritmo de deforestación entre 1990 y 2005 (atribuido a varias causas y no solamente a una mayor demanda por la palma de aceite) llevó a la pérdida de más de 28 millones de hectáreas de selvas; en 1.7 millones de ellas hay plantaciones de palma de aceite operando (GSI, IISD, 2008).

4. Biocombustibles en Colombia

Desde el año 2001 el gobierno nacional ha implementado una política orientada a promover la producción de biocombustibles en el país mediante herramientas normativas e incentivos económicos con el fin de aprovechar las oportunidades de desarrollo económico y social que ofrecen los mercados de biocombustibles.

El objetivo de la política es expandir los cultivos de materias primas para la producción de biocombustibles existentes en el país y generar plantas de producción de biocombustibles dentro de un marco de producción eficiente y sostenible económica, social y ambientalmente que permita competir con el mercado internacional.

El mercado del etanol en Colombia se inició en el 2002, gracias a la emisión de la Ley 693 de 2001 que establecía una mezcla obligatoria de alcohol carburante con la gasolina que consumen los vehículos automotores en todo el país. Desde el 2005 se implementaron mezclas obligatorias de alcohol carburante en la gasolina y actualmente corresponden a 8% (E8). En cuanto al biodiesel, la Ley 939 de 2004, estableció que el combustible diesel que se utilice en el país podría contener biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en motores diesel. Actualmente, la regulación ordena una mezcla obligatoria de 7% o 10%, según la región.

En esta sección se describe la normatividad que rige la política de biocombustibles en el país y la producción de etanol de caña de azúcar y biodiesel de palma de aceite.

4.1. Normatividad

La política de biocombustibles está enmarcada por distintas iniciativas y normas que buscan promoverla. Los lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia se encuentran planteados en el documento Conpes 3510 (2008) y los incentivos a la producción y mandatos de consumo se han especificado en diferentes leyes, decretos y resoluciones. Además, la promoción de biocombustibles ha estado plasmada en los dos Planes Nacionales de Desarrollo.

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006 -2010 establece la intención del gobierno para promover los biocombustibles y adicionalmente considera que los biocombustibles son uno de los productos estratégicos para la Apuesta exportadora agropecuaria (p. 320). Por su parte, el PND 2010 - 2014 establece que “el Gobierno nacional implementará acciones orientadas a: (1) realizar una revisión de los avances actuales del programa de mezclas analizando la viabilidad y eficiencia de aumentar los porcentajes de dichas mezclas; (2) continuar con el Comité Intersectorial de Biocombustibles como instancia de coordinación interinstitucional; (3) reglamentar

técnica y económicamente las estaciones de servicio, plantas de abastecimiento, y refinerías del país para el uso de la tecnología Flex-Fuel y definir las condiciones de mercado que permitan la existencia de vehículos de este tipo en el país; (4) avanzar en los estudios y las certificaciones necesarias para posicionar los biocombustibles del país en los mercados internacionales; (5) continuar participando en las iniciativas internacionales y de cooperación técnica con otros países, con miras a mantener actualizados los estándares internacionales de calidad de biocombustibles y garantizar las opciones de acceso a mercados con potencial de utilización de dichos productos; y (6) adelantar estudios que permitan medir la potencialidad del país en cuanto a la producción de biocombustibles de segunda generación y de ser el caso expedir las regulaciones técnicas y económicas para su implementación.” (Departamento Nacional de Planeación, 2010) (p. 614) Actualmente, el desarrollo de los biocombustibles se encuentra priorizado en las estrategias de los sectores agrícola y de energía, identificándose como un sector potencial dentro de las políticas de desarrollo del país (Conpes 3510, 2008). De igual manera, el Plan Energético Nacional plasma el objetivo de maximizar la participación de los biocombustibles, sujeto a evaluaciones de conveniencia técnica, económica y ambiental.

4.1.1. Generando demanda por los biocombustibles: alcohol carburante

Las leyes que impulsaron y que regulan la operación de biocombustibles en Colombia son la Ley 693 de 2001 y la Ley 939 de 2004. La Ley 693 estableció que en un período de cinco años todas las gasolinas utilizadas en los centros urbanos del país de más de 500,000 habitantes debían contener componentes oxigenados como etanol carburante¹² de una calidad y en cantidades definidas por el Ministerio de Minas y Energía (MME).

A través de la Resolución 18 0687 de 2003, mediante la cual se expidió la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, el MME determinó que la gasolina básica en ciudades grandes debía tener un 10% +/- 0,5% de alcohol carburante a más tardar el 27 de septiembre de 2005 para Bogotá D.C., Cali, Medellín y Barranquilla y a más tardar el 27 de septiembre de 2006 para Bucaramanga, Cartagena, Cúcuta y Pereira. La Resolución 18 1708 de 2004 modificó este último artículo y precisó cuáles plantas de abasto mayorista debían cumplir con la anterior Resolución a través de todo el país, extendiendo así el alcance de la ley.

Sin embargo, dadas las proyecciones que se hicieron algunos meses después, en la Resolución 18 1069 de agosto de 2005 se reorganizaron las fechas en que distintas plantas de abasto mayorista debían cumplir con las anteriores resoluciones. Se determinó que las plantas en Cali y en el centro-occidente del país debían cumplir con

¹²Etanol anhidro obtenido a partir de la biomasa y que se mezcla con gasolina

la normatividad a partir del primero de noviembre de 2005 y que aquellas ubicadas en Bogotá y su área metropolitana lo debían hacer a partir del primero de enero de 2006; la obligatoriedad de estas resoluciones para el resto del país se postergó hasta una futura resolución. Con respecto a Bogotá, el Artículo 1º de la Resolución 18 1761 de 2005 aplazó un mes, hasta el primero de febrero del 2006, el plazo para que las plantas mayoristas comenzaran a adicionar biocombustible a su gasolina.

Una vez iniciado el programa con mezclas de 10% de alcohol carburante, con la Resolución 182368 se decidió ampliar la cobertura de este programa, para lo cual fue necesario disminuir la mezcla de un 10% a un 8%. Fuera de la suspensión de las mezclas en diciembre del 2010 y en enero y febrero de 2011 por el desabasto causado por el invierno, el nivel de mezclas se ha mantenido relativamente estable alrededor del 8% y 10% dependiendo de la zona del país. El constante monitoreo de las condiciones de oferta por parte del Ministerio de Minas y Energía ha permitido cambiar los niveles de mezcla para enfrentar una variedad de eventualidades, buscando tanto promover la inversión de manera constante como minimizar ineficiencias en casos de posibles desabastecimientos por falta de materia prima. (Para ver evolución del nivel de mezcla por regiones a ver anexo 1).

4.1.2. Generando demanda por los biocombustibles: biodiesel

La Ley 693 de 2001 autorizó las mezclas con biodiesel. En diciembre de 2004 se expidió la Ley 939 de 2004, por medio de la cual se promovió una mayor producción de biodiesel. La Resolución 18 2142 de diciembre de 2007 introdujo el diesel mezclado en un 5% para la Costa Atlántica. Luego de un proceso gradual en que diferentes regiones fueron incluidas en el programa de mezclas, en septiembre de 2010 el país entero, con la excepción de los municipios y departamentos de frontera que quedaron exentos del programa debido a la Ley 685 de 2001, se encontraban operando con un 10% de biodiesel o un 7% en el caso de Bogotá y algunos departamentos de los Llanos Orientales. (Para ver la evolución del nivel de mezcla por regiones ver anexo 1).

4.1.3. Exenciones de impuestos: promoviendo la inversión y fortaleciendo la oferta

Los procesos de desgravación y de promoción a la inversión comenzaron con la aprobación de la Ley 788 de 2002¹³, con la que se generaron varias exenciones. En relación con el impuesto sobre las ventas, la caña de azúcar y el alcohol carburante quedaron exentos en su totalidad; por su parte, el impuesto a las ventas del fruto de la

¹³ Ver Artículos 30, 31, 34, 88.

palma de aceite y del azúcar se redujo del 16% a 7%. Esta ley estableció también una exención al impuesto global y a la sobretasa al alcohol carburante.

De manera similar, con la Ley 939 de 2004 se estableció que la renta generada por el aprovechamiento de la palma de aceite, entre otros cultivos de tardío rendimiento, estaría exenta de pagar impuestos por un período de diez años. Así mismo, se generaron excepciones al pago del impuesto a las ventas y al impuesto global para el biodiesel destinado a mezclar con ACPM.

Por otro lado, la Ley 1111 de 2006 permitió, en su artículo octavo y a partir del 10 de enero de 2010, la deducción de hasta 40% del valor de las inversiones que se hicieran en activos fijos reales productivos para el pago del impuesto sobre la renta, influenciando positivamente la inversión agroindustrial. Adicionalmente, a través del Decreto 383 de 2007 (modificado por el Decreto 4051 de 2007) se crearon los requisitos para solicitar la declaración de existencia de Zonas Francas Permanentes Especiales para seguir estimulando grandes proyectos agroindustriales¹⁴.

Contemporáneo a la serie de resoluciones que se expidieron entre el 2007 y el 2008, el Documento CONPES 3510 del 2008 describió los retos, oportunidades y pasos que debe afrontar, aprovechar y seguir esta industria para poder competir en mercados nacionales e internacionales. En cuanto a la normatividad relevante y vigente de la época, este documento hace referencia a que en el marco del programa Agro Ingreso Seguro se estructurarían líneas de crédito para la siembra de cultivos insumos en la producción de alcohol carburante y biodiesel. El Fondo de Capital de Riesgo del mismo programa también brindaría apoyos a proyectos agroindustriales; a su vez, el Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) impulsó tanto el establecimiento y la renovación de cultivos de palma de aceite como la construcción de infraestructura para el procesamiento de biomásas (CONPES 2007, 11).

Con respecto al Fondo de Capital de Riesgo, la directriz del Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 había sido clara: se le debía dar prelación al financiamiento de proyectos agroindustriales y de producción de biocombustibles en zonas azotadas por el narcotráfico, la pobreza y la violencia (Ley 1151 de 2007, Artículo 23). Finalmente, los créditos institucionales de FINAGRO al sector palmero venían desde tiempo atrás y aumentaron en los años de la política con un crecimiento anual promedio entre 2001 y 2009 de 38% (Fedepalma, 2010).

¹⁴El monto de inversión necesario para conseguir la declaratoria de existencia de una Zona Franca Permanente Especial para un proyecto agroindustrial debía ser de 75.000 S.M.M.L.V o la vinculación de 500 o más trabajadores. Entre los beneficios tributarios y aduaneros para los proyectos agroindustriales en estas zonas se incluyen que el impuesto a la renta no excederá de 15% (excepto para operadores comerciales); tampoco se pagarán impuestos aduaneros a las importaciones, ni IVA a las exportaciones o a materias primas, insumos y bienes terminados que se vendan desde el territorio aduanero nacional a usuarios industriales de la Zona Franca (Mincomercio 2010)

4.1.4. Política de precios

Otro de los instrumentos para promover la expansión de cultivos, orientados a abastecer el sector energético es la política de precios. En Colombia el MME es el ente responsable de la regulación de precios de los biocombustibles. En la medida que no existe un mercado que pueda ser tomado como referencia para la definición del precio de estos bienes, el MME estableció un esquema regulatorio que busca reconocer los costos de oportunidad de los productos complementarios y de los usos alternativos de las materias primas utilizadas en su producción, así como los costos eficientes de transformación de las materias primas (Conpes 3510, 2008).

Biodiesel

El cálculo del ingreso al productor de biodiesel se encuentra definido en la resolución 181780 de 2005, modificada por las resoluciones 180134 de enero de 2009 y 181966 de noviembre de 2011.

El ingreso máximo al productor del biocombustible para uso en motores diesel será el que resulte de establecer el mayor precio, entre los siguientes tres precios¹⁵:

- 1) Un precio que tome como referencia el costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para la producción del biocombustible, en este caso se calcula a partir del precio de referencia del mercado interno de aceite de palma, con sus respectivos ajustes por calidad. Adicionalmente, se tendrá en cuenta el precio internacional del metanol como insumo en su producción y el cálculo de un Factor Eficiente de Producción.
- 2) Un precio que tome como referencia los precios internacionales del diesel, medido este sobre la base actual en la que se fijan los precios internos de nuestro ACPM, es decir una ponderación entre la paridad exportación y la paridad importación, al ser el país hoy importador en una porción en esta materia, con un ajuste referido a los cambios en las propiedades de estos combustibles como resultado de la mezcla : i) aumento del precio por mejoras en octanaje y la disminución en el contenido de azufre; y ii) disminución del precio causado por el menor poder calorífico del biocombustible frente al diesel de origen fósil.
- 3) Un precio mínimo que permita atenuar las consecuencias de reducciones considerables en los anteriores precios. Dicho precio se fijó en \$6.545/galón a precios del 2008, bajo análisis de costos de la producción del biocombustible para uso en motores diesel tomando como referencia el

¹⁵ Para ver la fórmula exacta que establece el precio del biodiesel, ver anexo 2.

costo promedio de las materias primas en los últimos 10 años, el cual se debe actualizar anualmente de acuerdo con el comportamiento del índice de precios al productor en un 70% y del comportamiento de la tasa de cambio en un 30%.

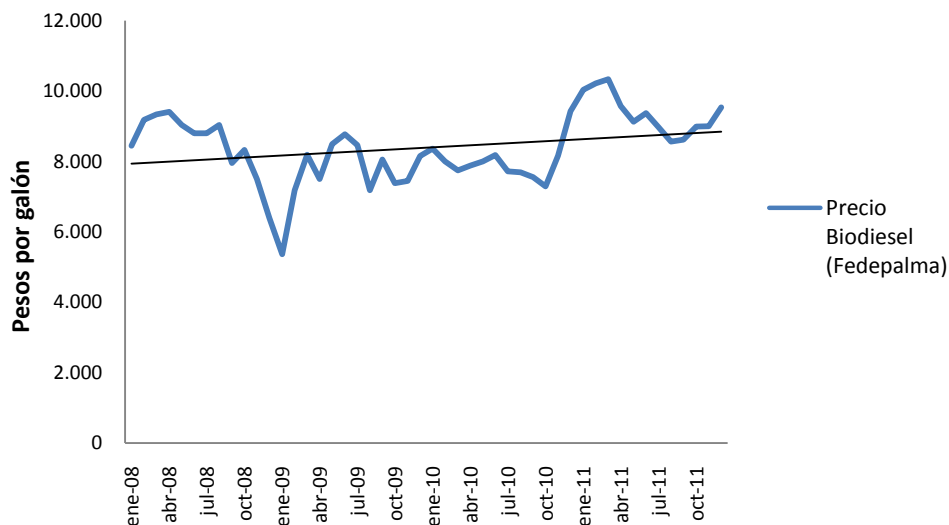
Generalmente, el primer caso es el que se presenta como mayor precio y es el que es pagado a los productores de biodiesel. En este precio el componente de costo de oportunidad de la materia prima corresponde aproximadamente al 75% del ingreso al productor y el costo del metanol y factor eficiente de producción corresponden al 5% y al 15% del total del ingreso al productor respectivamente.

El metanol es importado y su precio se calcula tomando el precio spot en dólar y se tiene en cuenta un factor de utilización para la producción por galón.

El factor eficiente de producción tiene en cuenta i) insumos químicos importados calculados en dólares, ii) bienes y servicios industriales (energía, agua, nitrógeno, ACPM, residuos sólidos, entre otros) calculados en pesos y iii) costos fijos (mano de obra en planta, costos de financiamiento, control de calidad y rentabilidad, entre otros).

El gráfico 10 muestra el ingreso al productor de biodiesel de 2008 a 2011. Se observa una ligera tendencia a la alza.

Gráfico 9: Ingreso al productor de biodiesel 2008-2011



Fuente: Fedepalma (2012a)

Alcohol Carburante

La estructura de precios de la gasolina motor corriente oxigenada, incluyendo la fórmula de cálculo del precio de alcohol carburante en el país, se establece en la Resolución 181088 de agosto de 2005, modificada por las resoluciones 180222, 181232, 180825 y 180643, del 27 de febrero de 2006, 30 de julio de 2008, 27 de mayo de 2009 y 27 de abril de 2012 respectivamente.

El ingreso al productor de etanol está definido como el máximo entre¹⁶:

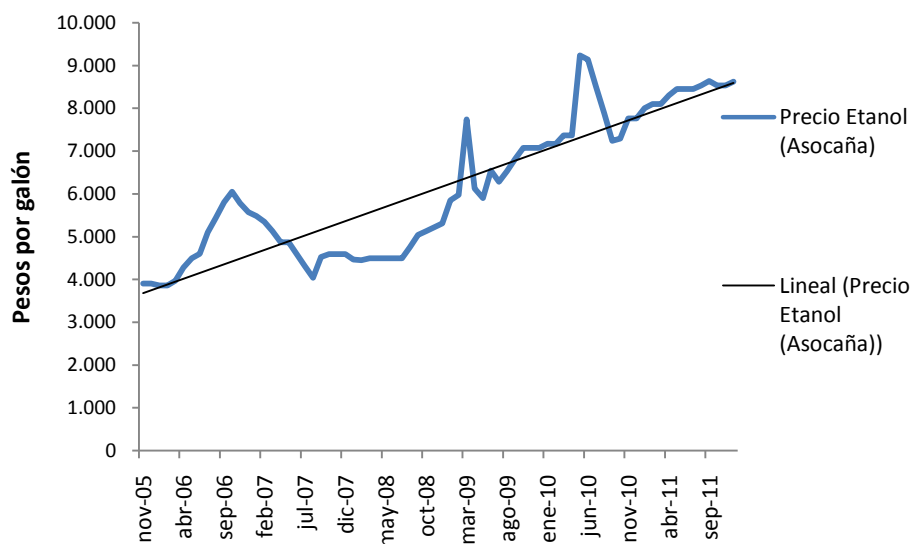
- 1) Un precio que tome como referencia el costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para la producción de alcohol carburante (se calculará a partir del precio de paridad exportación del azúcar blanco refinado, descontados los costos de transporte al puerto de exportación, los beneficios que se obtienen de dicha actividad y el beneficio que se obtiene al utilizar la vinaza en el proceso de producción del alcohol carburante dentro de las actividades agrícolas para la obtención de las respectivas materias primas).
- 2) Un precio que tome como referencia los precios internacionales de la gasolina, ajustados por los cambios en las propiedades de estos combustibles como resultado de la mezcla: a) Aumento del precio por mejoras en octanaje y la disminución en el contenido de azufre; y b) Disminución del precio causado por el menor poder calorífico del alcohol carburante frente a las gasolinas (se calculará a partir del precio paridad exportación de la gasolina. Se tendrá en cuenta la valoración de los beneficios ambientales y de octanaje así como la capacidad calorífica del etanol en relación con la de la gasolina fósil).
- 3) Un precio mínimo que permita atenuar las consecuencias de reducciones considerables en los anteriores precios (\$4.496.88/galón. Se actualiza de acuerdo con el comportamiento del IPP (70%) y de la tasa de cambio (30%)).

Adicionalmente, con el fin de mitigar el impacto del precio del alcohol carburante sobre el precio de los combustibles y en general sobre los consumidores finales, bajo la filosofía de tener un combustible de mejor calidad a un precio similar, se hace necesario establecer un techo al precio de dicho producto en el país, el cual en ningún caso podrá ser superior al precio de referencia para Bogotá de la gasolina motor corriente oxigenada del mes anterior, además de señalar que en el cálculo de la paridad exportación del azúcar blanco se tomará como referencia el promedio móvil de los últimos 6 meses (Ministerio de Minas y Energía).

¹⁶ Para ver la fórmula que establece el precio de la gasolina mezclada con etanol ver anexo 2.

El gráfico 10 muestra el precio del etanol de 2005 a 2011. Como puede verse tiene una tendencia a la alza, principalmente por el aumento en el precio internacional del azúcar en el periodo.

Gráfico 10: Ingreso al productor de etanol 2005-2011



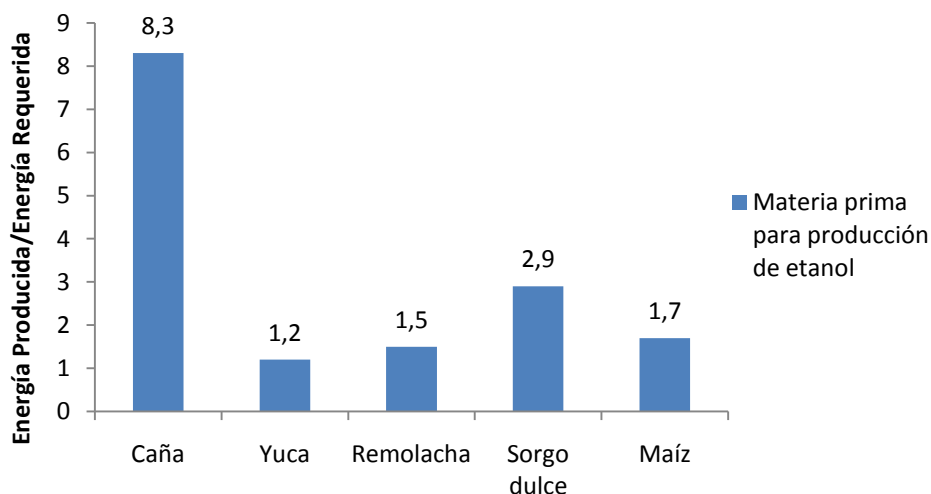
Fuente: Datos ACP. Asocaña (2012). Elaboración propia.

4.2. Producción nacional de biocombustibles

4.2.1. Producción de etanol

El etanol en Colombia se produce a partir de caña de azúcar debido a que la producción de caña de azúcar se encuentra consolidada en el país y presenta mayor eficiencia energética frente a otras materias primas a partir de las cuales se produce etanol.

Gráfico 11: Eficiencia energética



Fuente: MME con base en Goldman Sachs y LMC en el documento Conpes 3510

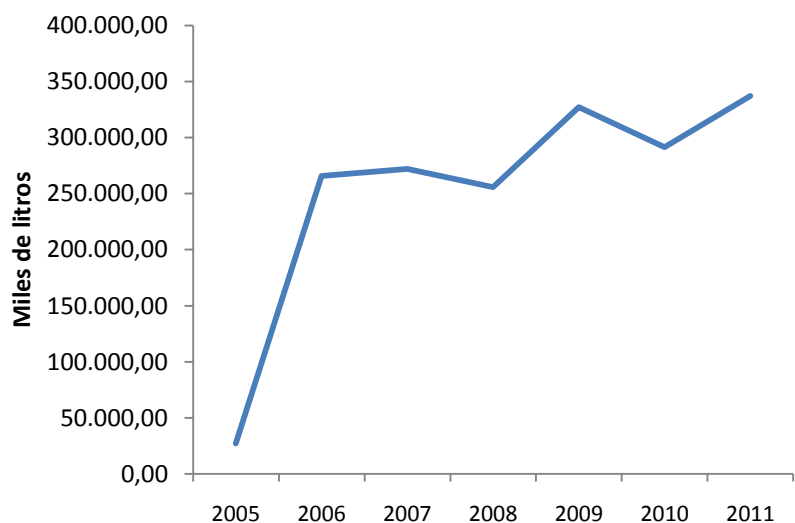
La producción de etanol en Colombia se lleva a cabo principalmente en el Valle del río Cauca, principalmente en los departamentos Cauca, Valle, Risaralda y Caldas, abarcando 47 municipios. En esta región hay 218.311 hectáreas sembradas en caña para azúcar, de las cuales el 24% corresponde a tierras propias de los ingenios y 76% el restante a más de 2.000 cultivadores de caña. Dichos cultivadores abastecen a los 13 ingenios de la región (La Cabaña, Carmelita, Manuelita, María Luisa, Mayagüez, Pichichí, Risaralda, San Carlos, Tumaco, Ríopaila-Castilla, Incauca y Providencia).

En el año 2010 el departamento del Valle del Cauca participó con el 95.6% de la producción nacional de caña de azúcar¹⁷, Cauca con el 1.8%, Caldas con el 1.3%, Risaralda con el 1.2% y Norte de Santander con el 0.1%. En el mismo año, el 55.3% de la producción se concentró en 5 municipios: Palmira produjo el 21.7% del total nacional, Candelaria el 13.3%, El Cerrito el 9.4%, Zarzal el 5.7% y Jamundí el 5.2%. (MADR, 2010)

En Colombia, en el año 2011, se produjeron 2,3 millones de tmvc¹⁸ de azúcar a partir de 22,7 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 337 millones de litros, destinados a la mezcla con gasolina en una proporción E8 (8% etanol, 92% gasolina), de acuerdo con el mandato de oxigenación establecido por el gobierno (Asocaña, 2012).

Gráfico 12: Producción alcohol carburante

¹⁷ No incluye caña panelera

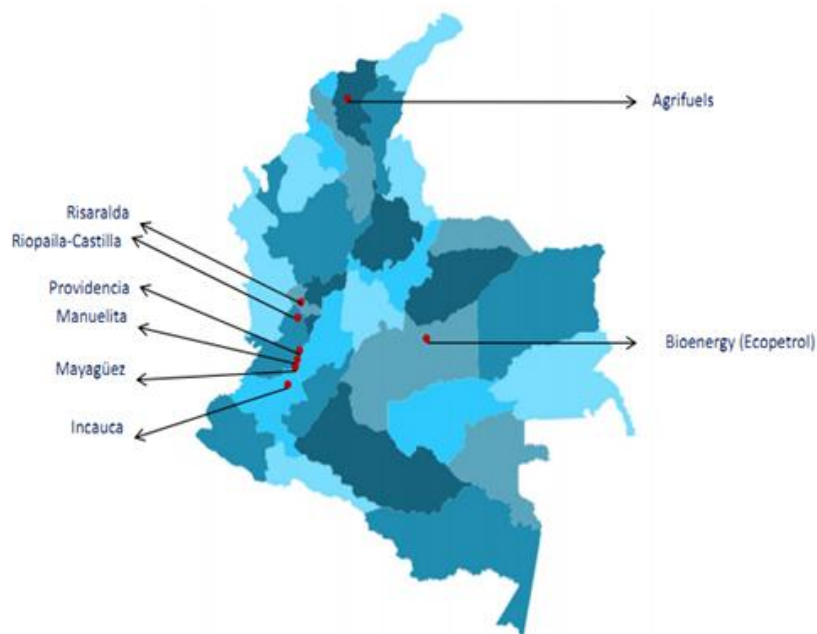


Fuente: Asocaña – Balance azucarero 2011

Desde 2005 la producción de alcohol aparece como un nuevo negocio que aporta sostenibilidad al sector azucarero y a su área de influencia. Las cinco destilerías productoras de etanol que se encuentran operando actualmente están ubicadas en el Valle del río Cauca (Incauca, Manuelita, Providencia, Mayagüez y Risaralda) con una capacidad de 1.050.000 litros por día. Durante el año 2011 se realizaron tres ampliaciones a estas destilerías y la capacidad instalada alcanzó 1.250.000 litros al día, lo que implica que se podrían producir más de 412 millones de litros de alcohol al año.

Esta producción es suficiente para atender la demanda de etanol del país para oxigenar el 8% de la gasolina. Hay tres nuevos proyectos de gran escala que se están desarrollando, dos de ellos en zonas que no son tradicionalmente cultivadores de caña de azúcar, una en el municipio de Puerto López, Meta (Bioenergy) y la otra en el municipio de Pivijay, Magdalena (Agrifuels). La tercera se establecerá en el Zarzal, Valle del Cauca (Río Paila). En el año 2014 entrarían en operación estos tres proyectos con una capacidad de producción adicional de 500.000 litros por día. Se estima que estos proyectos podrían comenzar a operar en el segundo semestre de ese año. Así, la producción de alcohol en 2014 alcanzaría los 706 millones de litros, suficiente para una mezcla de 15.8% con gasolina del país(Asocaña, 2011).

Mapa 1: Ubicación destilerías de alcohol carburante



Fuente: Asocaña (2011)

Tabla 3: Destilerías en operación para la producción de etanol

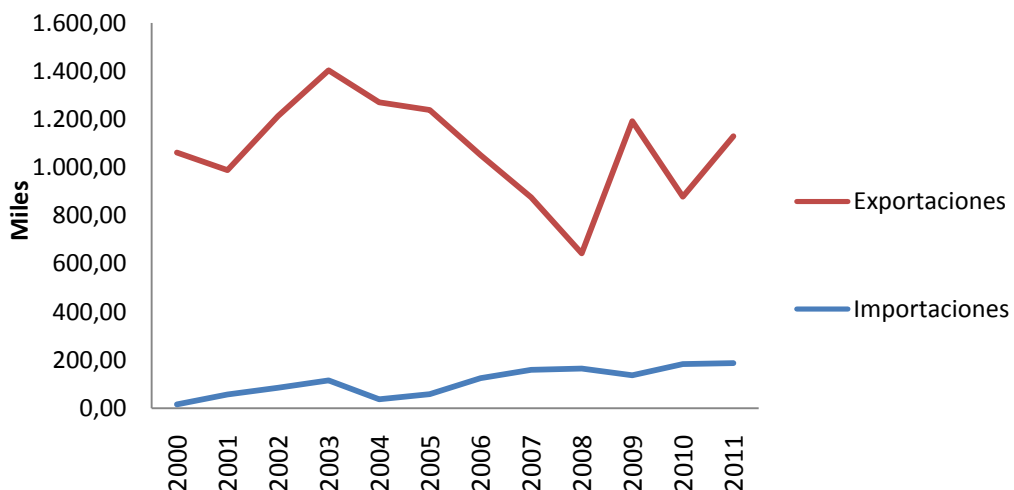
No.	Región	Inversionista	Capacidad (L/Día)	Absorción Azúcar Crudo (T/Año)	Área Sembrada (ha)	Empleos Directos	Empleos Indirectos
1	Miranda, Cauca	Incauca	350.000	97.690	11.942	2.171	4.342
2	Palmira, Valle	Ingenio Providencia	300.000	65.126	9.287	1.688	3.376
3	Palmira, Valle	Manuelita	250.000	81.408	8.721	1.586	3.172
4	Candelaria, Valle	Mayagüez	250.000	48.845	6.587	1.198	2.396
5	La Virginia, Risaralda	Ingenio Risaralda	100.000	32.563	3.004	546	1.092
TOTAL en Producción			1.250.000	325.632	39.541	7.189	14.378

Fuente: Fedebiocombustibles (2012)

Sin embargo, durante los últimos diez años el área neta sembrada en caña de azúcar ha crecido lentamente, pasando de 205 mil hectáreas en 2002 a 224 mil hectáreas en 2012. Este crecimiento ha sido marginal, especialmente frente al crecimiento registrado en la década de los años noventa, cuando fue cercano al 30%, como

consecuencia de la sustitución de cultivos menos rentables, producto del proceso de apertura económica que vivió el país(Asocaña, 2012). De esta forma, la producción de etanol se ha dado a partir de sustituir producción de azúcar generando una reducción temporal en las exportaciones.

Gráfico 13: Comercio exterior azúcar (TMVC)

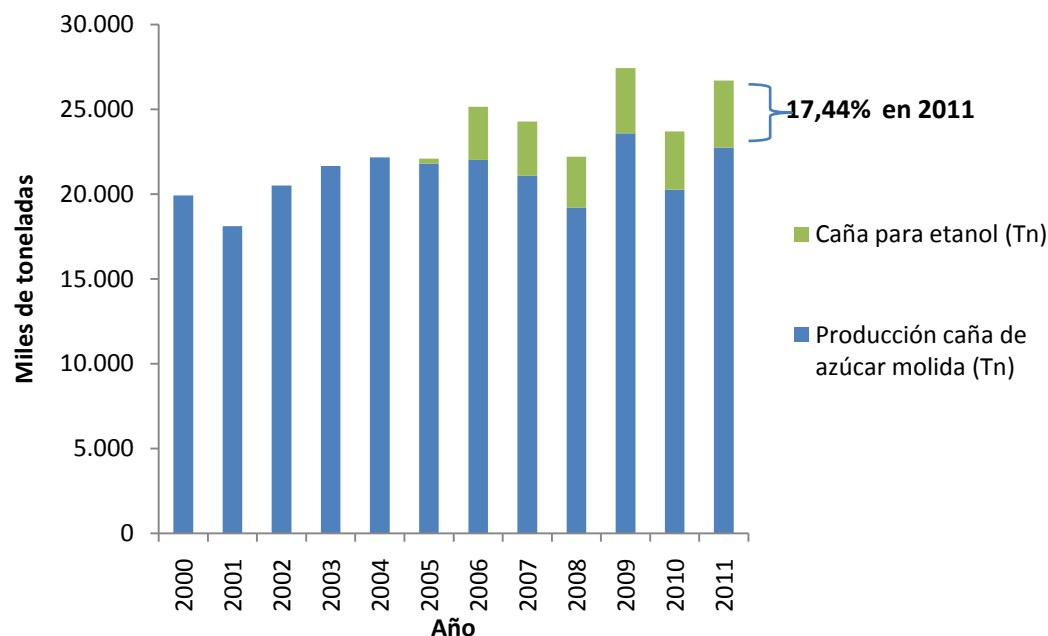


Fuente: Datos Asocaña 2011. Elaboración Fedesarrollo.

Sin embargo, los rendimientos en términos de toneladas de caña de azúcar por hectárea han crecido, pasando de 103,2 en 2001 a 122,1 en 2011 y se han incorporado nuevas áreas a la producción de caña de azúcar, lo que ha permitido un crecimiento tanto de la producción como de las exportaciones(Asocaña, 2012). Por su parte, las importaciones, aunque son muy pequeñas en comparación nacional, han presentado una tendencia creciente.

A partir de 2007, aproximadamente 18% de la caña molida se utiliza para producir etanol, como se muestra en el gráfico 16.

Gráfico 14: Producción de caña de azúcar destinada a etanol



Fuente: Datos Asocaña (2011). Elaboración Fedesarrollo.

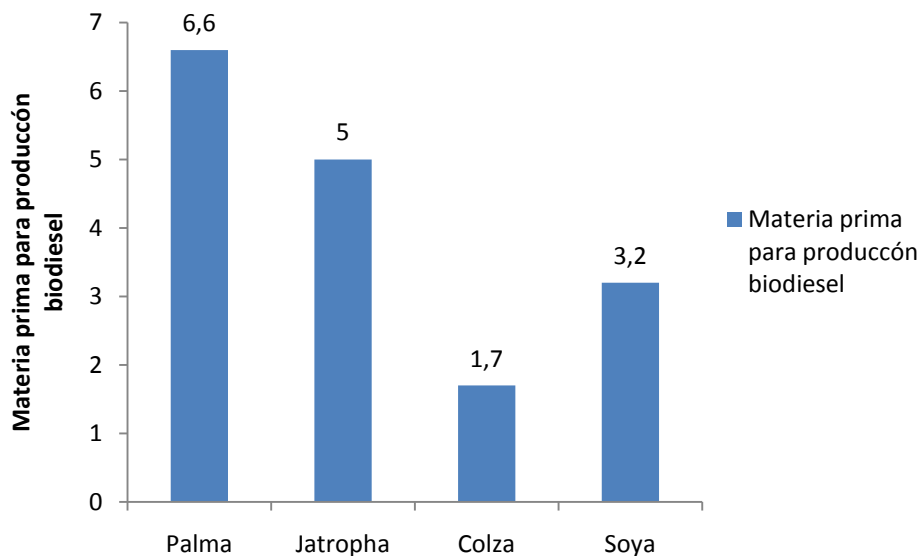
En este sentido, la PNBC que establece mezclas para la gasolina ha tenido diferentes impactos; en primer lugar ha desarrollado una industria complementaria a las industrias azucareras existentes en el Valle del Río Cauca, en donde ingenios han anexado a sus instalaciones plantas productoras de etanol. En segundo lugar, se están desarrollando nuevos proyectos en regiones en donde la caña de azúcar no es un producto agrícola tradicional, lo que puede generar nuevas dinámicas en las economías locales (caso de Bioenergy y Agrifuels).

Actualmente se están desarrollando investigaciones a través de Cenicaña para poder producir etanol a partir de la biomasa de la caña y de esta manera no reducir la producción de azúcar por la producción de biocombustibles.

4.2.2. Producción de biodiesel

En Colombia la principal materia prima utilizada para producir biodiesel es el aceite de palma debido a que presenta un mayor rendimiento en el proceso de producción frente a otros aceites y también por su mayor eficiencia energética, entre otras razones.

Gráfico 15: Eficiencia energética de materias primas para producción de biodiesel



Fuente: Ministerio de Minas y Energía con Base en Goldman Sachs (Conpes 3510, 2008)

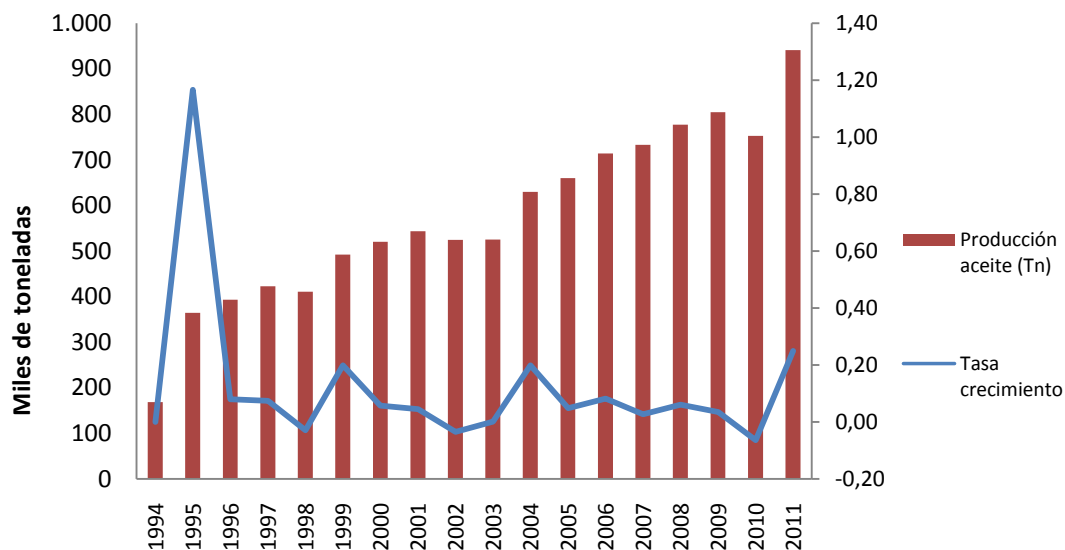
Desde los años 60, el aceite de palma ha sido utilizado en las industrias de alimentos, jabonería y cosméticos y concentrados para animales y actualmente el cultivo de palma es considerado un cultivo tradicional. Sin embargo, la producción de biodiesel surge en el año 2008 como respuesta a la PNBC por parte de algunos productores de palma que desarrollaron plantas para tal fin.

Existen cuatro grandes regiones de producción de palma de aceite: norte, centro, oriente y occidente. Las cuatro zonas tienen características agroecológicas diferentes que inciden en el rendimiento del cultivo y en los costos del mismo. Las condiciones agroecológicas ideales para el cultivo de palma de aceite son suelos planos y fértiles, y una alta precipitación y luminosidad. El rendimiento promedio en Colombia es de 16.58 toneladas por hectárea sembrada.

Actualmente, la zona con mayor área plantada es la zona oriental que cuenta con 163.447 ha plantadas en 29 municipios. Le sigue la zona norte con 124.340 ha plantadas en 38 municipios. El área centro cuenta con 121.221 ha plantadas en 27 municipios. Por último, el área sur-occidental cuenta con 18.359 hectáreas, la menor área plantada, en 3 municipios. Las tres zonas que concentran la mayor área plantada (Oriental, Norte y Centro) han crecido rápidamente y de manera constante desde el año 2001 hasta el 2011. Por el contrario el área sur occidental que presentó un crecimiento moderado entre el año 2001 y 2006, decreció en los años siguientes, en gran parte debido a la enfermedad de la pudrición del cogollo.

A medida que han aumentado las hectáreas sembradas de palma de aceite ha aumentado la producción de aceite de palma.

Gráfico 16: Producción aceite de palma 1994-2011



Fuente: Datos SISPA. Elaboración propia.

Las plantas de producción de biodiesel también se ubican en diferentes zonas del país. Actualmente se cuenta con siete grandes plantas de producción de biodiesel en operación con una capacidad instalada de 508 millones de litros anuales. Las plantas se encuentran ubicadas en los departamentos del Cesar en el municipio de Codazzi, Magdalena en el municipio de Santa Marta, Cundinamarca en el municipio de Facatativá, Meta en el municipio de San Carlos de Guaraó y Santander en el municipio de Barrancabermeja.

Mapa 2: Ubicación plantas de producción de biodiesel



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Plantas productoras de Biodiesel

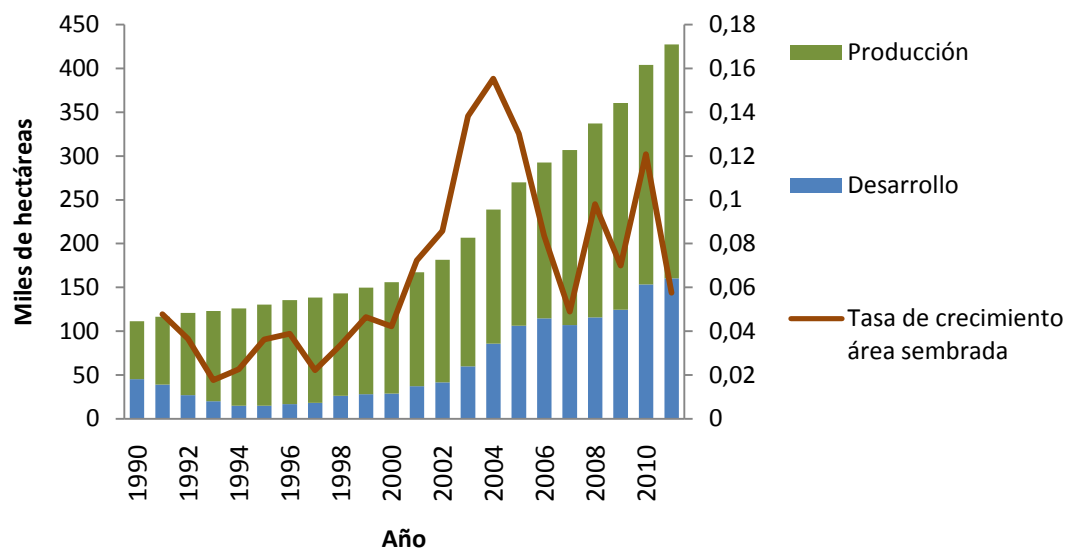
	Región	Empresa	Capacidad (Tn/Año)	Producción 2011	Participación en producción 2011	Participación en capacidad instalada 2011	Fecha Entra Operación
1	Norte, Codazzi	Oleoflores	60000	50517	11,42%	11,19%	ene-08
2	Norte, Santa Marta	BioSC	100000	94883	21,45%	18,66%	mar-09
3	Oriental, Facatativá	Bio D	100000	99891	22,59%	18,66%	feb-09
4	Oriental, San Carlos de Guaroa	Aceites Manuelita	100000	99183	22,43%	18,66%	jul-09
5	Central, B/bermeja	Ecodiesel de Colombia	100000	97794	22,11%	18,66%	jun-10
6	Norte, Santa Marta	OdinEnergy	36000	0	0,00%	6,72%	jun-08
7	Norte	CleanEnergy	40000	0	0,00%	7,46%	
	TOTAL		536000	442268	100,00%	100,00%	

Fuente: Datos Gerencia PTP (2012) – Elaboración propia

A diferencia de la caña de azúcar, las hectáreas sembradas de palma de aceite y el porcentaje de la producción que se destina a la fabricación de biodiesel han aumentado de manera significativa en el tiempo. En el país el área destinada para la

siembra de palma de aceite ha crecido a una tasa promedio anual de 9.55% entre 2004¹⁹ y 2011, pasando de cerca de 239 mil hectáreas a 427 mil hectáreas²⁰. En años anteriores esta tasa de crecimiento fue menor (4,9% entre 1990 y 2003)²¹ y el área cultivada en palma representa alrededor del 11% del área total de cultivos transitorios y permanentes del país.

Gráfico 17: Área sembrada palma africana 1990-2011



Fuente: Datos: SISPA (2012) Elaboración Fedesarrollo

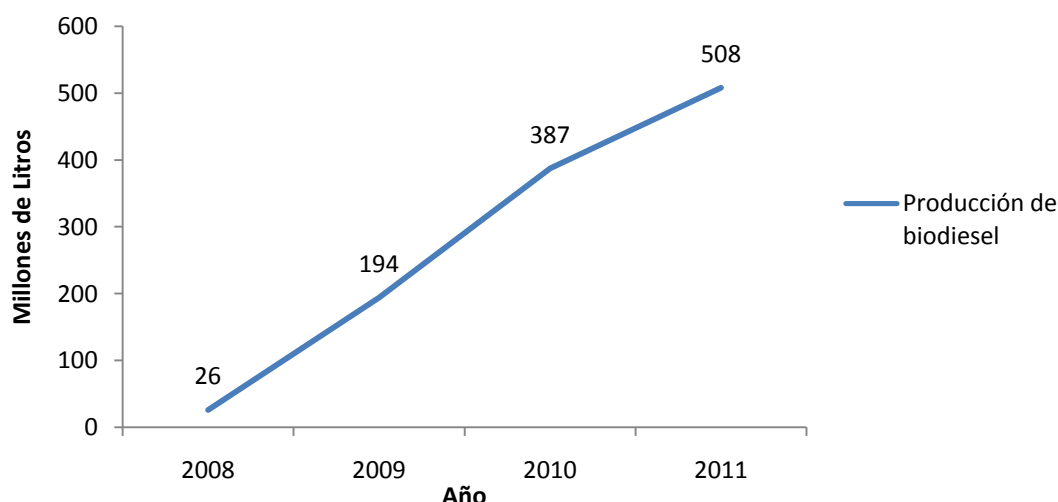
La producción de biodiesel que empezó en el año 2008 ha tenido un rápido crecimiento que se ve reflejado tanto en las ventas de aceite al sector como en el consumo de biodiesel a nivel nacional, que en el año 2011 alcanzó 508 millones de litros.

Gráfico 18: Producción nacional de biodiesel

¹⁹ En el 2004 se publica la primera Ley para incentivar el sector biodiesel.

²⁰ En producción y en desarrollo

²¹ Datos SISPA. Cálculos propios.



Fuente: Elaboración propia.

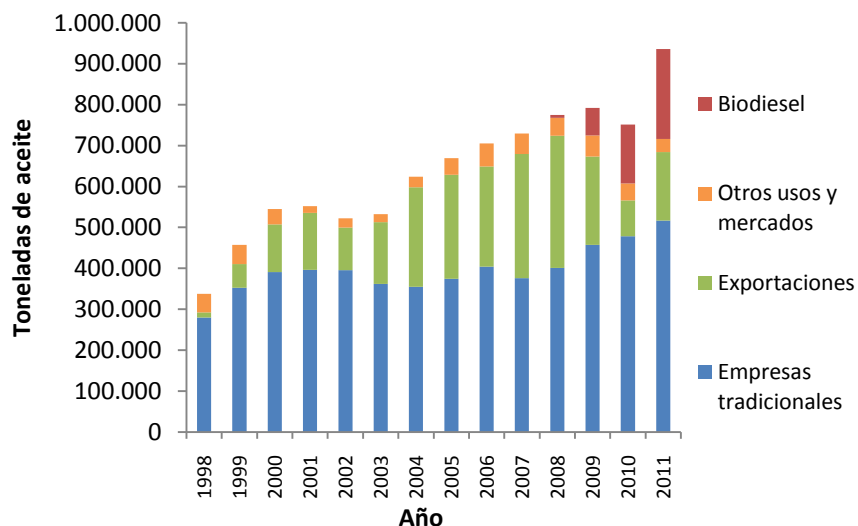
Aproximadamente el 40% del aceite de palma producido en el país se destina a la producción de biodiesel. Este porcentaje ha aumentado de manera dramática desde 2008 cuando entró en vigor el requerimiento de mezcla. En ese año la proporción de aceite de palma destinada a biodiesel fue de 5,25%. Al observar el gráfico 22 de ventas de aceite por sector se observa que el crecimiento de los últimos años en las ventas de aceite de palma a la industria nacional ha estado liderado por las ventas destinadas a la industria del biodiesel.

Adicionalmente, se puede ver que en los últimos años las ventas al sector tradicional²² también han crecido, pero a un ritmo menor. Las ventas nacionales a otros sectores²³ no presentan una tendencia definida en todo el período, pero desde el año 2007 hasta el 2011 las ventas a este segmento del mercado han decrecido. Sin embargo, al incluir las exportaciones se observa que tras la caída de los años 2009 y 2010, se presenta un crecimiento importante en el año 2011. Según expertos de Fedepalma, este comportamiento se debe a un ajuste del sector frente a la nueva coyuntura de mercado que se generó por la entrada de la PNBC.

Gráfico 19: Ventas de aceite de palma por sector

²² El sector tradicional está compuesto por alimentos, cosméticos, jabonería y concentrados animales.

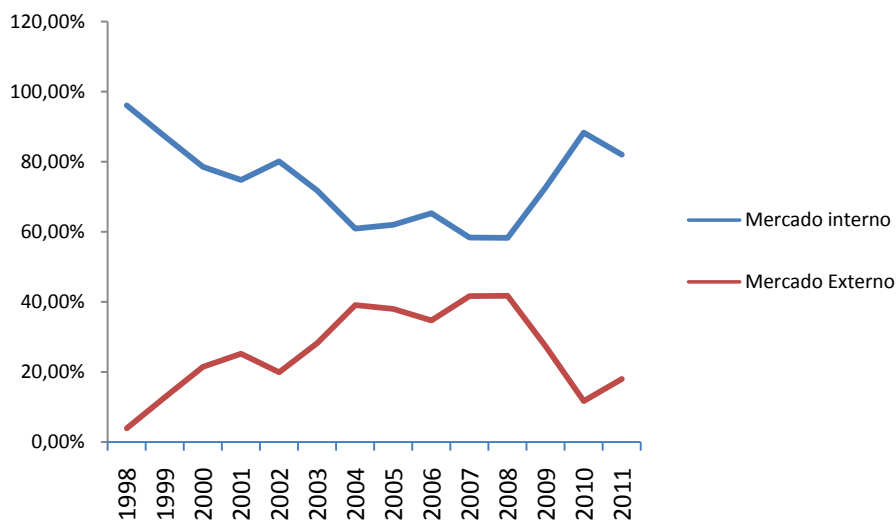
²³ No incluye exportaciones.



Fuente: Datos Sispa. Elaboración Fedesarrollo.

Las exportaciones de aceite de palma experimentaron un pico en el año 2008 cuando registraron 323 mil toneladas, equivalentes al 41,7% de las ventas, pero desde el año 2009 las exportaciones presentaron una fuerte caída. Sin embargo, en el año 2011 crecieron con respecto al año 2010, pero sólo el 18% de la producción de aceite de palma se destinó al mercado externo. Este comportamiento en el comercio internacional de aceite de palma muestra que la creciente demanda interna ha reducido los excedentes que antes se destinaban a la exportación.

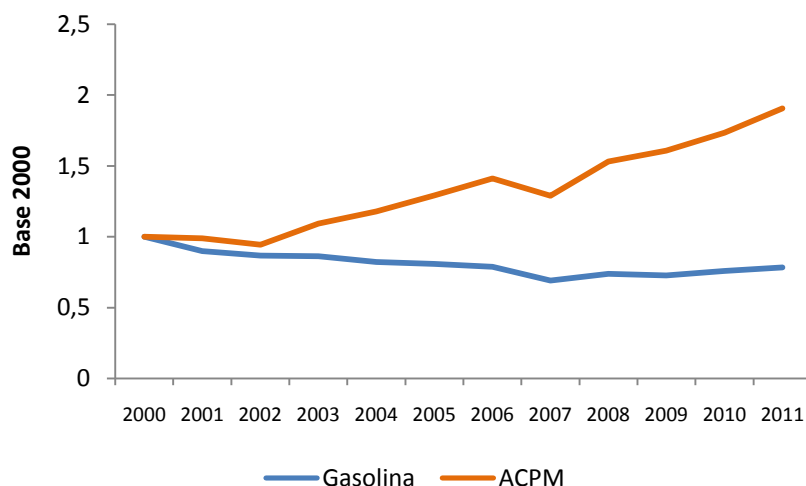
Gráfico 20: Participación ventas en el mercado interno



Fuente: SISPA. Elaboración Fedesarrollo.

En Colombia el mercado de las mezclas de biodiesel con ACPM tiene perspectivas crecientes de consumo tanto por las características estructurales de la demanda de combustibles líquidos en el país, como por la mejora en el desempeño de la actividad económica. Como se muestra en los gráficos 22 y 23, se ha dado un desplazamiento de la demanda de gasolina por ACPM especialmente en el transporte de pasajeros y de carga.

Gráfico 21: Evolución del consumo de gasolina y ACPM. Base año 2000



Fuente: Datos ACP (2011). Elaboración Fedesarrollo.

Como puede verse en esta sección, la producción de biocombustibles en el país ha crecido de manera constante desde la implementación de la PNBC. En el caso del etanol, se ha ligado a la producción de azúcar y se ha convertido en una salida más a la producción de caña. En el caso de biodiesel ha aumentado de manera significativa el área sembrada de palma de aceite utilizada para su producción. En ambos casos se ha visto una sustitución de exportaciones por ventas al mercado doméstico para la producción de biocombustibles.

En este sentido, la política de biocombustibles a través de los incentivos que ofrece ha sido exitosa en generar un mercado de biocombustibles en el país. En la siguiente sección analizaremos a detalle los objetivos establecidos de la política, a saber, diversificación de la canasta energética, protección del medio ambiente, desarrollo rural y consolidación del sector como de talla mundial.

5. Análisis de los objetivos de política

La política de biocombustibles en Colombia persigue varios objetivos. De acuerdo al Conpes 3510 estos son:

- i. Incrementar competitivamente la producción sostenible de biocombustibles, contribuyendo a la generación de empleo, al desarrollo rural y al bienestar de la población.
- ii. Promover una alternativa de desarrollo productivo para la ocupación formal del suelo rural.
- iii. Contribuir a la generación de empleo formal en el sector rural.
- iv. Posicionar al país como exportador de biocombustibles a partir de la consolidación de esta agroindustria como un sector de talla mundial.
- v. Diversificar la canasta energética del país mediante la producción eficiente de biocombustibles, haciendo uso de las tecnologías actuales y futuras.
- vi. Garantizar un desempeño ambientalmente sostenible a través de la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones de la cadena⁶³ productiva de biocombustibles.

Estos objetivos pueden agruparse en cuatro grandes temas: seguridad energética, protección del medio ambiente, desarrollo rural y aumento en la producción de biocombustibles y posicionamiento del país como exportador. Esta sección detalla cada uno de estos objetivos y analiza los logros y los retos existentes.

5.1. Seguridad energética

El primer objetivo enunciado para justificar la política de biocombustibles en el país es el de la seguridad energética (Departamento Nacional de Planeación, 2010). La seguridad energética se refiere a garantizar el abastecimiento energético del país y disminuir su dependencia de los combustibles fósiles. Esto se logra a través de la diversificación de la canasta energética, reducción en el consumo y desarrollo e investigación de fuentes de energía alternativas al petróleo. Este se ha vuelto un objetivo de política en varios países ante la necesidad de disminuir los efectos nocivos causados por los combustibles fósiles y reducir los riesgos del suministro externo y de los precios elevados e inestables del petróleo.

En Colombia, el Plan Energético Nacional 2006-2025 (PEN) recomienda el uso de fuentes no convencionales de energía para diversificar la oferta de energéticos en el

país por las oportunidades para aprovechar su disponibilidad, los beneficios en términos de competitividad que puede traer en el mediano y largo plazo ante mercados cada vez más exigentes en cuanto a huella y ciclo de carbono, como por la reducción de riesgos ante un nuevo contexto climático y económico. Al incentivar el desarrollo de las energías renovables en Colombia se logra reducir la dependencia de sólo una tecnología, mantener una matriz de generación de energía limpia y reducir los riesgos asociados a depender de importaciones de energéticos.

Actualmente en el país la política de biocombustibles es el elemento más fuerte en la estrategia de seguridad energética del país. Hasta el momento, el desarrollo de otras fuentes de energía no convencionales ha sido pequeño. Esto se debe a que en Colombia no convergen factores determinantes que se presentan en países industrializados, debido a su bajo nivel de emisiones GEI y su dotación de recursos energéticos que le permite ser autosuficiente en buena medida.

5.1.1. Diversificación de la canasta energética

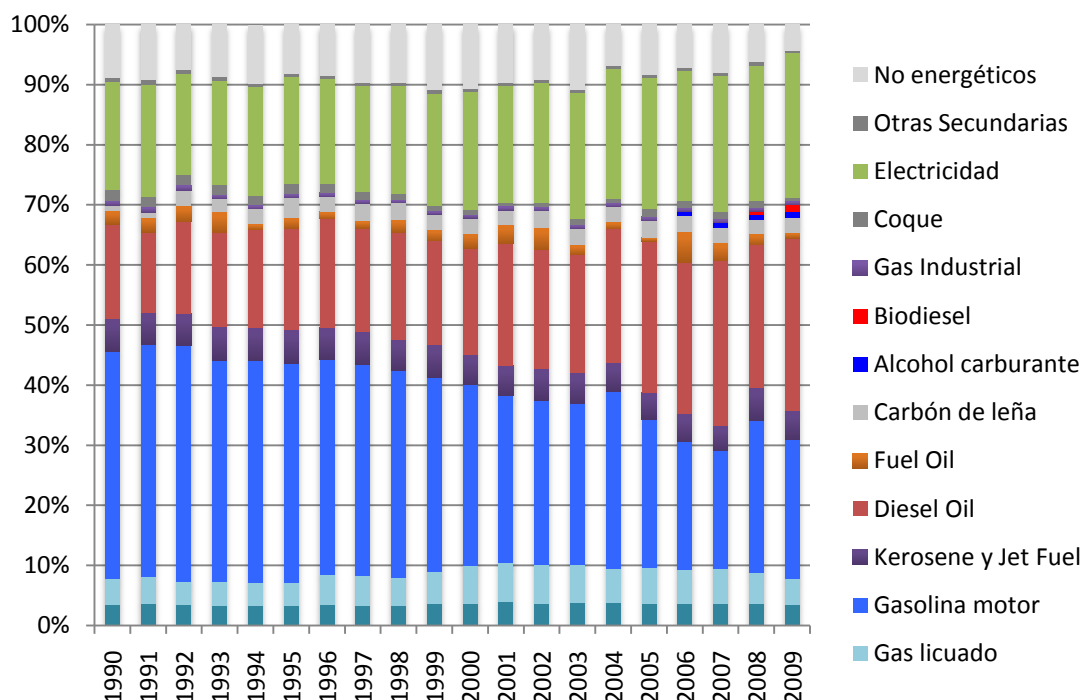
La producción de etanol y biodiesel y los mandatos para su mezcla con combustibles fósiles ayudan a diversificar la canasta energética al incluir dos nuevos productos en la matriz y sustituir combustibles fósiles.

Sin embargo, este efecto aún es pequeño. El Balance Energético Nacional nos permite ver el peso que tienen los biocombustibles en el país. Si observamos la oferta interna de energía primaria²⁴, los cultivos energéticos en 2009 representaron solamente el 1,6% de la oferta en ese año y 3,32% de las fuentes renovables. De igual manera, si observamos la oferta interna de energía secundaria del Balance Energético Nacional, el biodiesel y el alcohol carburante apenas representan el 2.15% de la oferta interna total. Si tomamos solamente a los combustibles²⁵, representan el 3.6%.

Gráfico 22: Balance Energético Nacional. Oferta interna de energía secundaria

²⁴La energía primaria se refiere a las distintas fuentes de energía en el estado que se extrae o captura de la naturaleza sea en forma directa, como en el caso de las energías hidráulicas, eólica, solar, o después de un proceso de extracción o recolección, como el petróleo, el carbón mineral, la leña, etc. La energía secundaria son los diferentes productos energéticos que no están presentes en la naturaleza como los que son producidos a partir de energías primarias o secundarias en los distintos centros de transformación.

²⁵Gasolina motor, kerosene y jet fuel, diesel oil, fuel oil, alcohol carburante, y biodiesel



Fuente: Balances Energéticos Nacionales de Colombia 1975-2009. UPME (2011)

De esta manera podemos ver que aunque los biocombustibles si están diversificando la canasta energética del país, su efecto es muy pequeño.

Adicionalmente, la correlación entre los precios del azúcar y el aceite de palma con el precio del petróleo ha aumentado a lo largo del tiempo. Mientras que en la década de los 70 era de 0,17 y 0,29 respectivamente, para la primera década del 2000 era 0,66 y 0,83 (FAO, 2012). Esto se debe al uso de agroinsumos como fertilizantes o plaguicidas fabricados a partir de petróleo y al hecho de que en la medida en que aumentan los precios del petróleo aumenta la demanda por biocombustibles, empujando el precio hacia arriba. Es así que la producción de biocombustibles genera demanda adicional por productos derivados del petróleo, reduciendo en parte el efecto que tiene su uso sobre la diversificación de la canasta energética.

5.1.2. Reducción de importaciones

Un elemento importante de la seguridad energética es reducir la dependencia en importaciones de combustibles. En esta línea, el PEN de Colombia establece como uno de sus principales objetivos la disponibilidad de recursos energéticos, sean de producción nacional o importada, y con la infraestructura adecuada para atender las necesidades de los diferentes sectores socioeconómicos de consumo. Sin embargo, el PEN señala que “no obstante, la sociedad colombiana tendrá un mayor nivel de bienestar cuando los recursos se encuentren en el territorio nacional”.

En los últimos años ha aumentado la importación de petróleo y sus derivados, convirtiéndose en el segundo rubro de importaciones del país, después de los vehículos. Esto se debe en primer lugar, al aumento de la demanda por diesel y gasolina que ha aumentado tanto en el transporte como en la industria. En el año 2000 el consumo era de 60 KBDC, mientras que en el 2011 fue de 110 KBDC. En el caso del diesel el aumento en las importaciones se debe a la actividad petrolera que ha empujado el consumo y a la necesidad de cumplir con las normas sobre el nivel de azufre permitido²⁶. En 2011 las importaciones fueron de 33 KBDC (28,6% del consumo de diesel para ese año). En cuanto a gasolina han aumentado las importaciones para poder asegurar el abasto durante las labores de mantenimiento de las refinerías de Cartagena y Barrancabermeja de Ecopetrol.

Los biocombustibles reducen la necesidad de importar diesel o gasolina al sustituir un porcentaje de cada galón por etanol o biodiesel. Sin embargo, las importaciones siguen siendo altas, en particular para diesel, como se observa en el gráfico 27.

En este sentido, los niveles actuales de mezcla no son lo suficientemente altos para realmente tener un efecto en las necesidades de importación de combustibles fósiles. La operación de la Planta de hidrotratamiento (HDT) de la refinería de Barrancabermeja tendrá un efecto mucho mayor al poder producir la cantidad necesaria de gasolina con niveles menores a 300 ppm de azufre y de menos de 50 ppm para el diesel.

Por otra parte, en la medida en que se realizan mayores inversiones para exploración han aumentado las reservas probadas con las que cuenta el país. A finales del año 2011 el país contaba con reservas probadas de 2.259 millones de barriles de petróleo, lo cual implicaba una relación reservas / producción (R/P) de casi 8 años. En cuanto a gas las reservas son de 5,5 trillones de pies cúbicos (ANH, 2012). Sumando gas y petróleo, se tienen unas reservas de 2.459 millones de barriles de crudo equivalentes. El MME seguirá impulsando la exploración para ampliar el horizonte de reservas a 10 años, que es el horizonte promedio de los países productores de petróleo.

Ante este escenario, el riesgo de aumento en importaciones viene más de la demanda interna que de falta de recursos en el país. Es así que políticas de reducción de demanda de combustibles podrían tener un mayor impacto en reducir importaciones que la política de biocombustibles.

5.1.3. Otras consideraciones

La seguridad energética requiere una estrategia de varios frentes que busque nuevas fuentes de energía y reduzca el consumo. Es así que la política de biocombustibles

²⁶ La norma indica que a partir de 2013 no debe haber más de 50 ppm de azufre.

debe ser un elemento más de esta estrategia y no buscar que por si solos logren este objetivo. Como se describió en esta sección, los aportes a la diversificación de la canasta energética y a la reducción de importaciones de combustibles han sido modestos hasta ahora. Aún cuando se aumente el nivel de mezclas, se necesitan otros instrumentos para lograr mejores resultados.

A pesar de que el país no depende de importaciones de petróleo de zonas inestables del mundo y no emite grandes cantidades de GEI, sigue siendo deseable una política de seguridad energética que puede traer importantes beneficios al país. En primer lugar la diversificación de la canasta energética reduce la vulnerabilidad ante el cambio climático. Los modelos de este fenómeno predicen que las alteraciones en el régimen de lluvias y evapotranspiración podrían generar escenarios de sequía que afectarían el funcionamiento de las plantas hidroeléctricas en el país.

Segundo, el uso de otras fuentes de energía a través de la investigación e innovación puede generar soluciones para las zonas no interconectadas (ZNI) del país. Tercero, una estrategia integral ayuda a que Colombia siga una trayectoria de crecimiento de bajas emisiones. En la misma línea, el Estado colombiano puede cumplir sus compromisos en cuanto a medidas para enfrentar el cambio climático. Cuarto, el desarrollo de fuentes no convencionales de energía puede ser una oportunidad de nuevos negocios que generen desarrollo y empleos en el país. Colombia cuenta con un potencial considerable de energía eólica, solar, PCHs y biomasa. La eólica y solar tienen complementariedad con la energía hidroeléctrica. Adicionalmente sus costos no dependen del valor del petróleo.

5.2. Protección del medio ambiente y salud pública

La política de biocombustibles establece como otro de sus objetivos: Garantizar un desempeño ambientalmente sostenible a través de la incorporación de variables ambientales en la toma de decisiones de la cadena productiva de biocombustibles (Conpes 3510, 2008).

El Plan Nacional de Desarrollo 2006–2010 estableció que se buscaría promover los combustibles limpios, sea el Gas Natural Vehicular (GNV) o la mezcla de biocombustibles. Aunque el PND menciona el objetivo de “mitigar los efectos ambientales del consumo de combustibles fósiles”, en los planteamientos de los gremios se destaca 1) la reducción de emisiones de dióxido de carbono en comparación con el ciclo de vida de producción de los combustibles fósiles y 2) las menores emisiones de contaminantes urbanos como material particulado o monóxido de carbono debido a las mejoras en los procesos de combustión que acontecen con gasolina y diesel oxigenado (mezcla de combustible fósil y biocombustible).

Esta sección presenta los resultados sobre el tipo de contaminantes que se emiten cuando se utilizan distintos niveles de biocombustibles, cuáles son sus efectos en la salud y cuál es el impacto sobre emisiones de GEI de los biocombustibles producidos en Colombia.

5.2.1. Cambios en emisiones por uso de biocombustibles

A pesar de que Colombia no es un gran productor global de GEI (es responsable tan sólo de 0.37% del total mundial), la trayectoria de producción y crecimiento del país podría posicionarlo en algunos años como un gran productor si no se toman medidas en el presente. Es así que buscar maneras de reducir el nivel de emisiones en el país es relevante.

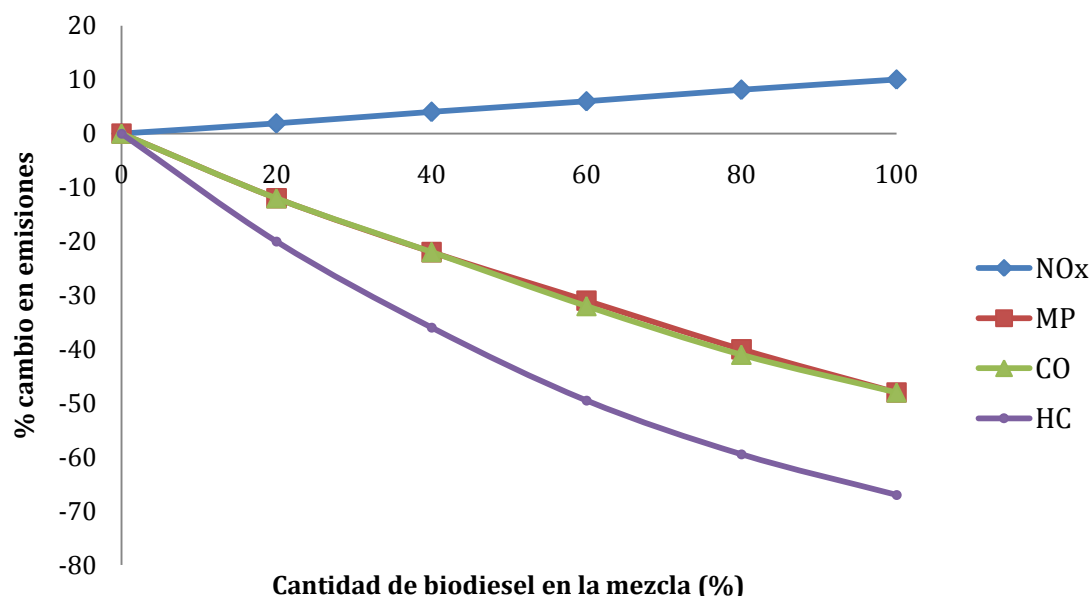
Existen varios estudios a nivel mundial que establecen cuál es el nivel de emisiones de gases de escape generados por el uso de biocombustibles (EPA, 2001) (EPA, 2002; Brunekreef & Holgate, 2002; Morris et al. 2003; Ostro-WHO, 2004). Los principales gases que se analizan son (WHO, 2005; SDA, 2009):

- Hidrocarburos (HC): Son gases venenosos sin quemar, son combustibles en su estado puro y se miden en partículas por millón (ppm).
- Monóxido de Carbono (CO): Es un gas venenoso quemado; una combustión parcial ha sucedido, pero la molécula de combustible no ha sido quemada completamente; el CO es medido como un porcentaje del gas en medición.
- Dióxido de Carbono (CO₂): Es combustible completamente quemado; asociado al calentamiento global; es medido como un porcentaje del volumen de gas.
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x): Las altas temperaturas alcanzadas en la combustión provocan la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno del aire para dar óxido nítrico (NO), y éste luego se oxida parcialmente a NO_x. Este residuo destruye la capa de ozono del planeta y tiene efectos nocivos sobre el sistema respiratorio y ocular.
- Material particulado (MP): El Material Particulado (MP) es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones. Tienen un efecto muy nocivo sobre vías respiratorias.

Como se muestra en el gráfico 22, a medida que aumenta la proporción de biodiesel en la mezcla disminuyen en distintos porcentajes los diferentes gases contaminantes que se generan en la combustión. La mayor disminución se da en las emisiones de

hidrocarburos, seguidos por material particulado y monóxido de carbono. Por el contrario, a medida que aumenta la mezcla con biodiesel aumentan las emisiones de óxidos de nitrógeno, llegando a un incremento de 10% si se usa biodiesel puro²⁷.

Gráfico 23: Cambio en las emisiones de un motor de trabajo pesado con distintas mezclas de biodiesel



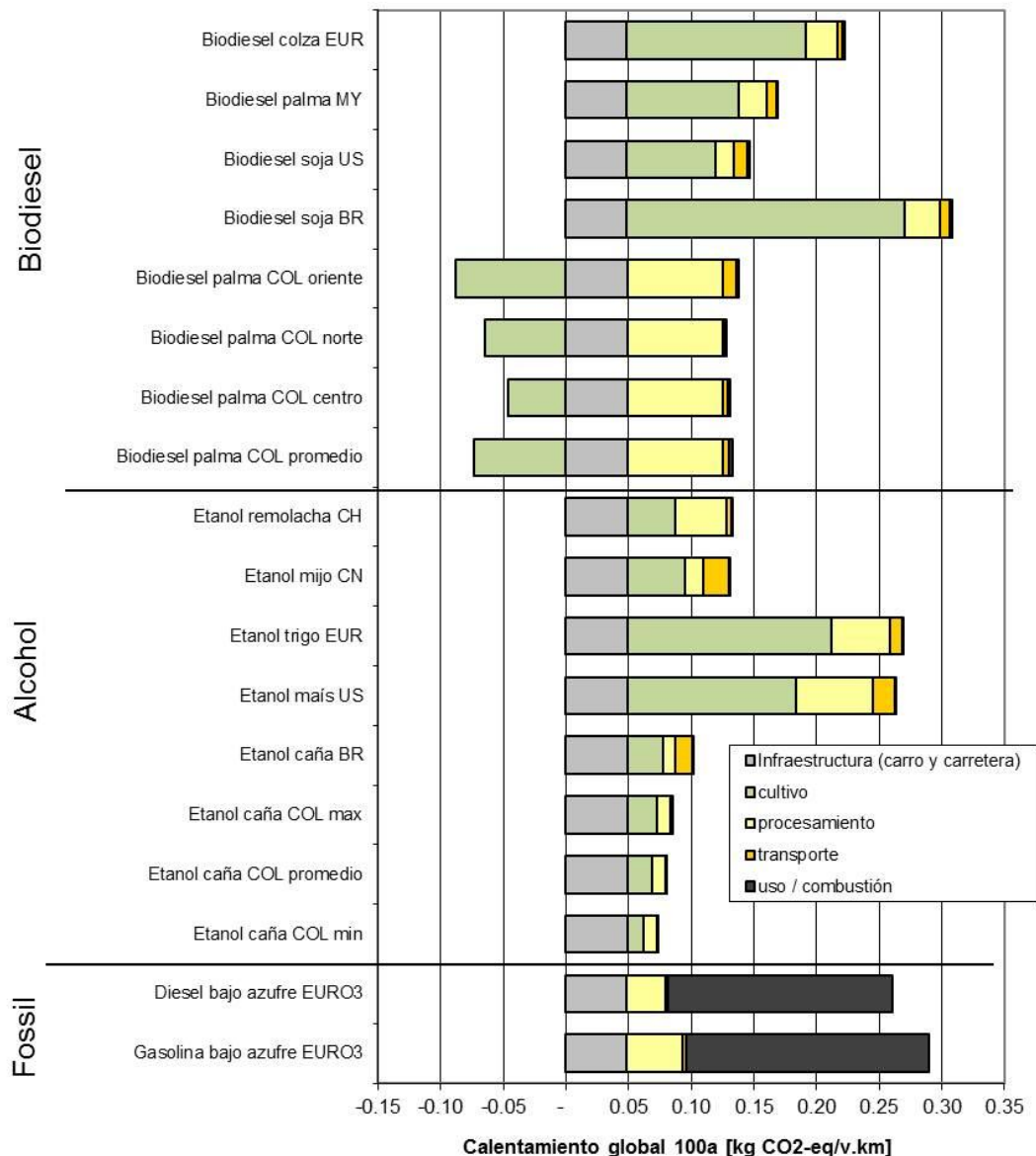
Fuente: EPA 2002

A diferencia del biodiesel, cuya combustión en los motores pesados da señales de un nivel de emisiones sustancialmente menor a través de todas las concentraciones, las mezclas de combustible con etanol, usadas mayoritariamente por los vehículos particulares, no son tan importantes por la poca cantidad de material particulado que emiten estos vehículos (SDA, 2009; Giraldo 2005; Herrera, 2007).

El estudio Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia(Consorcio CUE, 2012) , encuentra que en comparación con sus equivalentes fósiles, el biodiesel de palma permite una reducción de 83% de emisiones de GEI, mientras que el etanol de caña alcanza a reducir hasta 74% de emisiones de GEI. El gráfico 23muestra los resultados de este estudio:

Gráfico 24: Ciclo de vida – Emisiones de GEI en la producción de biocombustibles

²⁷Las tendencias en estos datos son consistentes con los resultados de esos experimentos que se han adelantado en Colombia sobre las características del biodiesel de palma y sus correspondientes emisiones (Agudelo et al., 2005).



Fuente: Consorcio CUE, 2012

En este orden de ideas, si todas las plantas existentes de biocombustibles en Colombia operaran a plena capacidad, se podrían reducir alrededor de 1.8 millones de toneladas de CO₂eq/año. Esto es equivalente a alrededor del 3% del total de emisiones Colombianas de CO₂ en 2008, o al 8% de emisiones causadas por el sector de transporte en Colombia (UNEP, 2010).

Comparados con otros biocombustibles internacionales, los biocombustibles Colombianos tienen un buen desempeño, y cumplen con la reducción mínima del 40% de GEI, como lo establecen muchos estándares de biocombustibles (RSB, CARB 2009, TC383, EU-RED).

5.2.2. Cambio de uso del suelo

Un posible efecto negativo de los biocombustibles es la emisión de GEI y pérdida de biodiversidad por el cambio de uso de suelo inducido por la política.

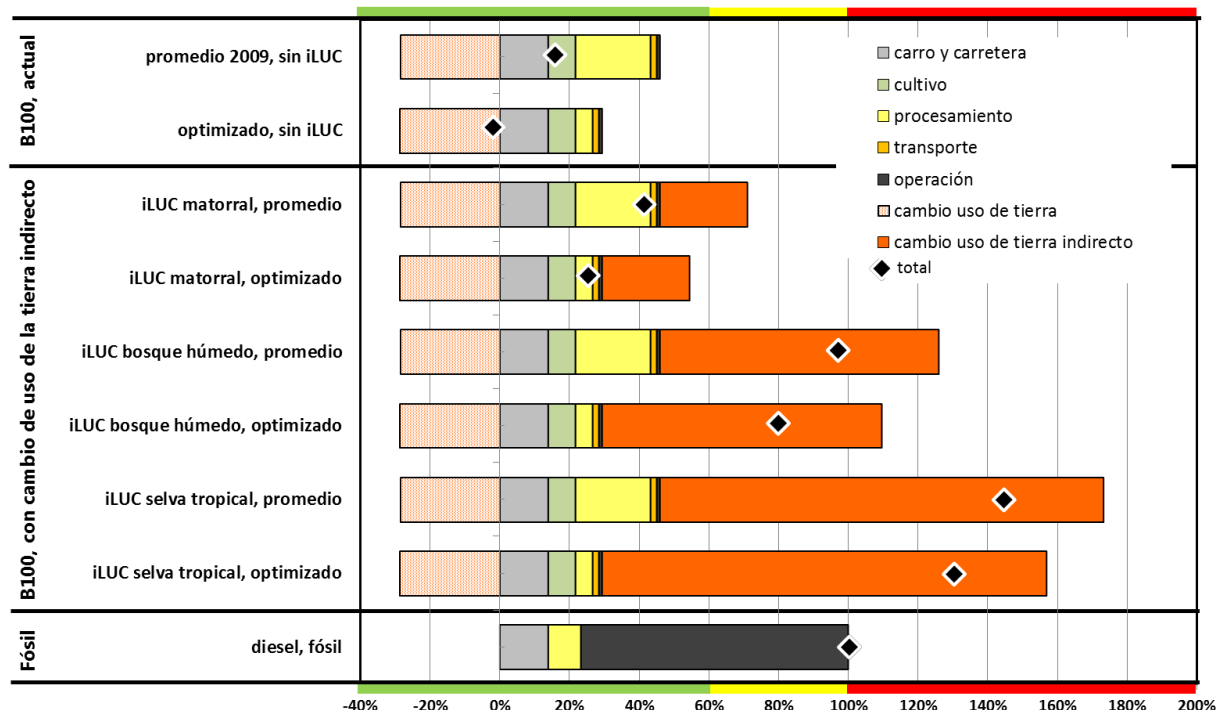
En el 2012 se publicó el estudio “Ciclo de vida de los biocombustibles” (Consortio CUE, 2012) en el que se realiza un análisis detallado de las emisiones de GEI generadas en todo el proceso productivo de los biocombustibles en Colombia, incluyendo el cambio de uso de suelo.

El gráfico 24 muestra las emisiones de GEI ante distintos escenarios de producción de biodiesel de palma. Como se observa, si no se toma en cuenta cambio de uso de suelo indirecto, la producción de biodiesel en el país a partir de palma de aceite puede generar importantes ahorros en emisiones de GEI respecto a diesel fósil. Al tomar en cuenta cambio de uso de suelo indirecto²⁸, solamente en el caso de cambio de uso de suelo de matorrales a actividades agrícolas o pecuarias o de bosque húmedo a estas actividades, sigue habiendo ahorros en emisiones de GEI. Cuando el ecosistema que es remplazado es selva tropical, aun usando la mejor tecnología disponible, las emisiones de GEI son mayores que si se usara diesel fósil.

Gráfico 25: Emisiones de GEI por cambio de uso de suelo por producción de biodiesel de palma²⁹

²⁸El estudio asume 100% de expansión y nada de intensificación, es decir, las actividades desplazadas por el cultivo de palma de aceite se llevan a cabo en otras tierras no utilizadas.

²⁹LUC y iLUC corresponden a Land Use Change e IndirectLand Use Change (Cambio de uso de suelo directo e indirecto respectivamente).



Nota: Promedio = promedio actual Colombiano; Optimizado = Mejor tecnología disponible.

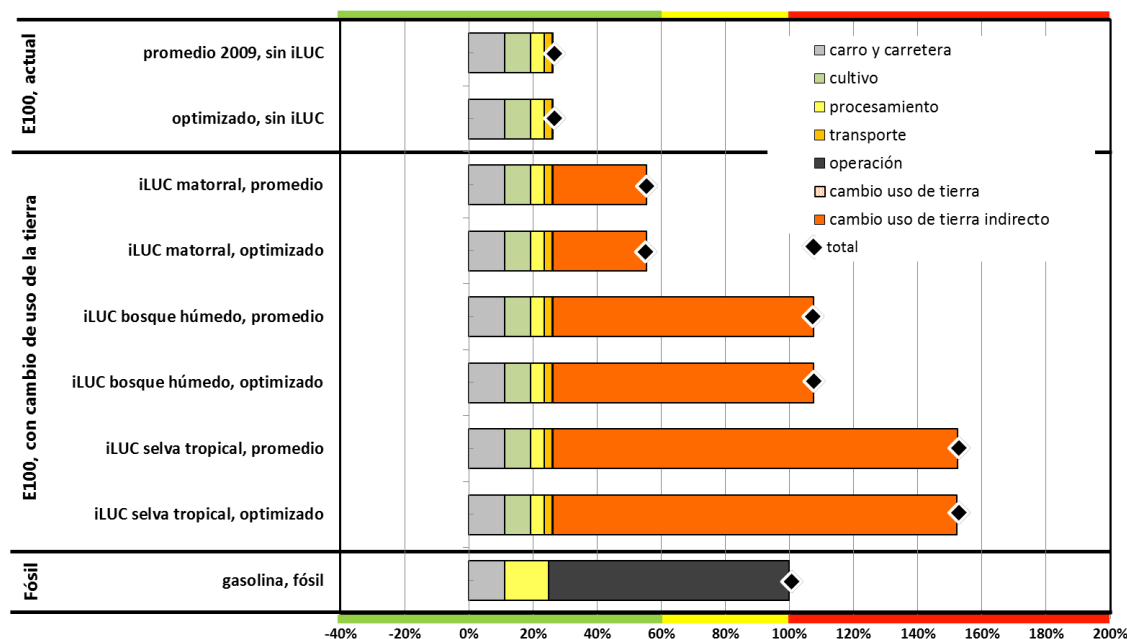
Fuente: Consorcio CUE, 2012

En cuanto a la producción de etanol, el cultivo de caña de azúcar se ha dado en primer lugar en zonas productoras de caña de azúcar en las que este tipo de plantación ya ocupaba el terreno y por lo tanto no se ha dado un cambio significativo en el uso del suelo. En segundo lugar, se han dado en zonas en las cuales la caña de azúcar no es un producto tradicional y han remplazado tierras que antes estaban destinadas principalmente a la ganadería extensiva en los municipios de Pivijay (Magdalena) y de Puerto López (Meta).

De igual forma, el gráfico 25 muestra las emisiones de GEI del ciclo de vida de producción de etanol de caña de azúcar. Sin cambio de uso de suelo indirecto los ahorros del etanol de caña respecto a la gasolina son de hasta 74%. Sin embargo, antes de iniciar la producción de etanol en Colombia, la caña de azúcar fue usada para la producción de azúcar para exportación. La reducción de exportación de azúcar puede ser compensada por un incremento de plantaciones de caña en algún otro lugar. Consecuentemente, se podrían esperar efectos indirectos (iLUC) si las áreas de cultivo se expanden a otras áreas aptas en Colombia (pastizales o tierras agrícolas). Dependiendo de los ecosistemas naturales afectados (matorrales, bosque húmedo, selva tropical), el balance de GEI del etanol de caña de azúcar relativo a la gasolina

fósil es de alrededor del 55% si se afectan matorrales, hasta 160% si se afectan selvas tropicales comparado con la gasolina fósil de referencia que equivale al 100%.

Gráfico 26: Emisiones de GEI por cambio de uso de suelo por producción de etanol de caña de azúcar



Nota: Promedio = promedio actual Colombiano; Optimizado = Mejor tecnología disponible

Fuente: Consorcio CUE, 2012

Así, la cantidad de GEI emitidos es altamente sensible al efecto del uso de la tierra. Ya que estos efectos siguen mecanismos complejos y dependen en gran medida de las condiciones locales, se recomienda realizar un estudio profundo para las plantaciones planeadas de biocombustibles sobre los mecanismos locales y desarrollar planes de uso de la tierra individuales incluyendo las medidas de mitigación. Tales medidas pueden incluir la intensificación de áreas de cultivo existentes, la promoción de la expansión de tierras hacia áreas con bajas reservas de carbono tales como matorrales o la implementación de prácticas agrícolas que protegen las reservas de carbón actuales y la biodiversidad (es decir, las técnicas silvopastoriles).

El cambio de uso de suelo no tiene un efecto solamente sobre emisión de gases de efecto invernadero. La sustitución de ecosistemas complejos por monocultivos trae pérdida en biodiversidad, pérdida de los servicios ambientales asociados a estos ecosistemas, aumento en el uso de fertilizantes y plaguicidas, mayor degradación y

erosión de suelos e introducción y propagación de organismos genéticamente modificados así como de especies exóticas.

5.2.3. Otros impactos ambientales

Si se consideran también otros indicadores ambientales adicionales a la emisión de GEI y la demanda de energía no renovable, los biocombustibles muestran mayores impactos sobre acidificación, eutrofización, y eco toxicidad, principalmente causados por el uso de fertilizantes y pesticidas. Estos efectos negativos pueden ser minimizados con la implementación de las mejores prácticas agrícolas y considerando tratamientos alternativos, tales como control biológico de insectos y plagas.

Los subproductos de la producción de etanol y biodiesel como vinazas en la producción de etanol, y metanol y glicerina en la producción de biodiesel necesitan un manejo especial para evitar impactos dañinos al ambiente.

Finalmente, la elección del vehículo afecta directamente el consumo de combustibles, y por lo tanto el impacto ambiental generado durante la etapa de uso. Es así que los instrumentos de política dirigidos a promover el uso de biocombustibles deben ser complementados con la promoción de vehículos eficientes y alternativas de transporte público.

5.3. Desarrollo Rural

El desarrollo rural es uno de los objetivos principales que persigue la política de biocombustibles en el país y una de las principales razones por las cuales el Estado está haciendo grandes esfuerzos por promoverla. El desarrollo rural se entiende como una mejora sostenible en la calidad de vida de la población rural (que en general tiene menores ingresos y mayor vulnerabilidad que la población urbana) y al mismo tiempo busca asegurar una contribución efectiva y eficiente de la economía rural al proceso de desarrollo nacional (BID, 2012).

En el contexto colombiano, históricamente la agricultura –y el sector rural en general– ha sido fundamental para el desarrollo social y económico del país y hoy continúa siendo una fuente de grandes potencialidades. El potencial del sector agropecuario está constituido fundamentalmente por ventajas comparativas que se generan por las condiciones geográficas y climáticas, así como por la amplia dotación de recursos naturales y por la capacidad de aprovechar las oportunidades que se presentan en los mercados internacionales y nacionales (DNP07). Esto se ve reflejado en el papel estratégico que ha jugado el sector en la economía nacional. La participación promedio en el PIB total entre 1990 y 2006 fue de 14,5%, superior a la del sector en el resto de los países de América Latina y el Caribe, que en promedio

alcanzó 7%. Además, las exportaciones agroindustriales participaron con 30% de las exportaciones totales de productos del país entre 1991 y 2006. Lo anterior hace que el sector sea una de las principales fuentes de empleo del país. En promedio, entre los años 2001 y 2011, generó el 19.47% del total de los empleos nacionales y el 63.88% de los empleos rurales.(DANE, 2012)

Sin embargo, desde la década de los noventa el comportamiento del sector agropecuario se ha caracterizado por bajas tasas de crecimiento que han fluctuado entre -1% y 4%, llegando a su nivel más crítico en 1998 y 1999. La participación promedio del sector agropecuario en el PIB total, entre 2000 y 2011 fue de 7.41%. Esta tendencia no es atípica, pues la tendencia mundial de la contribución del sector al total de la economía es decreciente y en particular, Colombia, como país en vía de desarrollo, sigue el camino que han recorrido los países desarrollados, donde la participación del sector agropecuario en el PIB es cada vez menor, en favor de sectores como industria y servicios, pero su dinámica de crecimiento sigue siendo importante y su aporte a la economía y al desarrollo social ocupa un espacio relevante(López, 2008).

A pesar de que la reducción de la participación del sector agrícola en PIB total se deba principalmente a una mayor participación de otros sectores, es preocupante que el rendimiento de la producción agropecuaria se mantiene por debajo del rendimiento de los países líderes, salvo algunas excepciones. Este fenómeno se explica en buena medida por el rezago en innovación, desarrollo y difusión tecnológica en el sector, así como por otros factores interdependientes como el bajo capital humano, la falta de fuerza laboral calificada, el no aprovechamiento de economías de escala, una infraestructura deficiente, falta de acceso a mercados externos, concentración de la tierra y la violencia e inseguridad. Adicionalmente el sector presenta grandes problemas de financiamiento. Las bajas tasas de crecimiento en el sector se ven reflejadas en la disminución del empleo del sector agrícola en la participación de los empleos del sector agropecuario en el total de empleos nacional. Sin embargo, es importante anotar la tasa de desempleo promedio en el año 2011 en áreas rurales es del 7.47%, 4.34 puntos porcentuales inferior a la tasa de áreas urbanas, que es del 11.81%.

En Colombia, según el DANE, el 25% de la población vive en áreas rurales (DANE, 2005), sin embargo, nuevas mediciones de ruralidad realizadas por el PNUD (2011) encuentran que el 75,5% de los municipios colombianos son rurales y que en ellos vive el 31,4% de la población del país. En promedio las condiciones de calidad de vida en términos de ingreso, educación, salud y acceso a servicios públicos básicos son inferiores a las condiciones de calidad de vida en áreas urbanas. La existencia y permanencia de una población rural en el territorio que cuente con empleos de calidad e ingresos adecuados, con capital humano y social alto, es fundamental para la

estabilidad democrática del país y un desarrollo más equilibrado entre la ciudad y el campo. Si no mejoran las condiciones de vida rurales el flujo migratorio hacia las ciudades será mayor con consecuencias negativas debido a vastas regiones del territorio despobladas y sin presencia del Estado que se convierten en oportunidades para el desarrollo de actividades ilícitas y aumentos en la inseguridad, así como de crecientes cinturones de miseria e informalidad en las ciudades (Leibovich, Nigrinis, & Ramos, 2006).

Frente a esta situación, el Gobierno le ha dado cada vez más importancia al sector y actualmente lograr dinamizar el sector agropecuario colombiano se ha convertido en una de las prioridades de la agenda pública. El Gobierno es consciente de que el crecimiento del sector depende del desarrollo de estrategias adecuadas que permitan el aprovechamiento del mencionado potencial a través de una participación activa, creciente y permanente en los mercados, con el fin de que los beneficios se traduzcan en mayores ingresos para la población rural y, en general, para toda la población. Esto se ve reflejado en documento Visión Colombia 2019 que establece que para el año 2019 será posible ampliar el área sembrada en más de dos millones de hectáreas, incrementar la producción en 27,3 millones de toneladas y generar casi tres millones de nuevos empleos derivados directamente de la producción primaria". Así mismo, se pretende cerrar brechas sociales: "que todos los colombianos tengan igualdad de oportunidades en el acceso y en la calidad a un conjunto básico de servicios: educación, una seguridad social equitativa y solidaria, y mecanismos de asistencia social efectivos". (DNP, 2010)

Dentro de las estrategias para dinamizar el sector, se ha identificado como alternativa el fomento de los biocombustibles, que requiere de grandes plantaciones de productos agrícolas usados como materia prima para su producción. El desarrollo de nuevas plantaciones y de plantas productoras de etanol y biodiesel pueden generar nuevas dinámicas en la economía rural y nacional, reincorporando a la economía vastas extensiones de tierras improductivas o con usos no sostenibles, que favorecerían la creación de empleos con una repercusión en la calidad de los empleados y sus hogares, contribuiría a desarrollos de infraestructura y desarrollos tecnológicos y permitiría que estas dinámicas se dieran en zonas marginadas en las cuales la población es vulnerable y en muchos casos ha sido afectada por la violencia. Adicionalmente, uno de los objetivos que se pretende alcanzar con la política es generar una mayor ocupación lícita y pacífica del territorio nacional, generando mayor seguridad dado el debilitamiento de los cultivos ilícitos.

En esta sección se hace un análisis de las repercusiones que la PNBC ha tenido en el desarrollo rural y de las que puede tener a futuro, con la información disponible sobre el sector, que es limitada. Para este fin se describe la cadena productiva de etanol y biodiesel, las condiciones socioeconómicas de los municipios donde se lleva a cabo la

producción y se describe cuántos empleos y otros beneficios se generan a partir de los biocombustibles. Se hace especial énfasis en la parte agrícola del proceso productivo de los biocombustibles, ya que en esa etapa se genera el mayor número de empleos y no siempre las plantas productoras de biocombustibles se encuentran en zonas rurales, por ejemplo BioD en Facatativá y Odin y CleanEnergy en Santa Marta.

5.4. Etanol

5.4.1. Producción – Sector azucarero y proceso productivo

El sector azucarero es un sector tradicional e importante en la economía nacional y el azúcar ha sido considerado históricamente un bien estratégico para la economía colombiana, lo que ha tenido como consecuencia que el gobierno haya establecido políticas de protección comercial para este sector como lo es la franja de precios, créditos subsidiados y pagos directos en proporción al valor de las exportaciones. (Balcazar, Vargas, & Orozco, 1998). Las empresas manufactureras que usan la caña como materia prima generan diversos bienes intermedios y finales, entre los cuales se encuentra el etanol que empezó a producirse a partir del año 2005.

A pesar de la importancia que tiene el sector a nivel nacional, Colombia tiene una importancia menor en el mercado mundial azucarero porque su participación como productor, consumidor e importador es muy pequeña en el contexto internacional. En este sentido puede afirmarse que Colombia es un tomador de precios en el mercado mundial mientras que países como Brasil, la Unión Europea, India, China y Tailandia tienen mayor influencia como agentes en el mercado internacional y por tanto se pueden clasificar como formadores de los precios (Asocaña, 2012).

En el año 2010 el valor de la producción de caña de azúcar fue de 869.637,5 millones de pesos del 2005 y representó el 3.38% del valor de la producción agrícola nacional y el 4.65% del valor de los cultivos permanentes. Como parte del PIB, la producción de caña de azúcar representa el 0.2% del PIB total y el 3.11% del PIB agropecuario.³⁰ En cuanto a superficie cosechada, en el 2010 la caña de azúcar ocupó el 4.45% del total de la superficie agrícola nacional y 7.19% del área destinada a cultivos permanentes.

Como se describe en la sección 4.2, la producción de etanol en Colombia se lleva a cabo principalmente en el Valle del Cauca, principalmente en los departamentos Cauca, Valle, Risaralda y Caldas. Los nuevos desarrollos para la producción de etanol, Agrifuels y Bioenergy se encuentran en el departamento de Magdalena, en el municipio de Pivijay y en el departamento del Meta, en el municipio de Puerto López, respectivamente.

³⁰ Cálculos de propios con datos del Anuario estadístico del MADR (2010) y de las cuentas nacionales del DANE (2011).

Estructura del sector

La estructura del sector productivo tiene un impacto sobre el tipo de actividad económica que se genera en la zona, el tipo de empleos y los encadenamientos productivos que al final inciden sobre la sostenibilidad del desarrollo.

La estructura del sector azucarero ha evolucionado en el tiempo y actualmente ha dejado de estar integrado verticalmente desde el cultivo hasta la producción industrial y se ha convertido en un sector más especializado en la generación de valor agregado. Esto ha tenido como consecuencia que cada vez más se compre la materia prima agrícola a terceros en vez de encargarse el ingenio directamente de su producción. Entre 1960 y 1990, los ingenios redujeron del 75% al 24% el área de su propiedad sembrada de caña, mientras que los proveedores externos pasaron del 18% al 70%. Sin embargo, mediante los contratos con proveedores los ingenios conservan el manejo y/o control del 50% del área sembrada. (Consorcio CUE, 2012).

Según Cenicaña, los ingenios pactan acuerdos de compra-venta con cultivadores de caña u otros agricultores en zonas aledañas al ingenio y les proveen asistencia técnica para llevar a cabo la producción del cultivo. Los ingenios hacen una selección de los predios que se van a incorporar a su cadena productiva basada en la infraestructura vial, la topografía del terreno, el tipo de suelos, fuentes de agua y áreas de restricción. Una vez seleccionado el terreno, se define el tipo de contrato (Asocaña, 2009).

Los contratos entre ingenios y productores se pueden clasificar en cuatro tipos (siguiendo a Rosas y Tobón (2008): contratos de compraventa de caña a terceros, contratos de participación, contratos arrendamiento de tierras y contratos de administración. En el primer tipo de contrato la remuneración al poseedor de la tierra es de aproximadamente el 50%. En los contratos de compraventa los ingenios no participan en la labranza de la tierra, la siembra o el mantenimiento de cultivo, que son responsabilidad exclusiva de los agricultores. El ingenio es encargado del corte, alce y transporte de la caña. En los contratos de cuentas de participación, el poseedor de la tierra establece una sociedad con un ingenio y le delega todo el manejo del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha. En este caso las partes se reparten las utilidades derivadas del cultivo según la forma de pago pre-establecida. En este tipo de contrato, la remuneración al poseedor de la tierra es aproximadamente del 21.6% de la renta. En los contratos de arrendamiento, el poseedor de la tierra la cede a un ingenio que le paga un valor fijo de arrendamiento. En los contratos de administración, que son poco comunes, el propietario de la tierra paga una comisión al ingenio por la administración del cultivo, sin embargo, el cultivo es del proveedor y este le paga un valor predefinido de manera contractual (Consorcio CUE, 2012).

En cuanto a los nuevos desarrollos de caña de azúcar para producción de etanol, el modelo de negocio está basado en una integración vertical desde el cultivo hasta el

transporte. En el caso de Bioenergy, de las 14.000 hectáreas de caña planeadas, la gran mayoría pertenecen a la empresa o están bajo contratos de arrendamiento.

5.4.2. Empleo

Cantidad de empleos generados

La cadena productiva del etanol genera una serie de empleos diversos (calificados y no calificados, agrícolas e industriales, directos e indirectos etc.), pero el principal impacto en el empleo es percibido en los cultivos de caña de azúcar, en el sector agrícola. En los cultivos de caña de azúcar la cantidad y el tipo de mano de obra requerido varía de manera significativa dependiendo del nivel de mecanización³¹ del cultivo. Por un lado, en los cultivos tradicionales no mecanizados la intensidad de mano de obra es mayor por las labores de corte y la mayoría de los empleos son no calificados. Por otra parte, los cultivos mecanizados son menos intensivos en mano de obra y se necesitan trabajadores con cierto grado de conocimientos técnicos que les permitan operar la maquinaria en el cultivo.

Se estima que en un cultivo no mecanizado se emplean aproximadamente 0.235³² empleos directos por hectárea (teniendo en cuenta las labores asociadas a alistamiento del terreno, labores culturales y labores de cosecha), mientras que en un cultivo mecanizado se generan aproximadamente 0.028 empleos por hectárea, un 12% del total de los empleos generados en un cultivo tradicional no mecanizado. Esto se debe a que para la cosecha manual se requieren aproximadamente 40 personas por hectárea durante 8 horas, mientras la labor mecanizada requiere en promedio 5 personas por hectárea durante 4 horas. En Colombia un 25% de los cultivos se encuentran mecanizados actualmente, pero la tendencia es a que el trabajo de corte se mecanice cada vez más (Asocaña, 2012b). Por ejemplo, los dos nuevos desarrollos de producción de etanol Bioenergy y Agrifuels contarán con un nivel de tecnificación del cultivo del 100%³³.

En 2011, Fedesarrollo realizó el estudio “Impacto socioeconómico del sector azucarero colombiano en la economía nacional y regional” en el que analizó las dinámicas de empleo del sector. El estudio encuentra que el sector azucarero es un motor de desarrollo rural y un generador de empleo importante tanto directo como indirecto. En el año 2007 los empleos reportados por los 13 ingenios ascendieron a 32.052; 6.643 en actividades industriales y 25.541 en actividades no industriales. De los trabajadores industriales, la mayoría eran operarios, con una participación de 57,7%. A estos le siguen los empleados de administración y ventas con una

³¹ La mecanización se refiere al tipo de corte, que puede ser manual o con maquinaria

³² Cálculo Fedesarrollo a partir de datos publicados del MADR en <http://www.agronet.gov.co>

³³ Es importante señalar que al mecanizar el corte de la caña de azúcar se obtienen beneficios ambientales al no ser necesario quemar el área antes del corte.

participación del 27% y los profesionales, técnicos y tecnólogos con seguidos con una participación del 15,3%. Adicionalmente, se estima que la producción de 10 de los 13 ingenios generó 62.568 empleos en sus proveedores. A esto se le suma un efecto indirecto de 47.017, que se da por la demanda de bienes y servicios de los proveedores a otros sectores y un efecto inducido de 24.059 empleos, originados cuando los proveedores y sus empleados y hogares, gastan en la economía, generando nueva actividad económica.

La composición del empleo del efecto total (directo, indirecto e inducido) sobre la economía muestra que el sector que más se benefició fue nuevamente el agrícola con 54,9% de la participación, seguido del sector manufacturero con 27,4%, servicios comunales, sociales y personales con 7,1%, y servicios de transporte con el 4,8% del empleo generado. El efecto más importante se da sobre el empleo, pues por cada empleo generado directamente por los ingenios, se generaron 28,4 empleos en la economía en total (Olivera et al, 2009).

En el año 2010 se crearon empleos a lo largo de todo el proceso de producción y distribución de alcohol carburante, pero como se mencionó, dado que la mayor parte de la caña de azúcar utilizada para producir etanol no proviene de nuevas áreas cosechadas sino de reasignaciones, principalmente de exportaciones de azúcar, no puede decirse que los empleos agrícolas sean nuevos empleos.

Aún así, si se tiene en cuenta que para ese año el 17%³⁴ de la producción de caña se destinó a la producción de etanol y que el área cosechada total fue de 172.421 ha, se puede estimar que los empleos no industriales de esta actividad ascendieron a 4.316. Por su parte, los empleos generados en las destilerías sí son empleos nuevos y son aproximadamente 60 por planta.

En el caso de las 3.000 hectáreas de nuevos desarrollos de caña de azúcar para biocombustibles en el Meta (Bioenergy) se estima que generarán 400 empleos directos, entre agrícolas e industriales y 100 indirectos. Una vez que el complejo productivo llegue a su tamaño planeado de 14.000 hectáreas, los empleos serían aproximadamente 3.000. En el caso de Agrifuels en Magdalena está contemplada la siembra de 10.000 hectáreas de caña de azúcar que generarían 2.200 empleos.

El bajo crecimiento en superficie sembrada de caña de azúcar se debe, por una parte, a las limitaciones geográficas para expandir los cultivos de caña alrededor del ya consolidado clúster del azúcar en el Valle del Cauca, que cuenta con una organización institucional desarrollada y unos suelos fértiles y bien conocidos. Desarrollar cultivos de azúcar en nuevas regiones es costoso, con retornos que pueden demorarse hasta

³⁴Asumiendo que la relación de etanol/caña de azúcar de 0.085Lt/Kg caña

más de 10 años hasta que se encuentre la variedad de caña y el paquete tecnológico que dé resultados óptimos en esa nueva región. Por otra parte, la existencia de excedentes para comercializar han permitido que pueda aumentar la producción de etanol sin un aumento proporcional del área sembrada en caña de azúcar.

Tipo y calidad del empleo

El mercado laboral en el sector rural se caracteriza por la preeminencia de empleos de baja calidad en términos de formalidad, ocupación plena y remuneración, pues la mayoría de los trabajadores son trabajadores por cuenta propia, jornaleros y trabajadores familiares sin remuneración. El problema fundamental en el mercado laboral del sector rural no es el desempleo sino la calidad de los empleos. En particular se observa que los ingresos generados por los pobladores del campo son muy bajos: el ingreso per cápita en el campo a finales de 2005 era de \$165.200 mensuales, una tercera parte del promedio per cápita de las cabeceras que era de \$488.500 (Leibovich et al., 2006).

Un aspecto fundamental de la estructura productiva del sector azucarero en Colombia es la contratación de servicios por medio de cooperativas de trabajo asociado (CTA), y no directamente como empleados del ingenio o de otros proveedores. En el año 2009 la firma consultora Deloitte³⁵ realizó un estudio que documentó las principales CTAs que existen en el Valle Geográfico del Río Cauca. El estudio indagó por los servicios que les prestan las cooperativas a sus afiliados, por el cumplimiento de convenios de la Organización Mundial del Trabajo (OIT) y por el sistema de compensaciones y pagos de cada cooperativa. Sin embargo, según Asocaña (2012b), recientemente, las personas que prestan el servicio de corte lo hacen cada vez menos a través de las CTAs ya que ahora en muchos casos son contratados directamente por los ingenios azucareros o por empresas especializadas en el corte de caña que prestan ese servicio.

La muestra reportó un total cumplimiento de las recomendaciones y pautas establecidas por la OIT; ninguna cooperativa usa o ha usado trabajo infantil ni forzoso, no se presenta discriminación en la vinculación de trabajadores, existe igualdad de remuneración y la adhesión a las cooperativas es abierta y voluntaria.

Adicionalmente, existe participación democrática de todos los asociados y el ingenio no impone a las cooperativas directrices, políticas ni reglamentos. En general, el estudio encontró situaciones favorables con respecto al cumplimiento legal y otras disposiciones. Todas las CTAs pagan oportunamente las compensaciones a sus asociados, disponen de convenios con los ingenios, se encuentran afiliadas a administradoras de riesgos profesionales, cuentan con patrimonio propio y lo

³⁵ Citado en el Estudio de Ciclo de Vida realizado por el Consorcio CUE (2012).

administran directamente. Adicionalmente, los asociados están afiliados a seguridad social, tienen acceso a lugares de recreación y/o descanso familiar. También se encontró que en el año 2008 el 88% de las CTAs contaba con programas de educación para el asociado y 78% para la familia del asociado (Deloitte, 2009)

Por otra parte, según el estudio realizado por el Consorcio CUE (2012), los ingenios se preocupan por mantener la estabilidad y bienestar de sus trabajadores. Los autores encuentran que los trabajadores contratados directamente por los ingenios tienen un promedio de antigüedad en sus empleos de 21 años; el 80% cuenta con vivienda propia, financiada en buena parte por los mismos ingenios. Los trabajadores de nómina de los ingenios y los trabajadores contratados a través de los sindicatos y los trabajadores asociados a las CTA reciben en promedio 4.5 y 2.5 el ingreso mínimo anual legal en Colombia, respectivamente (Consorcio CUE, 2012).

Adicionalmente, el estudio de Fedesarrollo (2011) “Impacto socioeconómico del sector azucarero colombiano en la economía nacional y regional” encuentra que el salario promedio mensual por trabajador de los ingenios azucareros fue de \$2,6 millones mientras que el salario promedio de las industrias manufactureras cubiertas por la Encuesta Anual Manufacturera fue de \$1,3 millones de pesos mensuales. Esta cifra implica que un trabajador promedio de los ingenios recibe una remuneración cerca del doble de la remuneración que recibe cualquier otro trabajador promedio de la industria nacional (Olivera et al., 2011).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que sí se han presentado conflictos con los trabajadores, en particular con los corteros, encargados de cosechar la caña en los cultivos no mecanizados. En 2005 y 2008 se manifestaron en paros debido al deterioro del precio del corte de la caña asociado a la caída en el precio del azúcar, por casos de malos tratos de los supervisores de campo y de violación de sus derechos por parte de los contratistas y directivas de las cooperativas. Para resolver estos conflictos se crearon nuevas cooperativas bajo la dirección de los propios corteros y se dieron mejoras en las condiciones laborales (Consorcio CUE, 2012).

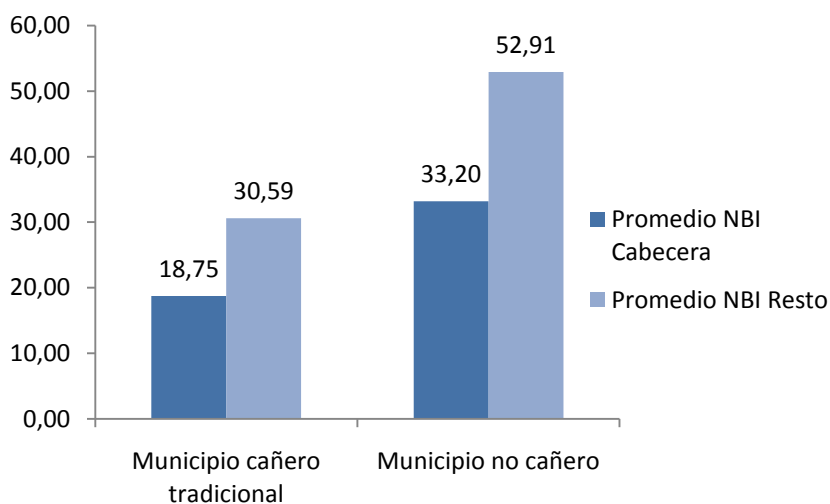
En cuanto a los nuevos desarrollos de cultivos de caña de azúcar destinados a la generación de materia prima para la producción de etanol, se está generando un número importante de empleos con algún tipo de calificación y conocimiento agroindustrial en zonas en las que éste tipo de mano de obra no ha sido tradicionalmente demandada. Esto ha generado dinámicas de capacitación a personas que, de otro modo, difícilmente podrían acceder a educación superior. Un ejemplo de esto son los empleos que se están generando en el proyecto de Bioenergy (180 para finales del 2012), que mediante alianzas con el SENA está capacitando población de los municipios en donde están ubicadas sus plantaciones (Puerto López y Puerto Gaitán) (Bioenergy, 2012).

5.4.3. Calidad de vida

Los municipios productores de caña de azúcar del Valle del río Cauca tienen en general, mejores indicadores de desarrollo económico y social que el promedio de los municipios del departamento y del país. A continuación se presentan estadísticas socioeconómicas descriptivas de variables asociadas a pobreza, educación, salud y desempeño fiscal. Es importante aclarar que estas estadísticas son puramente descriptivas y se presentan con el fin de mostrar cuáles son las condiciones socioeconómicas de los municipios en donde se siembra caña de azúcar, más no representan una relación de causalidad directa entre la presencia de cultivos de caña sobre las variables socioeconómicas analizadas.

Los municipios tradicionalmente³⁶ cañeros presentan, en promedio, un porcentaje de personas (total) con Necesidades Básicas Insatisfechas³⁷ (NBI) 20.93 puntos menores que el resto de los municipios. Al observar la misma variable al interior del Valle del Cauca también se encuentra que la cantidad de personas con NBI es 3.6 puntos porcentuales menor. Al comparar los niveles de NBI de los municipios productores de caña tradicionales con los municipios en los que se están desarrollando los nuevos proyectos se observa que el porcentaje de población con NBI es mayor en los últimos.

Gráfico 27: NBI Promedio 2005



Fuente: Datos Dane(2005). Elaboración propia.

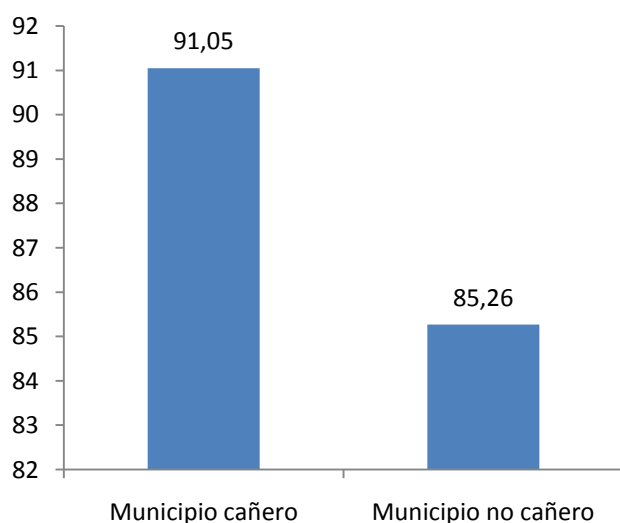
³⁶ No se tienen en cuenta nuevos desarrollos en Pivijay, Puerto López y Puerto Gaitán

³⁷ NBI hace referencia a las necesidades básicas de la población que no se encuentran cubiertas. Los grupos que no alcanzan un umbral mínimo fijado, son clasificados como pobres. Los indicadores simples seleccionados, son: Viviendas inadecuadas, Viviendas con hacinamiento crítico, Viviendas con servicios inadecuados, Viviendas con alta dependencia económica, Viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela.

El Índice de Calidad de Vida³⁸ (ICV) es 14.16 puntos porcentuales superior en los municipios cañeros tradicionales que en el resto de municipios del país. Al comparar este índice al interior del Valle del Cauca se encuentra que es 5.3 puntos porcentuales superior en los municipios cañeros. En los municipios en los que se están llevando a cabo los nuevos desarrollos de caña de azúcar, el ICV es 11.9 puntos porcentuales inferior al de los municipios cañeros tradicionales y 2.31 puntos porcentuales mayor que el de los municipios que no cuentan con cultivos de caña de azúcar. Esto indica que en los municipios con presencia del cultivo de caña de azúcar la población tiene, en promedio, mejores características de vivienda, mejor acceso a servicios públicos, más años de educación, mejor asistencia escolar y menor hacinamiento habitacional.

En las variables asociadas al nivel de educación, se observa que la tasa de alfabetismo³⁹ de los municipios en los que se siembra caña tradicionalmente es 5.7 puntos porcentuales superior que en el resto de los municipios del país. Al interior del Valle del Cauca la tasa de alfabetismo es 3.4 puntos porcentuales superior en los municipios cultivadores de caña de azúcar que en el resto del departamento. En cuanto a los municipios que presentan nuevos desarrollos de cultivos de caña, se observa que la tasa de alfabetismo es 9.2 puntos porcentuales inferior a la de los municipios que son productores tradicionales y 3.5 puntos porcentuales inferior al promedio de municipios no cañeros del país.

Gráfico 28: Tasa de alfabetismo en municipios cañeros tradicionales



³⁸ Índice de condiciones de vida. Incluye variables relacionadas con la vivienda, los servicios públicos y los miembros del hogar, tenencia de bienes y percepción del jefe o del cónyuge sobre las condiciones de vida en el hogar.

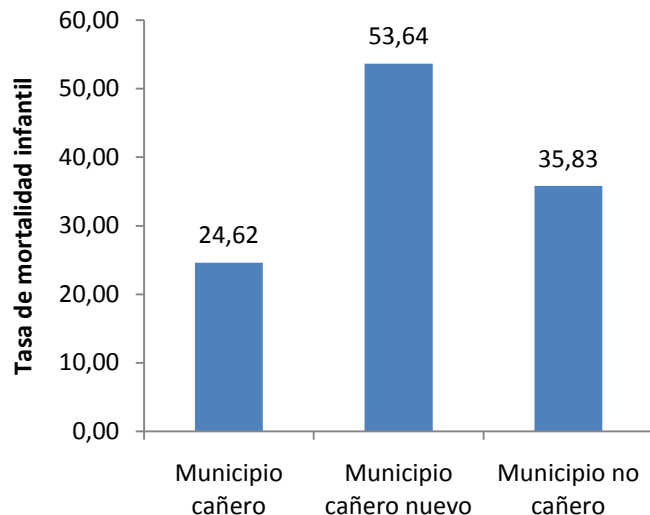
³⁹ La tasa de alfabetismo hace referencia a la relación que existe entre las personas a partir de cierta edad saben leer y escribir y el total de la población.

Fuente: Sigot - (DANE, NBI - Censo General, 2005). Elaboración propia

El indicador de Educación y Capital Humano⁴⁰ también es más alto en los municipios cañeros tradicionales. Con respecto a los municipios en los que se están desarrollando nuevos cultivos de caña, los municipios cañeros tradicionales presentan un indicador 3.29 puntos porcentuales superior y con respecto a los municipios no cañeros el mismo indicador es 3 puntos porcentuales superior.

Al observar las variables de salud se encuentra que en promedio, los municipios cañeros tradicionales presentan una tasa de mortalidad de infantil⁴¹ 36.40, 11.8 puntos inferior a la de los municipios no cañeros. Pivijay y Puerto Gaitán, municipios en los que se están generando nuevos desarrollos, presentan tasas de mortalidad infantil superiores a 60, mientras que Puerto López presenta una tasa de 31.69. En cuanto a la tasa de afiliación al régimen subsidiado de salud⁴², se encuentra que esta tasa es menor en los municipios cañeros tradicionales, que en los nuevos cultivadores y en los no cañeros. Estos resultados muestran que, en promedio, en los municipios cañeros tradicionales se cuenta con mejores indicadores de salud y la población depende menos de los subsidios estatales.

Gráfico 29: Mortalidad infantil



Fuente: Sigot –DANE (2007). Elaboración propia.

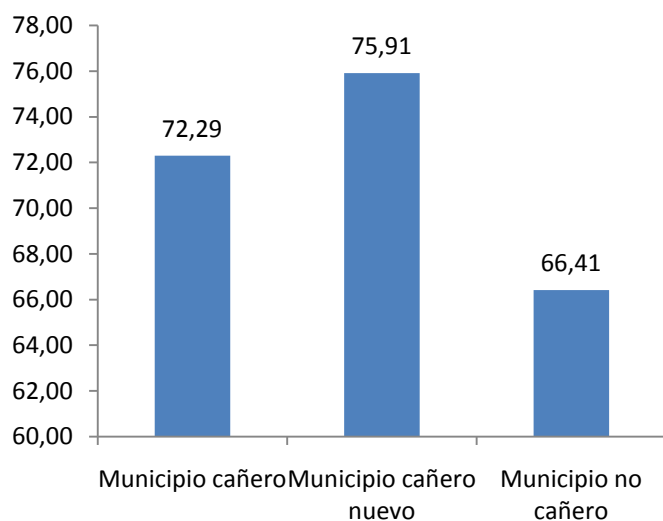
⁴⁰ Indicador que tiene en cuenta escolaridad máxima del jefe de hogar, escolaridad promedio de personas de 12 y más años, proporción de jóvenes de 12 a 18 años que asisten a secundaria/universidad y proporción de niños de 5 a 11 años que asisten a un establecimiento educativo.

⁴¹ Se refiere a la muerte en niños menores a un año con respecto a los nacidos vivos en el mismo periodo, multiplicados por mil.

⁴² $(\text{Población afiliada en régimen subsidiado} / \text{Población total}) \times 100$. Ministerio de Protección Social 2006.

Para medir el desempeño fiscal se toma el Índice de Desempeño Fiscal⁴³ del DNP para el año 2010, nuevamente se encuentra que los municipios cañeros tradicionales presentan, en promedio, mejores condiciones que en los municipios no cañeros, siendo el índice de desempeño fiscal de los municipios cañeros tradicionales, en promedio, 5.88 puntos porcentuales que en los municipios no cañeros. Los 3 nuevos municipios cañeros presentan un índice de desempeño fiscal superior al que presentan tanto los municipios cañeros tradicionales y los no cañeros, en 3.62 y 9.50 puntos porcentuales respectivamente.

Gráfico 30: Índice de desempeño fiscal



Fuente: DNP 2010. Elaboración propia.

El estudio del sector azucarero realizado por Olivera et al., en 2011, encuentra que en términos relativos frente a municipios productores de otros bienes agrícolas y al total de municipios del país -sin incluir capitales y municipios receptores de regalías petroleras o carboníferas- los municipios cañicultores tienen un mayor nivel de ingreso per cápita y un mayor nivel de desarrollo. Además encuentra que la presencia de ingenio incrementa aún más el PIB per cápita (en promedio, la población de municipios con presencia de cultivos de caña de azúcar tiene un PIB per cápita 1.5 millones mayor y en los municipios con presencia de ingenios esta cifra es 1.8). También se encuentra que los años de educación son casi medio año superiores en los municipios en los que hay cultivo de caña y en los municipios en los que hay ingenios (Olivera et al, 2011).

⁴³Este índice tiene en cuenta el porcentaje de ingresos corrientes destinados a funcionamiento, porcentaje de ingresos corrientes provenientes de transferencias, magnitud de la deuda, porcentaje ingresos que corresponden a recursos propios, porcentaje del gasto total destinado a inversión y capacidad de ahorro.

A partir de estos resultados se puede esperar un efecto positivo en los indicadores de bienestar de los nuevos municipios cañeros y de los municipios donde se han establecido plantas de producción de etanol. Igualmente, la producción de etanol da mayor estabilidad a los ingenios ya existentes al abrir una nueva línea de producción que les permite diversificar sus fuentes de ingreso y reducir su riesgo. De esta manera la producción de etanol ayuda a mantener los beneficios generados por la siembra de caña de azúcar y los ingenios azucareros.

5.4.4. RSE

En esta sección se analiza la información disponible acerca de las inversiones en Responsabilidad Social Empresarial (RSE) realizada por las empresas productoras de etanol con el objetivo de identificar el esfuerzo que el sector hace para generar bienestar en los habitantes de su área de influencia.

En el marco de las alianzas público-privadas, el sector azucarero a través de Asocaña ha desarrollado programas en beneficio de las familias de los corteros de caña a través del programa “Familias con Bienestar” en alianza con el Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) alcanzando una cobertura de 8211 familias en el programa para el año 2011.

El sector se ha caracterizado por hacer inversiones sociales en educación. En el año 2011 se fortaleció la red educativa azucarera mediante el apoyo a 17 instituciones educativas que apoya el Sector, de las cuales hay cinco que son propias de los Ingenios, atendiendo 12591 estudiantes de educación primaria básica, media y secundaria. Adicionalmente se cuenta con un programa de alfabetización que atendió a 2300 adultos en el 2011 y que en total ha atendido a 4350 colaboradores de la agroindustria y sus familiares, en desarrollo de una alianza que tiene el gremio con el Ministerio de Educación. Por otra parte, se cuentan con alianzas estratégicas entre el sector azucarero y otras entidades privadas y públicas para actualizar los sistemas de educación de acuerdo con las tecnologías de información.

Para la formación de los colaboradores de la agroindustria en diferentes disciplinas, existen convenios con el SENA. Estos convenios han permitido tener normas de competencias laborales actualizadas y procesos de certificación en toda la cadena de producción de la caña de azúcar y sus derivados. En el año 2011 se capacitaron a 2600 colaboradores en alta gerencia, innovación y tecnología y educación continuada.

De igual modo, el sector ha incorporado los principios de sostenibilidad del Pacto Global de Naciones Unidas en la cadena de producción, especialmente en cuanto a apoyo, respeto y protección de los derechos humanos fundamentales (Asocaña, 2012).

Todos estos programas e inversiones han tenido un impacto positivo sobre la región del Valle del Cauca y sobre los trabajadores asociados a los ingenios y sus familias.

Olivera et al. (2011) sugiere que es probable que parte de los resultados obtenidos sobre el efecto de las actividades del sector de la caña de azúcar sobre calidad de vida, se deban en buena parte a estos proyectos.

5.4.5. Institucionalidad

El sector azucarero, como una de las agroindustrias más tradicionales del país, cuenta con una organización gremial de productores de caña de azúcar sólida representada por La Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Colombia (Asocaña), fundada en 1959. Asocaña representa al sector a nivel nacional e internacional y coordina las posiciones del sector azucarero en las negociaciones internacionales que lleva acabo el gobierno y administra el fondo de estabilización de precios del azúcar (FEPA). Así mismo es la entidad encargada de coordinar proyectos sectoriales y apoyar la elaboración y ejecución de políticas ambientales y sociales del sector azucarero. Asocaña está integrada por los 13 ingenios azucareros y por un número importante de cultivadores de caña de azúcar de la región.

Además de Asocaña, el sector azucarero ha conformado otras instituciones dedicadas a labores especializadas en temas de investigación, capacitación y comercialización internacional del azúcar. Para el tema de investigación y divulgación de tecnología en el sector azucarero se creó el Centro de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña) en el año 1977 que tiene como objetivo mejorar las condiciones de competitividad del sector. La Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (Tecnicaña) se encarga de capacitar y transferir tecnología a los técnicos del sector. Por último, la Comercializadora Internacional de Azúcares y Mieles S.A., fundada en 1961 se encarga de la comercialización y operación logística de las exportaciones de azúcar y mieles.

De esta manera, los ingenios se benefician del conocimiento aportado por Cenicaña para producir variedades de caña más eficientes para la producción de etanol y en el futuro generar otros productos.

Adicionalmente, la existencia de un gremio como Asocaña establece estándares para los miembros de la industria que se traduce en mejoras para las localidades donde operan.

Es importante señalar, sin embargo, que hasta el momento los nuevos desarrollos de caña de azúcar fuera del Valle del Cauca no están asociados a Asocaña.

5.5. Biodiesel

5.5.1. Producción – sector palmero y proceso productivo

El biodiesel en Colombia se produce principalmente a partir de aceite de palma. La palma de aceite es un cultivo importante en el sector agrícola colombiano y su participación en los cultivos agrícolas ha venido aumentando de manera importante en los últimos años.

A nivel internacional, Colombia es el quinto productor de aceite de palma tanto en términos de área sembrada en cultivos de aceite de palma como en toneladas producidas de aceite. Sin embargo, sólo participa con el 2% del área sembrada mundial, que se encuentra muy concentrada en los dos productores principales, Indonesia y Malasia. A nivel regional, Colombia es el principal productor seguido por Ecuador y Brasil.

Adicionalmente, en comparación con otros países el rendimiento promedio de Colombia para el año 2009 (3.4 tn/ha), fue inferior al de Malasia e Indonesia, los principales productores de aceite de palma a nivel mundial, pero superior al promedio mundial (2.99 tn/ha). (Finagro, 2012)

A nivel nacional, la palma de aceite representó en 2010 en términos de área cosechada el 6.5% del total de cultivos agrícolas y el 10.46% de los cultivos permanentes con 250.662 ha. cosechadas y 404.103 ha plantadas⁴⁴. El hecho de contar con esta área plantada que aún no se encuentra en producción, indica que en los próximos años la participación de la palma de aceite en el área cultivada va a aumentar.

La producción de palma de aceite en el año 2010 tuvo un valor de 820.206,8 millones de pesos de 2005, que corresponden al 0.19% del PIB total, al 2.94% del PIB agropecuario y al 4.39% del valor de los cultivos permanentes.⁴⁵

A diferencia del sector azucarero, las plantaciones de palma de aceite no se encuentran concentradas en una sola región, sino que se han desarrollado en diferentes regiones del territorio nacional. El área destinada al cultivo de palma de aceite se divide en cuatro zonas geográficas: norte, centro, oriente y occidente. Las cuatro zonas tienen características agroecológicas diferentes que inciden en el rendimiento del cultivo y en los costos del mismo.

Los rendimientos de las plantaciones medidos en toneladas de aceite extraído por hectárea en entre el año 2000 y 2010 presentan, en general, una tendencia decreciente y también varían entre regiones. La disminución en los rendimientos se debe a gran parte a la enfermedad de la pudrición del cogollo que afectó a gran número de plantaciones y se convirtió en una amenaza para la producción de palma de aceite en Colombia. En el año 2010 los rendimientos se vieron afectados por el

⁴⁴Cálculos de Fedesarrollo con datos del Anuario Estadístico de Fedepalma (2011a) y del Anuario Estadístico Agropecuario y Pesquero del MADR.

⁴⁵ Cálculos propios con datos de las Cuentas Nacionales del Dane (2011) y del Anuario Estadístico del sector agropecuario y pesquero del MADR (2010)

fenómeno de La Niña que produjo grandes inundaciones que afectaron cerca de 40.000 ha de cultivo. Otro factor que contribuye a explicar la caída en el rendimiento es el deficiente manejo agronómico en plantaciones nuevas y las siembras en zonas que no cumplen con las características necesarias para el buen desarrollo de la palma (Fedepalma, Anuario estadístico, 2011a).

Sin embargo, en el año 2011 se presentó un aumento en los rendimientos en las cuatro regiones alcanzando un promedio nacional de 3.52 toneladas por hectárea. La zona centro tuvo el mayor rendimiento con 3.84 tn/ha, seguida por la zona oriental y la zona norte que tuvieron rendimientos similares (3.51 y 3.32 tn/ha respectivamente), el menor rendimiento se presentó en la zona sur occidental con apenas 2.74 tn de aceite por hectárea.

Estructura del sector

La cadena productiva del biodiesel se divide en tres fases: agrícola, industrial y de servicios. En la primera fase se encuentran los cultivadores de palma africana, desde los que practican métodos artesanales en pequeñas extensiones, hasta los grandes latifundios que cuentan con tecnologías más avanzadas. Asociados a ellos están los proveedores encargados de suministrar insumos a los cultivadores, tales como semillas, plántulas, fertilizantes y agroquímicos.

El sector industrial está compuesto por dos eslabones. El primero se dedica a la extracción del aceite crudo de palma, actividad que generalmente se lleva a cabo en locaciones o centros de acopio cercanos a los cultivos. El aceite crudo se destina por una parte a la industria tradicional de alimentos, cosméticos y concentrados para animales, y por otra, a la producción del biodiesel. El segundo eslabón corresponde a las plantas industriales encargadas de la producción de biodiesel a partir de procesos de transesterificación.

El sector de servicios está conformado por todas las empresas que participan en la distribución y venta del biocombustible obtenido. Esto incluye las plantas de almacenamiento y la mezcla, centros de distribución y las estaciones de servicio, en las que el usuario final adquiere el producto.

Las características físico-químicas de la palma de aceite determinan que su comercialización deba hacerse bajo la forma de aceite, y no en semilla como el resto de oleaginosas. Una vez obtenidos los frutos estos deben ser procesados tan frescos como sea posible, entre 6 y 12 horas después de cosechados para evitar su deterioro por acidez. Esta característica obliga a que haya un alto nivel de integración entre la fase agrícola y la primera fase industrial, la extracción del aceite crudo de palma.

Otra característica del cultivo es el alto nivel de inversión necesario para su establecimiento, debido a la preparación y mantenimiento del terreno durante los

primeros cuatro años improductivos y al montaje de la infraestructura necesaria para la explotación integrada hasta la extracción del aceite crudo (Finagro, 2012). Adicionalmente, el cultivo de palma es intensivo en mano de obra ya que toda la recolección del fruto se hace de manera manual y requiere un cuidado y mantenimiento constante.

Estas características hacen que la producción de aceite de palma y de biodiesel tienda a integrarse verticalmente, en la mayoría de casos la misma empresa es encargada de la plantación, generación de aceite y transformación del mismo en biodiesel (Gualteros, 2011). Sin embargo, se han generado asociaciones entre pequeños productores y grandes empresas que han sido exitosas.

Según Fedepalma, el desarrollo de las nuevas plantaciones involucra cada vez más a pequeños y medianos productores; el número de alianzas productivas que pasó de representar el 0,4% del área plantada en 1999 a representar el 15,9% en 2010 (Fedepalma, 2012c). Las empresas que más han promovido las alianzas con pequeños productores⁴⁶ se encuentran ubicadas en las zonas Centro y Norte.

La zona Oriental se caracteriza por grandes empresas poseedoras de vastas extensiones de tierra y gran dispersión de las plantas extractoras. De hecho, algunas de ellas trabajan únicamente con fruto propio, pero las productoras de biodiesel sí hacen uso de materia prima producida por terceros. En la zona norte, aproximadamente el 40% de la materia prima es producida en cultivos pertenecientes a las plantas productoras de biodiesel y el resto es comprado a terceros. En las zonas Central y Oriental, estos porcentajes son 20% y 43% respectivamente (Consorcio CUE, 2012)

Tabla 5: Área sembrada en palma de aceite por tamaño de unidad productiva

Tamaño del cultivo (hectáreas)	Área sembrada estimada		Participación (%)	
	1999	2010	1999	2010
Alianza	645	64.023	0.44%	15.93%
0 < 20	4.908	11.319	3.32%	2.82%
20 < 200	19.366	52.089	13.11%	12.96%
200 < 1000	57.454	132.029	38.88%	32.84%
Más de 1000	67.391	142.553	45.61%	35.46%
Total	147.764	402.012	100.00%	100.00%

Fuente: Fedepalma 2012

⁴⁶ Menos de 20 hectáreas

A pesar de que la palma tiende a cultivarse en grandes extensiones de tierra, no se puede afirmar que este cultivo tienda a concentrar la propiedad rural. El Informe Nacional de Desarrollo Humano del PNUD cotejó para el año 2007 las áreas sembradas y los índices de propiedad rural (tierras y propietarios) y halló que aunque existe una relación positiva entre las dos variables, esta asociación es débil y poco significativa estadísticamente. Adicionalmente, mediante un estudio de la correlación entre la variación de los índices Gini de tierra y propietarios y el crecimiento del área sembrada por municipios, se encontró que no existe relación directa entre la concentración de la propiedad de la tierra y el aumento en las extensiones de los cultivos de palma en el país. Únicamente en el área Oriental se encontraron indicios de concentración de la propiedad de la tierra a medida que aumenta el área sembrada en palma de aceite. (PNUD, 2011)

5.5.2. Empleo

Cantidad de empleos generados

Como se ha mencionado, la generación de empleo es uno de los principales objetivos de la PNBC por medio del aumento de cultivos permanentes intensivos en mano de obra. Se calcula que el sector palmero emplea en promedio 1 trabajador por cada 3.2 hectáreas plantadas en palma de aceite (Fedepalma, 2012b)⁴⁷. Esto es inferior a otros cultivos de tardío rendimiento como cacao o banano, pero si se tiene en cuenta que las plantaciones de palma se desarrollan en su mayoría en zonas que se dedicaban a la ganadería extensiva que es poco intensiva en mano de obra (aproximadamente 200 ha por trabajador), el efecto de incremento en la demanda de biodiesel es positivo en términos de empleo.

Tabla 6: Empleos generados en diferentes cultivos 2010

Cultivo	Empleos	Área Cosechada	Empleo/ha cosechada
Palma	60.927	250.662	0,24
Caña de azúcar	32.636	172.763	0,23
Banano exportación	39.211	44.500	0,88
Café	726.095	914.000	0,79
Arroz	66.273	484.874	0,14
Cacao	68.233	126.590	0,54
Papa	68.506	168.736	0,41
Total Transitorios	409.884	1.480.123	0,28
Total Permanentes	1.912.218	2.396.776	0,8
Total	2.398.300	3.876.899	0,62

Fuente: Agronet, MADR.

Según esta cifra de intensidad de mano de obra (Agronet), las 266'921 hectáreas en producción de palma de aceite en el año 2011 generaron aproximadamente 64'000

⁴⁷El MADR calcula 1 empleo por cada 3.7 hectáreas.

empleos directos y a esto hay que sumarle los empleos generados en las nuevas plantaciones que aún no se encuentran en producción pero que igual generan empleos en el proceso de siembra y cuidado del cultivo. Por su parte, la Gerencia Privada PTP (2012), hace sus estimaciones de empleo generados por el sector del biodiesel y encuentra que en el 2011 el cultivo de palma de palma dedicado desinado al sector del biodiesel para 2011 generó más de veintiún mil (21.853) empleos directos; cuarenta y tres mil (43.000) empleos indirectos y un total de ochenta mil (80.000) personas beneficiadas por las actividades relacionadas con el cultivo, la extracción y la producción de biodiesel. (Gerencia Privada del PTP, 2012)

Tabla 7: Generación de empleo rural

Año	Generación de empleo rural sector Palma (Total)	Empleo rural para Biodiesel
2007	38.360	460
2008	42.119	2.205
2009	45.067	8.539
2010	50.461	19.980
2011	53.421	21.853

Fuente: Fedepalma UGCE y cálculos PTP

En la producción del biodiesel consumido en el año 2011 se generaron empleos tanto industriales (en la planta de transformación de aceite a biodiesel) como agrícolas (en los cultivos de palma). La cantidad de empleos generados en las plantas de transformación no es muy grande; aproximadamente 60 por planta, incluyendo las labores operativas y administrativas (Fedebiocombustibles, Reunión con Director Técnico, 2012). La parte más significativa de la generación de empleo se da en mano de obra agrícola.

Tipo y calidad del empleo

No sólo es relevante la cantidad de empleos, sino que es importante determinar la calidad de los empleos se generan en el sector palmero. Sin embargo, es difícil determinar tanto la cantidad de empleos como la calidad de los mismos ya que se cuenta con poca información sobre la situación laboral y los estudios sobre empleo no arrojan cifras sobre la cantidad de trabajadores vinculados directamente, a través de las CAT o a través de las empresas contratistas.

Generalmente, los trabajadores viven en el municipio en dónde se encuentra la plantación, a excepción de las épocas de los picos de cosecha. En la región oriental sí se contratan trabajadores de otras regiones, provenientes principalmente de Tumaco y de la Costa Atlántica. En algunos municipios, las grandes extensiones de las plantaciones y las grandes distancias a núcleos urbanos han generado nuevos asentamientos colindantes con las plantaciones de los obreros y sus familias.

Olivera et al (2009) caracterizan el empleo en el sector palmero y comparan la calidad de vida de los trabajadores vinculados al sector palmero con la de los trabajadores vinculados a otros sectores en los mismos municipios de la muestra. Se encuentra que en promedio los empleos del sector palmero son de mejor calidad que empleos en otras actividades agrícolas en las mismas regiones. Los resultados más importantes de esta investigación muestran que pertenecer al sector como trabajador (a través de contratación directa, de CTA o de otro tipo de contratación) genera ingresos más altos, mayor formalidad laboral, y mejor calidad de vida.

En el sector palmero se encontró que el 59% de los trabajadores son contratados directamente por el cultivo o la planta de transformación, el 34.1% son contratados por CTAs y el resto es contratado bajo otros esquemas⁴⁸. En las actividades no palmeras, el 46.2% de los trabajadores son contratados directamente por los cultivos o plantas de agroindustria, el 2.8 por CTA y el resto es contratado bajo otros esquemas.

Los niveles de formalidad y cumplimiento de las normas laborales son mayores en los trabajadores del sector palmicultor que en otros sectores agropecuarios en la zona. El 83% de los trabajadores del sector palmicultor está afiliado a un fondo de pensiones, en contraste con el 28% encontrado en el grupo de comparación. En cuanto a la afiliación a cajas de compensación, el estudio encuentra que 80% está afiliado en el sector palmicultor y sólo un 19% en el grupo de comparación. El 88% de los trabajadores palmeros están afiliados al régimen contributivo (a través de una EPS) y en el caso de los no palmeros únicamente el 35% están afiliados a este régimen. Adicionalmente, se encuentra que el hecho de pertenecer a este sector incrementa en 57,8 puntos porcentuales la probabilidad de tener seguridad en salud y pensiones, y de otra parte, incrementa en 60,8 puntos porcentuales la probabilidad de contar con salud, pensiones y riesgos profesionales simultáneamente. En cuanto a los ingresos de los trabajadores, el estudio encuentra que pertenecer al sector palmicultor aumenta el salario por hora en 20%.

Por otra parte, dentro de los hallazgos del estudio se observa que en el sector palmero no trabajan personas menores de 18 años, mientras que en otros sectores sí lo hacen. Se encuentra que en el sector palmero los trabajadores tienen niveles más altos de educación que los trabajadores no palmeros. El nivel de sindicalización es mayor en el sector palmero (12%) que en el no palmero (4%). Los resultados muestran que el 64% de los trabajadores palmeros tienen derecho a vacaciones con derecho a seguir recibiendo sueldo, mientras que de los no palmeros sólo tiene derecho un 25% aproximadamente. Adicionalmente los trabajadores palmeros presentan una

⁴⁸ Incluyen empresas de empleo temporal, empleados que reportaron no conocer su tipo de contrato y otros tipos de vinculación laboral.

protección de riesgos profesionales alta, incluso al compararlo con estándares de las grandes ciudades del país, pues un 86% de sus trabajadores está afiliado a una administradora de riesgos profesionales. En el grupo de comparación sólo está cubierto el 27%. En cuanto a la duración de los contratos, se encontró que un 40,3% de los trabajadores palmeros pactan contratos a término indefinido, en comparación con un 26% en los no palmeros. Además, un 14% de los primeros manifestaron estar vinculados a través de un contrato a término fijo, frente a 9% en el grupo de comparación(Olivera et al, 2009).

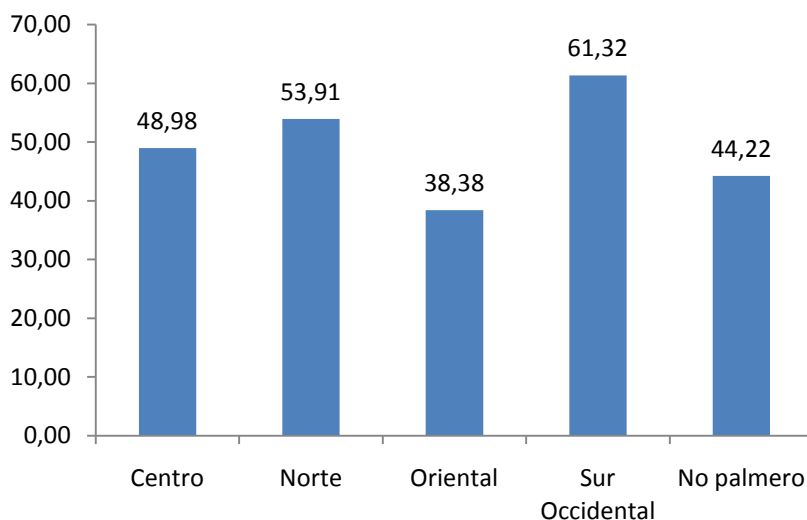
A partir de este estudio se observa que efectivamente las condiciones laborales y salariales en términos de cumplimiento de normas y estabilidad laboral, ingresos y prácticas salariales por parte de las empresas del sector palmicultor son mejores que en otros sectores agrícolas en las mismas zonas de producción. Ahora bien, es necesario ver si la PNBC ha contribuido a que se sigan dando estas buenas prácticas y si ha generado nuevos empleos de este tipo.

5.5.3. Calidad de vida

En el caso de la palma de aceite, como las plantaciones no están tan concentradas como las plantaciones de caña azúcar en una sola región, el análisis de las variables socioeconómicas se hace para cada zona de plantación. Nuevamente, es importante tener en cuenta que estas estadísticas son puramente descriptivas y se puede considerar una relación de causalidad directa entre la presencia de cultivos de palma de aceite y las estadísticas presentadas.

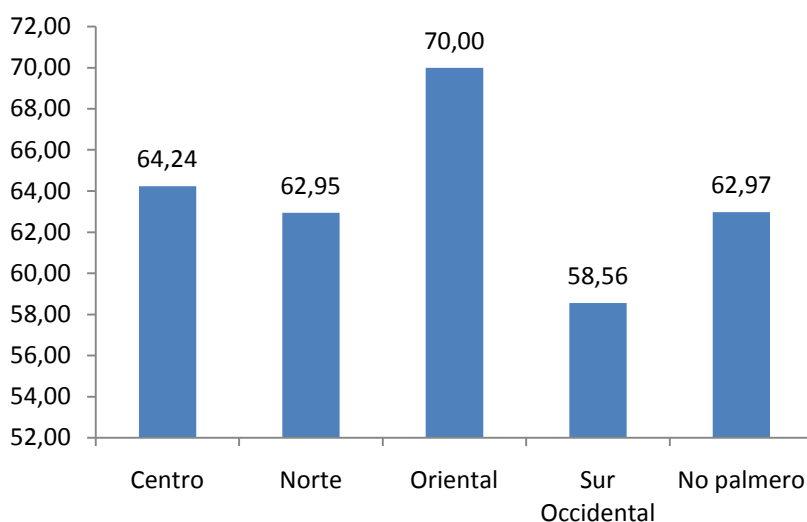
En las variables asociadas a pobreza se encuentran resultados heterogéneos entre regiones. Como es de esperarse, en general los niveles de NBI son menores en las cabeceras municipales que en el resto de los municipios. Con excepción de la zona oriental, los municipios ubicados en las zonas palmeras presentan niveles más altos de NBI que los municipios no palmeros. La zona norte y la zona occidental son las que presentan el mayor porcentaje de personas con NBI, con niveles totales de 53.9 y de 61.3 respectivamente. En cuanto al ICV se observa que la zona oriental, con un índice de 70, presenta el valor más alto, seguido por la zona centro que presentó un índice de 64.2. Los municipios de la zona norte presentan un índice muy similar al del resto de municipios no palmeros con un indicadores de 62.9 y 62.7 respectivamente, mientras que la zona occidental con un índice de 58.6 presenta el menor valor.

Gráfico 31: NBI en municipios palmeros



Fuente: Datos Dane (2005). Elaboración propia.

Gráfico 32: ICV en municipios palmeros

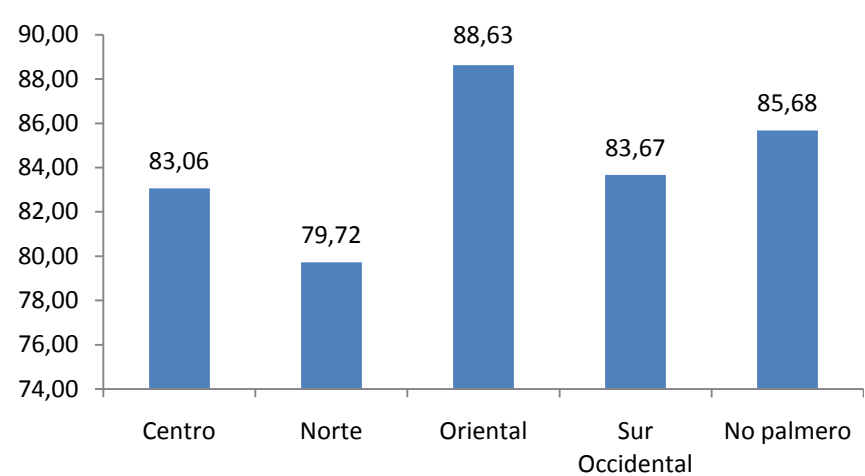


Fuente: Datos SIGOT – DNP. Elaboración propia

En cuanto a las variables asociadas a educación, en general, con excepción de los municipios ubicados en la zona oriental, se observa que los municipios palmeros presentan peores indicadores que los municipios no palmeros. La tasa de alfabetismo en la zona oriental es de 88.6, en los municipios no palmeros es de 85.7, en la zona centro de 83.1, en la zona occidental de 83.7 y por último, la tasa de alfabetismo más baja se presenta en la zona norte en dónde apenas alcanza un nivel de 79.7%. El

indicador de educación y capital humano del DNP presenta nuevamente mejores resultados para la región oriental con un valor de 25.5, mientras que la zona sur occidental presenta el menor indicador con un valor de 23.7.

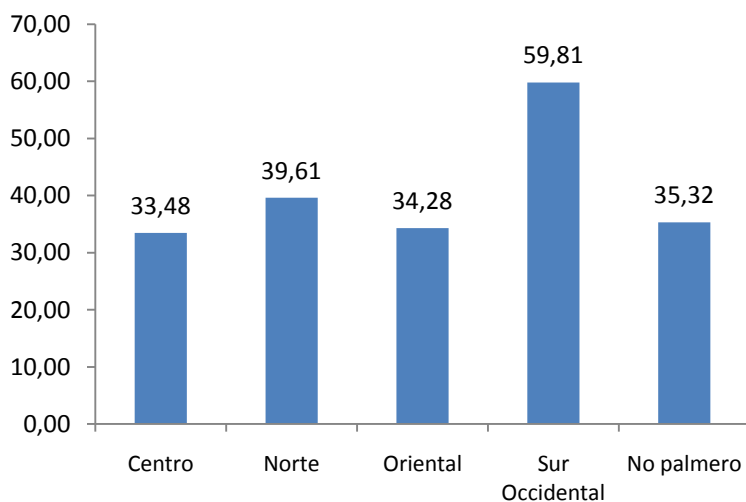
Gráfico 33: Tasa de alfabetismo promedio en municipios palmeros y no palmeros



Fuente: Datos (DANE, NBI - Censo General, 2005) – Elaboración propia.

Las variables asociadas a salud muestran que, en promedio, los municipios palmeros ubicados en las zonas centro y oriental presentan menores niveles de mortalidad infantil que los municipios no palmeros. Los municipios de la zona occidental presentan niveles altos de mortalidad infantil (59.1) frente al resto de los municipios. La tasa de afiliación al régimen subsidiado de salud es mayor en los municipios no palmeros que en los municipios palmeros y en particular se observa una tasa de afiliación baja en la zona palmera sur occidental.

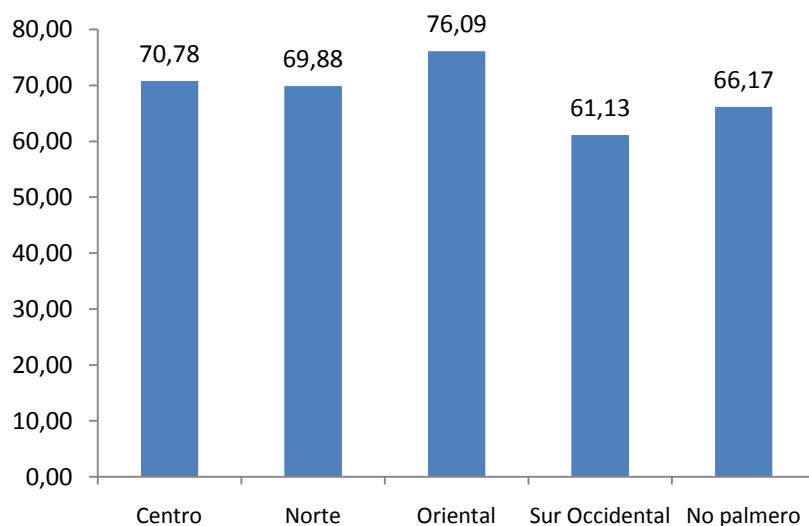
Gráfico 34: Tasa de mortalidad infantil en municipios palmeros y no palmeros



Fuente: Datos(DANE, NBI - Censo General, 2005) – Elaboración propia.

En términos de desempeño fiscal, se observa que los municipios palmeros ubicados en la zona Oriental presentan, en promedio, mejores índices con un valor promedio de 76.1. Le siguen los municipios ubicados en la zona Centro con un índice de 70.8 y los municipios de la zona Norte con un índice de 69.68. Los municipios no palmeros y los municipios palmeros ubicados en la zona Sur Occidental presentan los índices más bajos; 66.2 y 61.1 respectivamente.

Gráfico 35: Índice de Desempeño fiscal en municipios palmeros y no palmeros



Fuente: Datos DNP 2010. Elaboración propia.

Por otra parte, el estudio sobre empleo en el sector palmicultor realizado por Olivera et. al (2009) presenta un índice de calidad de vida que tiene en cuenta variables de características de la vivienda, acceso a servicios públicos, tenencia de activos en el hogar, capital humano y social y acceso a salud⁴⁹. El estudio encuentra que pertenecer al sector palmicultor eleva el valor en los Índices de Calidad de Vida contruidos, por lo que se concluye que el hecho de que un miembro del hogar pertenezca al sector palmicultor eleva la calidad de vida de todo el hogar.

Adicionalmente, este estudio hace preguntas de percepción sobre la actividad del sector palmero y su impacto en el bienestar de la población y se obtienen resultados que indican que los trabajadores, tanto palmeros como no palmeros, tienen una percepción positiva del sector palmero. En la encuesta realizada, la mayoría de los trabajadores reportaron que consideran que las empresas del sector palmero invierten en educación en sus municipios y contribuyen al desarrollo de los mismos. Los gerentes de las empresas del sector también consideran que el sector es un motor de progreso para las regiones, principalmente porque es un generador de empleo. Además, afirman que sus empresas no sólo incrementan el recaudo impositivo municipal, sino que también donan recursos para programas de educación (escuelas y capacitaciones) y salud, mediante el mejoramiento de la infraestructura de los centros de salud, mejorando así la calidad de vida de las poblaciones. Adicionalmente, consideran que el sector promueve la formalidad laboral (directa o indirecta) y consideran que ésta permite a los empleados mantener un ingreso estable y tener acceso a seguridad social, en especial en términos de salud y pensiones. También consideran que las buenas condiciones laborales repercuten en la calidad de vida de todo el núcleo familiar y de calidad de vida general en la región.

Las empresas de contratación indirecta perciben que el sector ha aumentado la demanda de empleo en las zonas en donde se siembra palma de aceite, y aunque en muchas ocasiones las empresas contratan de manera temporal a sus empleados, las condiciones laborales de estos son las adecuadas para tener un nivel de vida satisfactorio, pues cumplen todas las reglamentaciones laborales vigentes. Así mismo, la presencia de este sector y de estos métodos de contratación han permitido que parte de los empleados se bancaricen, debido a que los mecanismos de pagos de estas empresas exigen la posesión de una cuenta bancaria, lo cual les permite en un futuro el acceso a créditos en el sector financiero formal (Olivera et al. 2009)

En contraste, la percepción de los líderes comunitarios es más diversa ya que algunos manifestaron algunas dudas sobre el impacto del sector en la comunidad, mientras que otros resaltaron la importancia del sector palmicultor en el desarrollo de sus

⁴⁹ En índice de calidad de vida está compuesto por 5 variables: i) características de la vivienda, ii) acceso a servicios públicos, iii) tenencia de activos del hogar, iv) capital humano y social y v) acceso a salud

municipios. En general, los líderes entrevistados en la zona norte del país valoran la importancia del sector en términos de demanda de mano de obra, pero consideran que la mayoría de los empleos son de mano de obra no calificada y que los empleados calificados son traídos de regiones externas, generando problemáticas de desempleo en la población calificadas de estas regiones. Adicionalmente reportan estar satisfechos con el cultivo por su alta rentabilidad y por las buenas condiciones laborales que ofrece, pero creen que la expansión de los cultivos ha incrementado los precios de otros productos que antes se cultivaban en la región, afectando la canasta familiar. Además, creen que los recursos de RSE del sector no son estables en el tiempo y no se focalizan en los principales problemas regionales, lo que tiene como consecuencia que se conviertan en formas de asistencialismo, que impiden la salida de la condición de pobreza de los individuos que acceden a este tipo de iniciativas.

En la región oriental los líderes comunitarios y autoridades dieron una visión más positiva de la influencia del sector en esta región, pues creen que la cultura de la palma ha sido positiva para los municipios, por su gran impacto en la generación de empleo y la calidad de vida en general. Un buen porcentaje del empleo de la región se origina por las diferentes etapas del proceso de transformación de la palma. Además, las condiciones laborales son mucho mejores que en otras actividades agrícolas y los salarios promedios superan significativamente lo pagado en otras actividades; también resaltan el efecto que en materia de equidad de género han tenido las prácticas laborales del sector.

5.5.4. RSE

Una parte importante de los cultivos de palma de aceite y de las plantas productoras de biodiesel han sido desarrollados por empresas grandes que cuentan con programas de RSE importantes.

El estudio de Olivera et. al. (2009) encuentra que en materia de Responsabilidad Social Empresarial, los líderes del Meta afirmaron que las empresas palmeras y de procesamiento de aceite y combustible tienen una tradición de vínculo con la comunidad que han venido fortaleciendo con los años. La inversión en adecuación y dotación de colegios y puestos de salud, en la adecuación y construcción de vías es común e incluso se ha llegado construir infraestructura en salud, como es el caso del primer hospital de San Carlos de Guaroa en el Meta. Adicionalmente, se considera que estas empresas son un factor importante en la creación de redes sociales que promueven a través de diferentes actividades sociales y deportivas.

Si bien estas percepciones no son evidencia suficiente para afirmar que el sector palmero tiene un impacto significativo en la calidad de vida de las personas vinculadas

al sector de manera directa o indirecta sí dan indicios de que, en general, el sector afecta positivamente la calidad de vida de los habitantes de la región, mediante la generación de empleos formales y de mejor calidad, y la inversión en salud y educación mediante programas de RSE. Es importante resaltar que la percepción varía entre regiones y que en general se considera que el sector ha tenido mejores impactos en la zona oriental que en la zona norte.

En cuanto a las empresas productoras de biodiesel, se encuentra que la gran mayoría cuentan con programas importantes de RSE enfocados a mejorar la calidad de vida de sus empleados y de los habitantes de las regiones en dónde se encuentran establecidas.

5.5.5. Institucionalidad

El sector palmero cuenta con una organización gremial tradicional sólida que cuenta con instituciones que le permiten tener una mayor influencia a nivel nacional y adelantar acciones en diferentes campos como lo son la investigación, la transferencia de tecnologías, comercialización y promoción de nuevos cultivos. La Federación Nacional de Cultivadores de Aceite de Palma, Fedepalma, fue creada en 1962 y ha sido una organización clave para consolidar la agroindustria palmera. Esta Federación está conformada por pequeños, medianos y grandes cultivadores de palma de aceite y agrupa y representa a la mayoría de los cultivadores de palma. La misión de Fedepalma es congregar a los palmicultores colombianos, grandes, medianos y pequeños, para generar un espacio de discusión e intercambio de experiencias, capacidad colectiva de gestión y un frente único y representativo de interlocución. Dentro de sus objetivos estratégicos se encuentran optimizar el ingreso palmero, superar la problemática sanitaria, incrementar la productividad, disponer de un gremio fuerte que defienda los intereses sectoriales e identificar oportunidades y riesgos de negocios. Es importante anotar, que dentro de los objetivos estratégicos, no cuenta con ningún objetivo orientado directamente a generar desarrollo social o ambiental.

Adicionalmente, el sector cuenta con Cenipalma, un centro de investigación creado por Fedepalma en 1991 que es responsable de la investigación y transferencia de tecnología en el sector palmero en temas relacionados con el cultivo, la extracción y los usos del aceite de palma.

Para organizar el comercio internacional de aceite de palma, Fedepalma promovió la creación de C.I. Acepalma S.A. en 1991, que es una encargada de la comercialización del aceite de palma, palmiste y sus derivados, asó como de los insumos para el cultivo de palma. Más del 80% de las exportaciones de aceite de palma y de palmiste se llevan a cabo a través de Acepalma.

Este andamiaje institucional da fortaleza y sostenibilidad al sector. Los nuevos desarrollos de palma de aceite se benefician de los conocimientos y experiencia generada por otros productores y adicionalmente se establecen estándares de calidad para la producción y el manejo de las empresas.

5.6. Retos para el desarrollo rural

5.6.1. Seguridad alimentaria

La seguridad alimentaria es una de las principales preocupaciones que genera el desarrollo de cultivos destinados a la producción de biocombustibles a nivel mundial. Si se expanden los cultivos para producción de biocombustibles a costa de cultivos para alimentos puede darse un impacto negativo en disponibilidad y precios de alimentos y sobre el nivel de precios de la economía en general. Esto podría poner en entredicho los logros en desarrollo rural alcanzados por la política de biocombustibles.

El impacto generado por los desplazamientos depende en gran medida de la intensidad de las actividades agropecuarias que se desplacen. Si los cultivos desplazados son intensivos y productivos, el desplazamiento puede tener efectos negativos disminuyendo la oferta de alimentos y aumentando los precios de los mismos. Si por el contrario, se desplazan actividades extensivas, los efectos son menores y pueden llegar a ser compensado mediante la intensificación de las actividades existentes.

En el caso de Colombia, si bien es importante tener en cuenta la seguridad alimentaria, la alta disponibilidad de tierras con vocación agrícola con que cuenta el país hace posible reducir el riesgo de desabasto y alza en precios de los alimentos. Ahora bien, los conflictos por el uso de la tierra que existen actualmente podrían llegar a dificultar el uso de tierras con vocación agrícola que actualmente están subutilizadas.

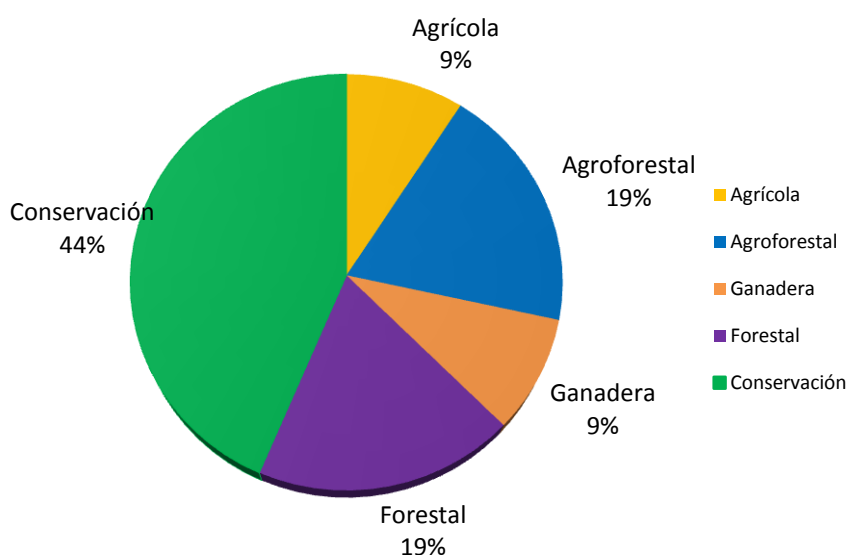
Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Corpoica (2002) el país cuenta con suficientes tierras aptas para el desarrollo de actividades productivas agrícolas, pecuarias y forestales sin necesidad de expandir los límites de la frontera agropecuaria hacia tierras marginales o hacia tierras de conservación.

En el año 2002 país contaba con 10,4 millones de hectáreas con vocación puramente agrícola, que corresponden al 9.1% del área total nacional. 10,2 millones de hectáreas que corresponden al 9% del total del país tienen vocación ganadera⁵⁰. Las tierras con vocación agroforestal abarcan una extensión de 21,9 millones de hectáreas, que representan el 19.3% del área total nacional. En términos relativos, el 51% está

⁵⁰Los usos principales contenidos en esta vocación son el pastoreointensivo, semi-intensivo y el pastoreo extensivo.

representado por tierras para usos silvoagrícolas con posibilidad agrícola especialmente para sistemas con cultivos permanentes, entre los cuales se encuentran tanto la caña de azúcar como la palma de aceite, 18% para usos silvopastoriles de alta posibilidad ganadera y el 31% restante por tierras cuyo uso principal debe ser el agrosilvopastoril⁵¹.

Gráfico 36: Vocación del uso del suelo en Colombia



Fuente: Igac – Corpoica (2002) – Elaboración Propia.

Por lo tanto, si se tiene en cuenta únicamente el área con vocación puramente agrícola y el área con vocación silvoagrícola se observa que el país cuenta con un área aproximada de 21.493.538 ha apta para cultivos agrícolas, que corresponde al 18.9% del territorio nacional. (IGAC; CORPOICA, 2002). Al comparar esta cifra con el área total de cultivos agrícolas cosechada reportada en el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario se observa que sólo se está haciendo uso de una pequeña parte de la oferta total de área apta para desarrollos agrícolas del país. En el 2002 la superficie cosechada en el país fue de 3,7 millones de hectáreas y en el 2010 fue de 3,8 millones de hectáreas, tan solo el 18% del área con vocación silvoagrícola.

Esto se debe en gran parte a conflictos en el uso de la tierra entre el uso que le da el hombre y aquel que debería tener de acuerdo a sus características ambientales. Del área total o parcialmente intervenida en Colombia solo el 37.7% no presenta conflictos de uso. Del total de tierras bien utilizadas y sin conflictos, solamente el 7% se asocia a usos agrícolas, en tierras con vocación agrícola, principalmente con cultivos de café, palma africana, banano, frutales y cultivos transitorios y 29%

⁵¹Esta vocación de uso no corresponde a una sola modalidad, sino que requiere para su equilibrio la mezcla o combinación de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales en sectores y, en otros, el mantenimiento, inclusive el mejoramiento, de la cobertura natural existente.

asociada a tierras con vocación pecuaria en usos ganaderos de diversa intensidad. Es de resaltar que un 40% de las tierras sin conflicto de uso son tierras cuya cobertura natural está intervenida parcialmente, en tierras con vocación forestal de protección y de protección producción, como son las sabanas arbustivas y arboladas, bosques fragmentados y matorrales, donde el uso actual corresponde a actividades extractivas o productivas agropecuarias muy poco intensivas.

Más del 60% del área intervenida por usos agropecuarios y de extracción, presenta conflictos de uso de las tierras, tanto por sobreutilización como por subutilización en diferentes grados de intensidad. Si bien ambos tipos de conflictos se presentan casi en igual proporción, predomina la sobreutilización con el 32.7%, frente al 29.7% de subutilización. El conflicto de uso por subutilización de las tierras se produce cuando las tierras con vocación agrícola se encuentra en actividades pecuarias de baja a moderada intensidad; muchas veces son tierras con vocación agroforestal, utilizadas actualmente en actividades ganaderas extensivas. Las regiones con mayores grados de subutilización de tierras en el país son: Andina (27%), Caribe (24%) y Orinoquia (22%).

En síntesis, se encuentra que la tierra del país tiene principalmente una vocación agrícola y forestal, pero que presenta conflictos de uso debido a la conversión de estas tierras en tierras ganaderas de uso extensivo, lo que genera ineficiencias por la subutilización de suelos agrícolas o pecuarios empleados en forma extensiva. La subutilización de las tierras que presenta Colombia es consecuencia de diversos factores que merecen ser estudiados para evitar que este problema se siga acentuando. Una de las causas de la subutilización de tierras es la alta concentración de la tierra en pocas manos con predios de gran extensión que en muchos casos son utilizados como medio de inversión y no se considera su desarrollo productivo como una alternativa de negocio. A esto se suma el abandono de tierras por desplazamiento forzado de población rural. De igual manera, la falta de incentivos económicos y de acceso a créditos y garantías para cubrir los riesgos de la producción agrícola. Por otra parte, hay una baja difusión y adopción de tecnologías agropecuarias que disminuyen la productividad del sector.

Así mismo, se encuentran conflictos por la sobreutilización de suelos cuando se desarrollan cultivos o actividades pecuarias en suelos con vocación forestal o de conservación. Todo esto se traduce en un impacto negativo sobre la competitividad, incide en la pérdida de biodiversidad, degradación de suelos y de ecosistemas estratégicos, así como en una menor generación de empleo rural por hectárea intervenida. En particular, la subutilización de tierras incide directamente en el abastecimiento de alimentos, la inconformidad social e incide en que se presente sobreutilización de tierras y se amplíe, a costa de ellas, la frontera agropecuaria. Utilizar la tierra de manera acorde a su vocación intensificando el uso agropecuario

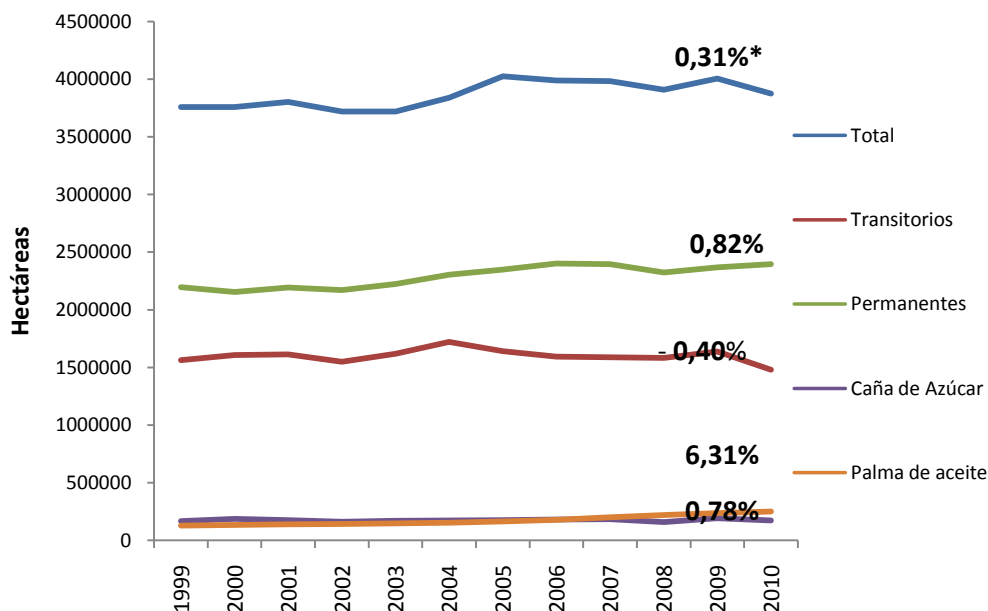
e incrementando la productividad al utilizar adecuadamente las tierras ya intervenidas es fundamental para que se genere un desarrollo económico, social y ambiental en el campo colombiano. (IGAC; CORPOICA, 2002)

En este sentido, teniendo en cuenta el área con que cuenta el país con vocación agrícola y silvoagrícola, los desarrollos de cultivos para la producción de biocombustibles no pone en peligro la seguridad alimentaria si éstos se dan en áreas en que la tierra tenga vocación agrícola o silvoagrícola y no estén siendo utilizadas actualmente para la producción de alimentos; o que en caso de estar siendo utilizadas para la producción de alimentos y ésta sea desplazada, al momento de reubicarse lo haga en en zonas con vocación de uso de la tierra adecuado para que no se generen nuevos conflictos. Si se da de manera adecuada, el desarrollo de estos cultivos puede ser una herramienta para transformar tierras improductivas en tierras productivas, que generen empleo y mejoren la competitividad del sector agropecuario.

Caña de azúcar

El crecimiento de los cultivos de caña de azúcar fue en promedio de 0,78% anual, 0,47 puntos porcentuales mayor a la expansión total, pasando de 167.099 ha a 172.421 ha. Como la mayoría de cultivos, presentó un decrecimiento importante en el año 2010 como consecuencia de la ola invernal (-10,54%). Teniendo éstas tasas de crecimiento en el área cosechada de cultivos agrícolas y la disponibilidad de tierras con que cuenta el país para desarrollos agrícolas, se considera que el desarrollo de nuevos cultivos de caña de azúcar para el desarrollo de proyectos de biocombustibles no ha sido un factor que afecte o ponga en riesgo la seguridad alimentaria del país.

Gráfico 37: Evolución del área de cultivos agrícolas cosechada



*Crecimiento promedio anual

Fuente: Datos. MADR – Anuario estadístico. Elaboración propia.

Adicionalmente, se observa que el precio del azúcar a nivel nacional no ha aumentado por la producción de etanol, en parte porque la caña de azúcar destinada a etanol sustituyó exportaciones, por lo que no ha disminuido el abasto nacional. Por otra parte, Colombia es tomadora de precios a nivel internacional. El precio de otros alimentos tampoco se ha visto afectado por la producción de etanol y la oferta de alimentos no se ha visto limitada (Consortio CUE, 2012).

Palma de aceite

Si analizamos los cambios de uso de suelo generados por los nuevos desarrollos de palma de aceite observamos que la mayoría de tierra dedicada a los nuevos cultivos de palma estaba cubierta de pasturas para ganadería extensiva en el año 2002 (Casatiblanco, Etter, & Aide, 2012). De las 106.600 hectáreas de nuevas plantaciones desarrolladas en el país entre 2002 y 2008, el 51% remplazaron tierras de pastoreo, el 14% remplazó cultivos agrícolas y el 13.5% remplazó vegetación natural (bosque y sabana).

Al comparar la transformación en las tres zonas que mayores desarrollos palmeros presentaron (Zona oriental, centro y norte) se encuentra que la zona oriental ha sido la más transformada. En esta región 47.050 hectáreas fueron convertidas a plantaciones de palma de aceite, de las cuales el 57.6% estaba cubierto por pastos para ganadería, el 11.7% por plantaciones de arroz y el 11% por sabanas naturales.

En la zona central, se desarrollaron alrededor de 47.030 hectáreas de las cuales la mitad estaba cubiertas por pastos destinados a ganadería en el 2002, el 20% estaba cubierto por áreas agrícolas heterogéneas y el 11% por bosques naturales. Los municipios que presentaron el mayor desarrollo de plantaciones de palma fueron San Alberto, Puerto Wilches y Sabana de Torres. En la zona norte, 12,510 hectáreas fueron transformadas a plantaciones de palma de aceite; el 26% estaba cubierto por pastos para ganadería y el 24% cultivos agrícolas heterogéneos (Casatiblanco, Etter, & Aide, 2012).

Es así que en el caso de los cultivos de palma de aceite, el mayor desplazamiento de actividades se ha dado en áreas de pastoreo extensivo, aunque no es despreciable el remplazo de cultivos agrícolas.

Tabla 8: Cambio de uso de suelo de 2002 a 2008

	Zona Norte			Zona Centro			Zona Este			Nacional	
Cobertura	Área en 2002 (Miles de ha)	Área en transición	%	Área en 2002 (Miles de ha)	Área en transición	%	Área en 2002 (Miles de ha)	Área en transición	%	Área en transición	%
Áreas agrícolas heterogéneas	1.932,40	2,9	0,2	2.330,90	9,4	0,2	1.001,50	2,6	0,1	15	14,10 %
Cultivos de arroz	36,2	0	0	0,1	-	-	96,6	5,5	0,1	5,5	5,18%
Bosque Natural	2.574,40	0,4	0	2.570,60	5,1	0,1	10.980,40	2,7	0,1	8,2	7,67%
Savana Natural	314,2	-	-	413	1	0	4.801,80	5,2	0,1	6,2	5,83%
Cultivos transitorios	48,6	0,5	0	31	0,1	0	1,5	-	-	0,7	0,62%
Cultivos permanentes	77,2	0,1	0	24,1	-	-	-	-	-	0,1	0,10%
Palma de aceite	49,6	4,8	0,4	36,4	2,9	0,1	64,1	2	0	9,7	9,13%
Pasturas	4.306,00	3,2	0,3	1.779,70	23,8	0,5	2.647,80	27,1	0,6	54,1	50,78 %
Otro		0,4			4,7			1,9		7	6,59%
Total		12,4			47			47,1		106,5	100,00 %

Fuente: (Casatiblanco, Etter, & Aide, 2012)

Es importante que exista control sobre las zonas donde se desarrollarán nuevos cultivos de palma, de modo que no se ponga en riesgo la seguridad alimentaria del país y que no se generen efectos ambientales negativos por cambio de uso de suelo directo e indirecto.

En cuanto al precio del aceite de palma se observa que varía de manera importante en el tiempo y que en general presenta una tendencia creciente. En los últimos diez años, a pesar de haber presentado alzas y bajas, los precios han crecido en más del 100%. Esto puede estar relacionado, con la nueva demanda nacional de aceite de palma para la producción de biodiesel y tiene una repercusión en otras industrias que usan el aceite de palma como insumo para su producción. Sin embargo, es importante tener en cuenta la existencia del fondo de estabilización de precios (FEP) que surgió en el año 2006 como un elemento para promover las exportaciones y que actualmente es muy cuestionado, pues frente a la creciente demanda de aceite de palma por parte de la industria del biodiesel, el excedente disponible para exportar es mínimo y el mercado se encuentra desabastecido.

5.6.2. Retos en nuevas zonas de producción

El desarrollo de nuevos cultivos de caña para la producción de etanol puede y de palma de aceite para la producción de biodiesel puede tener impactos positivos para el desarrollo rural, en particular si estos nuevos desarrollos se dan en zonas marginadas que no cuentan con este tipo de actividades económicas. Sin embargo, a pesar de contar con políticas nacionales que promueven estos desarrollos, estos no son de fácil implementación ya que los inversionistas se enfrentan a grandes retos.

La seguridad es uno de los principales factores que perjudica al inversionista, que en algunos casos se ha visto incluso obligado a abandonar sus cultivos. Si bien esta situación ha mejorado en los últimos años, en general, todavía se considera un factor de riesgo. De igual modo, la falta de claridad sobre la propiedad de la tierra es uno de los principales obstáculos que enfrentan los inversionistas para el desarrollo de nuevos centros de producción y para establecer contratos con empresas ya existentes. Este problema es mayor en zonas marginadas con historia de violencia y desplazamientos – las zonas con más necesidad de alternativas productivas.

Otro elemento que consideran los inversionistas es la infraestructura, pues sus costos dependen de manera importante de esta. Infraestructura vial precaria impide que se den desarrollos en áreas marginadas, pues el acceso a estas zonas es muy difícil y costoso, lo que aumenta los costos de producción y disminuye la rentabilidad. Por otra parte, la falta de infraestructura en términos de vivienda y de servicios públicos para los trabajadores de las plantaciones también constituye un obstáculo, pues en algunos casos las empresas deben ocuparse directamente de solucionar este tipo de problemas, de lo contrario no podrán conseguir trabajadores que permanezcan en la zona de sus cultivos.

La rapidez con que se están dando estos desarrollos hace que sea urgente contar con un plan de desarrollo de estas concentraciones poblacionales para garantizar la calidad de vida de la población. Es necesario proveer vivienda, servicios públicos, salud, educación a los trabajadores y a sus familias. En la medida en que esto suceda se puede hablar realmente de un desarrollo rural y no solo de un incremento en el ingreso laboral de los trabajadores.

La falta de mano de obra calificada y con conocimientos agropecuarios para las labores de producción de biocombustible es otro obstáculo que deben enfrentar los inversionistas. De hecho, en algunos casos, ellos mismos han realizado alianzas público – privadas con el SENA para capacitar a sus empleados y en otros casos se han visto obligados a contratar empleados de otras regiones, con los problemas sociales que esto puede ocasionar. En la zona oriental, también hay escasez de mano de obra no calificada, motivo por el cual se han llevado trabajadores de otras regiones, en particular de la costa, para que realicen labores agrícolas.

Dados estos limitantes, las únicas empresas que están en condiciones de sobrepasarlos son las grandes empresas que cuentan con una cantidad importante de recursos para atacar todos estos frentes. Los pequeños productores pueden asociarse a estas empresas, o una vez que éstas estén establecidas pueden desarrollar cultivos para venderles su materia prima.

Para que se dé realmente una mejora de las condiciones rurales es fundamental que la política no sólo promueva el uso de los biocombustibles, sino que preste atención y elimine estos obstáculos y los cultivos de palma y caña son una oportunidad para hacerlo, mediante alianzas público – privadas.

5.7. Consolidación del sector de biocombustibles como un sector de talla mundial

Un último objetivo de la política es lograr que el sector de biocombustibles se consolide como de talla mundial y que Colombia se convierta en un país exportador de biodiesel y/o etanol.

Un sector de clase mundial es aquel que cumple con los estándares mundiales y por tal razón está en condiciones de exportar a otros países. El Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 considera a los biocombustibles uno de los productos estratégicos de la Apuesta Exportadora Agropecuaria. Por su parte, el PND 2010-2014 establece que se debe avanzar en los estudios y las certificaciones necesarias para posicionar los biocombustibles del país en los mercados internacionales.

Se espera que los sectores de talla mundial impulsen el crecimiento económico del país a través de la creación de empleos y exportaciones.

Como instrumento para el desarrollo de estos sectores se ha creado el Programa de Transformación Productiva (PTP). Dentro de los sectores que forman parte del PTP se encuentra el sector de palma, aceite y grasas vegetales, que incluye al biodiesel. El etanol no forma parte del PTP hasta el momento.

En esta sección analizamos los tres componentes de un sector de talla mundial: posibilidad de exportación y posicionamiento en el mercado internacional, creación de empleo e impulso de del crecimiento económico del país.

5.7.1. Exportaciones y oportunidades en el mercado internacional

Como ya se mencionó, el comercio mundial de biocombustibles es muy pequeño. Pocos países exportan su producción y Colombia no es la excepción. Hasta el momento no se ha exportado alcohol carburante ni biodiesel en el país.

Colombia cuenta con ventajas competitivas por el alto rendimiento de los cultivos de azúcar y palma en el país (IADB-MME, 2010). La producción de caña de azúcar en Colombia entre 2004 y 2008 tuvo un rendimiento promedio de 97,3 ton/ha, 12% más alto que Australia y 28% más alto que Brasil. Esto se debe en parte al clima y suelos fértiles del suelo del Valle del Cauca, pero también a las inversiones en investigación aplicada para desarrollar mejores variedades y prácticas agrícolas. En 2009 el rendimiento fue de 120 ton/ha (IDB-MME, 2011). La palma de aceite también tiene altos rendimientos. Entre 2004 y 2008 el rendimiento promedio fue de 19,4/ton/ha, 5% más alto que Indonesia.

Sin embargo, a pesar de los mayores rendimientos, los costos de producción en Colombia son mayores que en Brasil y que en Argentina y Malasia. Estos se debe en gran parte a los costos de mano de obra y a los costos de transporte.

En el estudio realizado en 2010 por el Banco Interamericano de Desarrollo y el Ministerio de Minas y Energía, identifican los principales obstáculos y riesgos que enfrenta Colombia para posicionarse como exportador de biocombustibles. Primero que nada, existe una capacidad de producción limitada. La producción actual solo satisface el consumo interno, y si aumenta el requerimiento de mezclas la producción no será suficiente para satisfacer ese consumo⁵². En este momento no hay planes para nuevas plantas o expansiones de las existentes.

Como ya se mencionó, los costos de transporte entre centros de producción, principalmente la Orinoquía, y puertos son muy altos. Esto se debe en parte a las grandes distancias entre zonas de producción y los puertos del país. Se necesitaría que la producción para exportación se lleve a cabo en el Valle del Cauca y cerca de los

⁵²Ver sección 7

puertos del Caribe. Sin embargo, esto puede ser contrario al objetivo de desarrollo rural si lo que se busca es producir en zonas alejadas, aunque el transporte a larga distancia desde estas zonas tiene efectos negativos sobre las emisiones de GEI de la cadena de producción. Igualmente, la infraestructura de transporte es deficiente, especialmente en las zonas de nuevos cultivos.

Un reto que enfrenta Colombia para acceder a mercados internacionales son los estándares de calidad de los biocombustibles que solicitan los países. Existen varios estándares, pero los más usados son ASTM, EN JIS y CA/CGSB. ASTM se usa en los EUA, EN en la UE, JIS en Japan y CA/CGSB en Canadá. El estándar colombiano es establecido por el ICONTEC como parte de las Normas Técnicas Colombianas.

El etanol no tiene problema para cumplir estas normas. El biodiesel por su cuenta, necesita resolver problemas de *haze* y de desempeño a bajas temperaturas.

Finalmente, el precio del etanol y del biodiesel está determinado por el MME a través de resoluciones. Para exportar los productores necesitan enfrentarse a precios internacionales, que en general han sido menores que el precio interno.

En la medida en que Colombia pueda superar estas limitaciones, existen mercados interesantes donde podría entrar. El mercado de Estados Unidos está creciendo de manera importante por el Energy Independence and Security Act (EISA) y por el aumento en el requerimiento de mezclas. En la Unión Europea la Renewable Energy Directive (RED) 2009/28/EC impulsa también el mercado al aumentar el porcentaje de energía renovable que debe utilizarse en el transporte. De igual manera Japón puede representar una oportunidad de mercado importante al requerir que aumente la cantidad de biocombustibles por parte de las compañías de gas y petróleo.

Es importante que el país se posicione como productor de biocombustibles ambiental y socialmente sostenibles puede encontrar nichos de mercado especializados. Esto requiere procesos de certificación además de los requerimientos para hacer más fácil la exportación (infraestructura, procesos legales, etc.).

5.7.2. Creación de empleo

Como se detalla en la sección 5.3, la producción de etanol y de biodiesel sí ha tenido un impacto positivo sobre el empleo, particularmente sobre empleo rural.

Al analizar los diferenciales en costos de producción de biocombustibles en Colombia y otros países se observa que el principal factor es el costo de mano de obra. Ante esto, es relevante preguntarse cuál es el primer objetivo de la política: la exportación del producto o el desarrollo rural, ya que estos dos objetivos no necesariamente van alineados.

5.7.3. Impulso del crecimiento económico

Para evaluar hasta qué punto los biocombustibles pueden impulsar el crecimiento económico, tomamos como base el trabajo de Hausmann et al (2011) en el que analizan las posibilidades de crecimiento de los países a través del principio de complejidad económica.

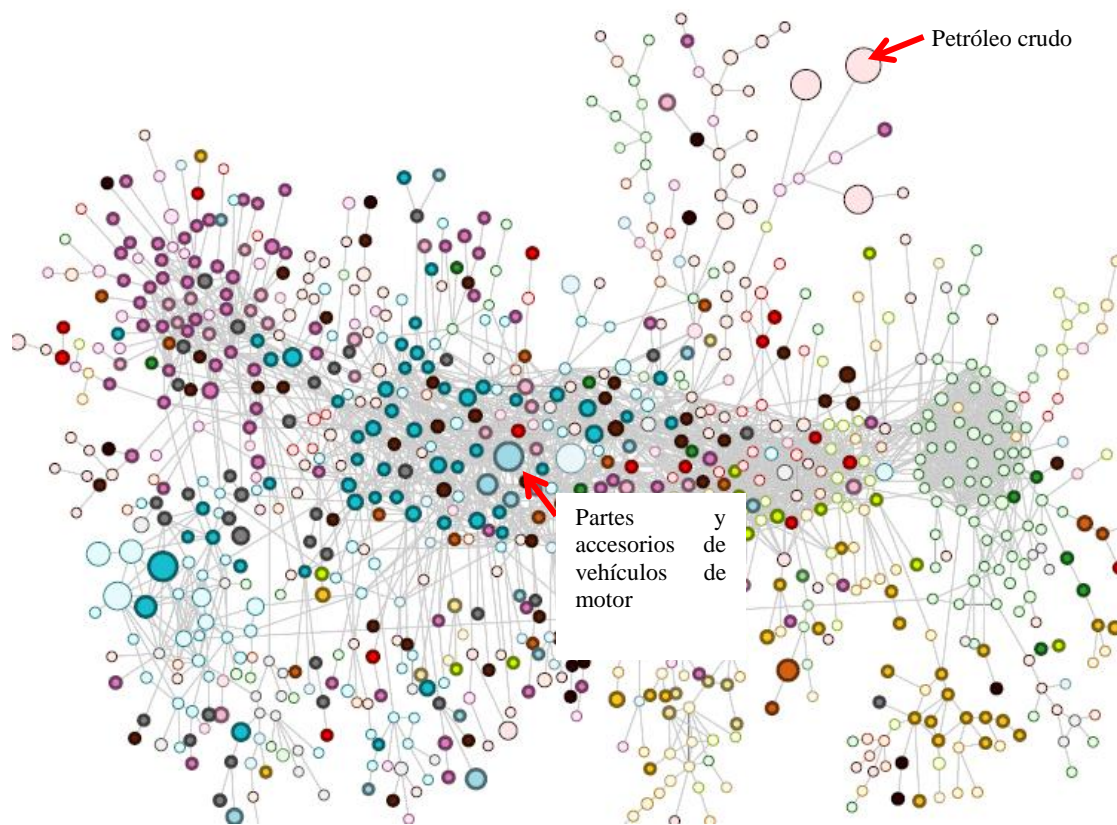
La complejidad económica se refiere a la cantidad de conocimiento que existe en una economía. Este conocimiento se traduce en la capacidad de producir bienes. A mayor complejidad, ese país puede producir un mayor número de bienes. No solamente eso, si no que los bienes que produce serán producidos por un menor número de países. Este proceso de complejización es lo que está detrás del crecimiento económico de un país.

La idea central es que cada bien requiere de cierto conocimiento o capacidades para poder producirlo. Una vez que el país cuenta con las capacidades para producir un bien particular, puede producir otros bienes que requieran esas mismas capacidades o puede adquirir las capacidades faltantes para producir otro tipo de productos.

Hay productos de muy alta complejidad como es maquinaria especializada para la industria. El grado de conocimiento o capacidades necesario para que un país produzca este bien es muy alto, lo que significa que puede producir ese bien y muchos otros menos complejos. Igualmente hay productos de muy baja complejidad, como es el petróleo crudo.

Visualmente los autores representan esto a través del “espacio-producto”, un mapa donde se encuentran todos los productos de un país y que muestra la complejidad a través de las relaciones de capacidades entre productos. Por ejemplo, como se muestra en la figura 4, producir partes y accesorios de automóviles está conectado con muchos otros productos que requieren capacidades parecidas; como son partes y accesorios para maquinaria, turbinas, productos de goma, radiadores, etc. De igual manera, hay productos que se relacionan con muy pocos productos en el espacio. Por ejemplo, producir petróleo crudo solo tiene una conexión a producir ciertos químicos.

Figura 4: Espacio-producto de los EUA 2009



Fuente: Hausmann et al (2011)

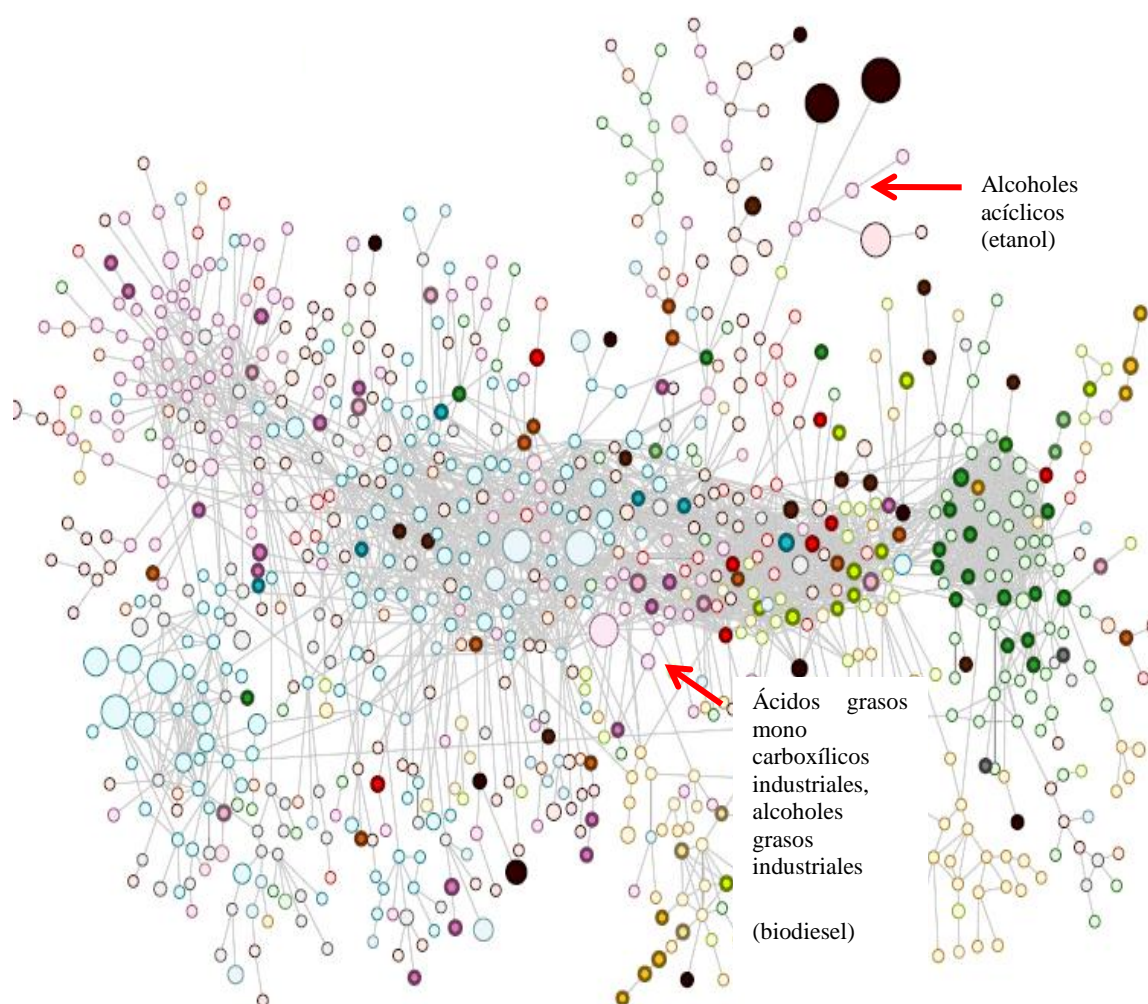
El tamaño de los puntos muestra el valor en el mercado mundial del producto (exportaciones totales) mientras que la intensidad de color muestra que son productos que exporta el país. En el caso de Estados Unidos se ve una gran concentración de puntos en maquinaria (puntos azules) y productos químicos (puntos rosas). Por el contrario el país no exporta textiles (puntos verdes).

El país con mayor complejidad económica es Japón, seguido por Alemania, Suiza y Suecia. Los países con menor complejidad económica son Mauritania, Angola y Sudán. Colombia se encuentra en la posición 54 de 128 países, entre Brasil, Grecia, Sudáfrica y Uruguay.

De esta manera, para lograr la transformación productiva de un país, y por ende crecimiento económico, los países deben avanzar en complejidad económica. Esto implica por una parte, avanzar desde las capacidades que ya tienen, es decir, avanzar hacia productos que estén cerca de los que ya producen, y por otra parte buscar productos que estén bien conectados en el espacio-producto, de modo que ese primer impulso genere capacidades que permitan producir y exportar nuevos productos. A

continuación se muestra el espacio-producto para Colombia y dónde se encuentra el etanol y el biodiesel.

Figura 5: Espacio-producto para Colombia 2009



Fuente: Hausmann et al (2011)

La figura 5 muestra por un lado, que las exportaciones mundiales de etanol y biodiesel son pequeñas, por el tamaño del punto. Por otro lado, muestra que en Colombia no se exportan esos productos por el color claro del punto. También muestra que el biodiesel está más conectado en el espacio-producto que el etanol.

Esto se puede ver también con el índice de complejidad de productos (pci). Este índice mide qué tantos países fabrican el producto y qué tan diversificados son esos países. Un pci alto indica que pocos países fabrican el producto y que esos países son diversificados. Otra manera de pensar en el pci es que un pci bajo indica que ese

producto es más accesible en términos de capacidades, por lo que más países lo producirán. De esta manera es deseable producir bienes con un pci más alto.

El pci del etanol en 2011 fue de -1,24, lo que indica que es un producto que se fabrica en muchos países y que no requiere capacidades muy escasas. El pci de este producto ha ido disminuyendo en el tiempo, lo que indica que cada vez más países lo pueden producir. Para el biodiesel el pci en 2009 fue de 2,13, lo que lo posiciona como un producto más especializado.

Esto muestra que si bien los biocombustibles son nuevos productos que utilizan las capacidades existentes en el país, no necesariamente su producción implica moverse hacia mayor complejidad económica. En la medida en que se invierta en innovación y tecnología para pasar de la tecnología de producción existente hacia nuevos productos los biocombustibles pueden aportar a la transformación productiva del país.

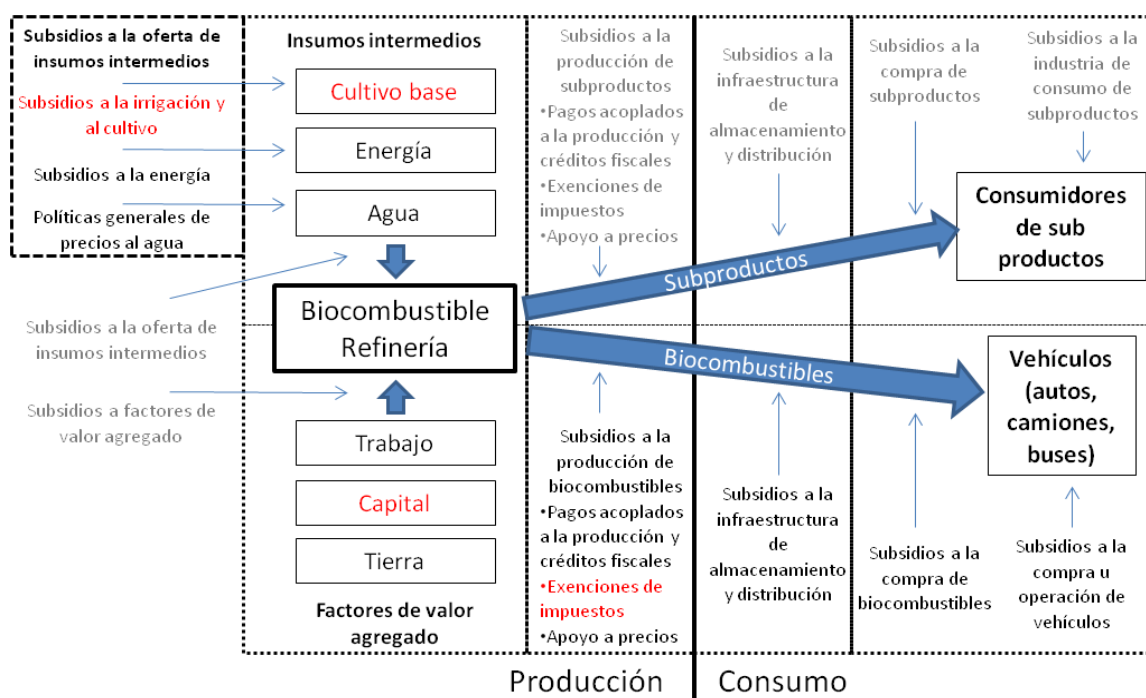
Por esta razón no solo es importante que los biocombustibles sean productivos a nivel mundial, sino impulsar y aprovechar las nuevas oportunidades de productos y capacidades que ofrecen.

6. Costos de la política de biocombustibles

Para implementar e impulsar el programa nacional de biocombustibles el gobierno nacional otorga distintos apoyos a lo largo de la cadena productiva del sector, empezando por apoyos y subsidios al sector agrícola, hasta la exención de impuestos al consumo final para no encarecer tanto el combustible a los consumidores. El apoyo a la industria de biocombustibles no es particular a Colombia, en el mundo entero la producción de biocombustibles cuenta con diversos apoyos estatales como se mencionó en la sección 3.

La producción de biocombustibles a nivel global recibe numerosos apoyos de los gobiernos nacionales, sea en forma de subsidios agrícolas o de incentivos a la producción y al consumo de los productos finales. La figura siguiente muestra los distintos tipos de apoyos que pueden darse a la cadena de producción de biocombustibles:

Figura 6: Subsidios a la cadena de producción de biocombustibles



Fuente: Global Subsidies Initiative

En los países de la OCDE la industria de biocombustibles recibe aproximadamente 10.000 millones USD anuales en exenciones y créditos de impuestos (Jung, Dörrenberg, Rauch, y Thöne, 2010). Actualmente, el etanol y el biodiesel representan menos del 3% de la demanda total de combustible líquido para transporte. Aumentar

ese porcentaje a 30% implicaría, bajo el sistema actual de incentivos, subsidios anuales del orden de 100.00 millones USD (cercano a los apoyos totales que recibe el sector agropecuario en esos países). Ante estas magnitudes de recursos fiscales vale la pena preguntarse si ese nivel de apoyos es adecuado para los resultados obtenidos.

En este capítulo se hace una aproximación a la cantidad de recursos que ha invertido el país en la implementación de la PNBC y de los recursos que se necesitarán para aumentar los niveles de mezcla. Para esto, el ejercicio se enfoca en los costos fiscales directos que están plasmados en las exenciones contempladas en la Ley 788 de 2002 para el alcohol carburante y en la Ley 939 de 2004 para el biodiesel. Algunos de los apoyos ofrecidos por el Estado, como la exención y disminución del Impuesto a las Ventas (IVA), las exenciones al impuesto a la renta, algunos incentivos para la producción agrícola, así como el establecimiento de zonas francas tienen un impacto en el sector de los biocombustibles, pero estas exenciones no han sido diseñadas exclusivamente para promoción de este sector, por lo tanto no se hace una estimación cuantitativa del costo que representan para el Estado. Se estima cuánto deja de percibir el Estado por exenciones al IVA y al impuesto global de los combustibles que son mezclados con biocombustibles, y a la sobretasa para el caso específico de la gasolina. Adicionalmente, se calculan los costos percibidos por el consumidor final que en algunos casos paga un mayor precio por combustible porque por lo general el costo de los biocombustibles es mayor al costo de los combustibles fósiles, por lo que el requerimiento de mezcla aumenta el precio final. Por último, se mencionan otros costos que pueden surgir de la implementación de la PNBC.

6.1. Costos fiscales

Actualmente en Colombia existen distintas exenciones fiscales para las etapas de cultivo, producción y consumo de biocombustibles que se presentan en la Tabla 20.

Tabla 9: Exenciones fiscales relevantes a la producción de biocombustibles

Etanol			Biodiesel	
Concepto		Ley que declaró exención	Concepto	Ley que declaró exención
Cultivo	Exención del impuesto a las ventas a la caña de azúcar	788 de 2002	Exenciones del impuesto a la renta (ISR) a plantaciones de palma (cultivos tardíos de bajo rendimiento)	939 de 2004
			Disminución del impuesto a las ventas a 7% para el fruto de la palma africana	788 de 2002

Producción	Deducción de hasta 40% del valor de las inversiones que se hagan en activos fijos productivos adquiridos para pagos al ISR		Deducción de hasta 40% del valor de las inversiones que se hagan en activos fijos productivos adquiridos para pagos al ISR	
	Zonas Francas		Zonas Francas	Decreto 383 de 2007
Consumo	Exención de impuesto a las ventas, impuesto global y sobretasa al alcohol carburante	788 de 2002	Exención de impuesto a las ventas e impuesto global a biodiesel	939 de 2004

6.1.1. Exención al pago de IVA e impuesto global para biocombustibles

En Colombia tanto la gasolina como el ACPM están sujetos al IVA y a un impuesto global que se genera por la venta, retiro o importación de gasolina corriente, gasolina extra o ACPM. Estos combustibles también se encuentran sujetos a una sobretasa y a una tasa de marcación. El IVA es un impuesto de carácter nacional de tasa única (16%) para el ACPM y las gasolinas, sobre un precio base que determina mensualmente el MME. El impuesto global también es un impuesto de carácter nacional que tiene una tarifa fija anual (fijada en febrero de cada año según las metas de inflación del Banco de la República) en pesos por galón para el ACPM y las gasolinas. La sobretasa es un impuesto específico de carácter nacional y regional: para el caso del ACPM la sobretasa es de carácter nacional y su valor es del 6% sobre el precio de referencia de venta al público por galón que se distribuye entre la Nación (50%) y los departamentos y el Distrito Capital (50%). Para el caso de las gasolinas el valor aplicable es del 25% sobre el precio de referencia de venta al público por galón.

A diferencia de los combustibles fósiles, los biocombustibles están exentos del IVA y del impuesto global, por lo tanto la fracción biocombustible contenida en la mezcla de combustible está exenta de estos impuestos. Adicionalmente el etanol está exento del impuesto de sobretasa. A diferencia de las exenciones para los cultivos insumos de la producción de biocombustibles, los recursos que dejó de recibir el Estado debido a la exención de estos impuestos para el alcohol carburante y el biodiesel se pueden calcular de manera exacta. El costo por exenciones de impuestos es equivalente al volumen de ventas de etanol y biodiesel por las tarifas impositivas vigentes para la gasolina y diesel. Ese valor es lo que se deja de recaudar en presencia de esta política. A continuación se calculan estos costos para los distintos escenarios de requerimientos de mezcla.

Biodiesel

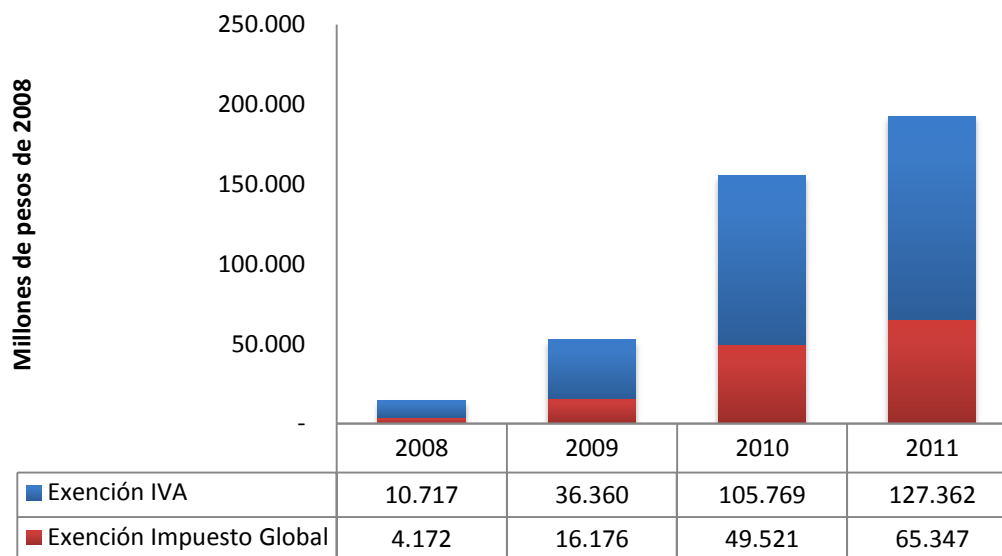
La ley 939 de 2004 (Art. 8 y 9) por medio de la cual se busca estimular la producción y comercialización de biocombustibles, establece que el biocombustible para uso en motores diesel de producción nacional que se destine a la mezcla con ACPM estará exento de IVA y del impuesto global al ACPM.

Para calcular el costo que ha representado para el Estado la exención de IVA e impuesto global para biodiesel se toman las ventas totales de ACPM desde el año 2008 hasta el año 2011 y se calcula mensualmente el valor de la exención del IVA teniendo en cuenta el nivel de mezcla establecido y las ventas de ACPM en cada región, así como la diferencia en la base sobre la cual se cobra el IVA para los casos en los que es diferente para el combustible con y sin mezcla. Finalmente, se agregan los datos a nivel nacional y anual.

Los resultados se presentan en el gráfico 37, en donde se observa que el costo fiscal ha ido aumentando año tras año. Esto se explica principalmente por dos razones: la primera es el aumento en el consumo de ACPM a nivel nacional y la segunda es el aumento en los niveles de mezcla. Adicionalmente, se puede ver que entre los años 2008 y 2011 se dejaron de recibir 415.22 millones de pesos⁵³ por concepto de estas exenciones. En el año 2011 se dejaron de percibir 127.362 millones de pesos por concepto de la exención al IVA y 65.354 millones como resultado de la exención al impuesto global. Los recursos que se dejaron de recaudar en el año 2011 corresponden aproximadamente al 0.7% del total de IVA recaudado a nivel nacional en el mismo año (el total recaudado por declaraciones para el 2011 fue 19.107.011,5 millones de pesos corrientes. (DIAN)).

Gráfico 38: Valor exenciones tributarias al biodiesel

⁵³ Pesos constantes de diciembre 2008



Fuente: Elaboración propia

Etanol

La ley 788 de 2002 (Reforma Tributaria. Arts 31 y 88) declara exento de IVA al alcohol carburante con destino a la mezcla con gasolina para vehículos automotores y se exonera del impuesto global y de la sobretasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con gasolina. Adicionalmente, desde junio de 2009⁵⁴ la base sobre la cual se aplica el IVA es diferente para la gasolina con mezcla que para la gasolina sin mezcla, siendo menor para la gasolina sin mezcla. Esto implica que el recaudo no sólo se reduce por la exención al porcentaje de combustible que es biocombustible, sino que además la base sobre la cual se calcula el IVA es inferior para el combustible mezclado. El cálculo del valor de las exenciones de impuestos asociados a la venta de etanol se hace teniendo en cuenta el IVA, el impuesto global y la sobretasa que se cobra a la gasolina corriente desde el año 2005 hasta el 2011.

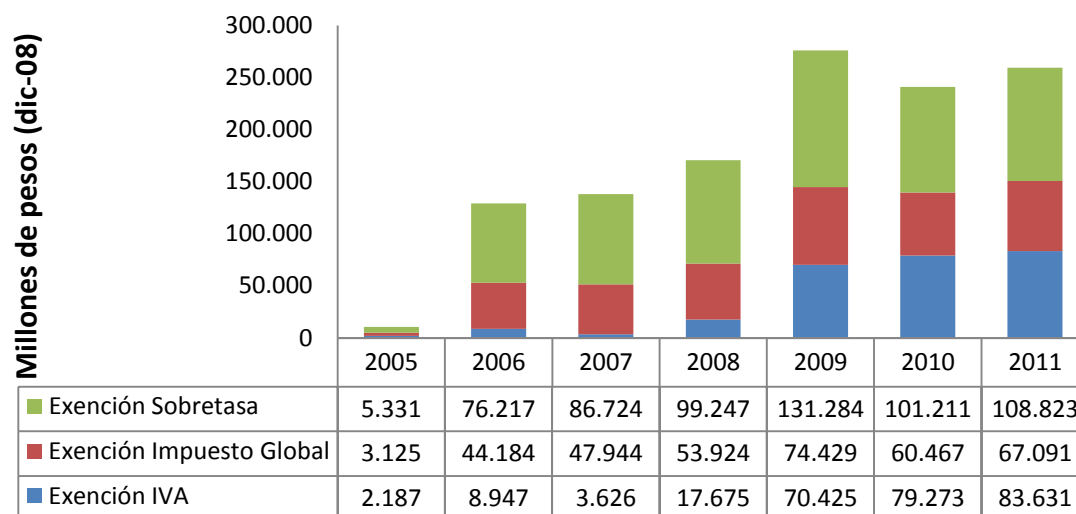
Se encuentra que en total el Estado dejó de recibir 1.305.217 millones de pesos⁵⁵ entre el año 2005 y 2011. Por concepto de IVA, las exenciones alcanzaron 345.218 millones de pesos de diciembre del 2008 y corresponden al 0.35% del total del recaudo por concepto de IVA a nivel nacional. Como consecuencia de las exenciones a la sobretasa y al impuesto global se dejaron de recaudar 608.837 millones y 351.163 respectivamente (gráfico 38).

Sin embargo, frente al aumento de ventas de gasolina y al aumento en los niveles de mezcla, la tendencia del valor de las exenciones tributarias al alcohol carburante es creciente, si se mantiene el monto del impuesto constante.

⁵⁴ Resolución 180824 de mayo del 2009 del MME

⁵⁵ Pesos de diciembre de 2008

Gráfico 39: Valor exenciones tributarias al alcohol carburante



Fuente: Elaboración propia.

Es así que en el año 2011 se dejaron de recaudar 452.254 millones de pesos por concepto de exenciones de impuestos a los combustibles con mezcla. De estos, 42% corresponde a gasolina y 58% a diesel, que es proporcional al consumo de cada uno.

6.1.2. Otros costos de política (Incentivos producción agrícola, exención impuesto a la renta y zonas francas)

Existen otros instrumentos para fomentar la producción de biocombustibles que también significan un costo fiscal. Sin embargo, al no ser exclusivos para biocombustibles y dado que no se cuenta con datos para poder calcularlos, solamente se describen a continuación.

Incentivos económicos producción agrícola

Actualmente, existe un número importante de incentivos a la producción agrícola que aplican a los cultivos de materia prima para los biocombustibles, sin embargo éstos no son exclusivos a este sector. Dentro de estos apoyos, se encuentra el incentivo a la capitalización rural (ICR) que es un beneficio económico que se otorga a una persona natural o jurídica que en forma individual o colectiva, ejecute un proyecto de inversión nueva con la finalidad de mejorar la competitividad y sostenibilidad de la producción agropecuaria y de reducir sus riesgos de manera duradera. Adicionalmente, se cuenta con una serie créditos que se ofrecen con una tasa de interés del DTF con un plazo de hasta 15 y un período de gracia equivalente al período del cultivo (aplica para el establecimiento y renovación en palma y para plantas de biocombustibles extractoras).

Exención impuesto renta

La Ley 939 de 2004 (Art. 1 y 2) establece la exención de renta líquida generada por el aprovechamiento de nuevos cultivos de palma, por 10 años. Sin embargo, esta exención también aplica para otros cultivos de tardío rendimiento como el cacao, el caucho, cítricos y demás frutales de tardío rendimiento.

Por su parte, la Ley 1111 de 2006 en el artículo 68, establece la deducción del impuesto a la renta del 40% del valor de las inversiones realizada sólo en activos fijos reales productivos adquiridos.

6.1.3. Zonas Francas

Las Zonas Francas son áreas dentro del Territorio Aduanero Nacional, en donde se desarrollan actividades industriales de bienes y de servicios, o actividades comerciales, bajo una normatividad especial en materia tributaria, aduanera y de comercio exterior. La agroindustria de los biocombustibles es beneficiaria de este incentivo (Decreto 383 de 2007). Los proyectos que cumplan con los requisitos del decreto 383 de 2007, se beneficiarán de una reducción en el impuesto a la renta que pasa del 37.5% al 15% para proyectos cuya inversión sea superior a 75.000 smmlv (\$32.500 millones) o generen 500 empleos, sin necesidad de estar ubicados en una Zona Franca. Adicional a esta tarifa, se cuenta con los demás beneficios asociados al régimen Franco. Si bien es importante tener en cuenta los costos asociados a las zonas

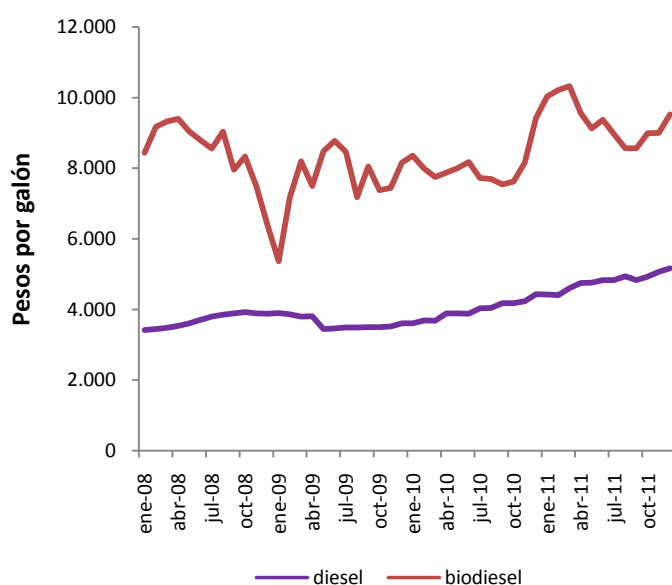
francas, es difícil determinar su magnitud ya que implica conocer la renta generada por cada una de las empresas.

6.2. Costos percibidos por el consumidor

El precio de los combustibles es una variable clave en la estructura productora nacional, pues los combustibles constituyen uno de los principales costos de producción. Por esta razón un aumento o una disminución en el precio de los combustibles tiene un efecto directo sobre los costos de producción de la economía lo cual afecta la oferta y los precios de la economía en su conjunto.

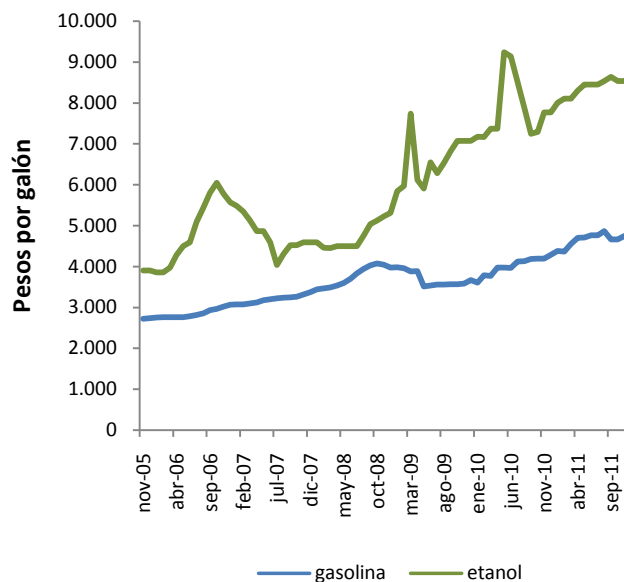
La diferencia entre el precio del combustible con mezcla y sin mezcla radica en que el precio del biocombustible (alcohol carburante o biodiesel) es más alto que el precio de combustible fósil. Así mismo, el precio de transporte del biocombustible también afecta el precio percibido por el consumidor. Adicionalmente, el precio que paga el consumidor se ve afectado por las exenciones tributarias que se realizan al biocombustible. Los gráficos 39 y 40 muestran el ingreso al productor de biodiesel y el ingreso al productor de diesel en Bogotá y el ingreso al productor de etanol y de gasolina.

Gráfico 40: Evolución ingreso al productor biodiesel y ACPM en Bogotá



Fuente: Datos ACT y Fedepalma. Elaboración propia

Gráfico 41: Evolución ingreso al productor etanol y gasolina en Bogotá



Fuente: Datos ACP y Asocaña. Elaboración propia.

A continuación se presenta la estructura de precios del combustible con mezcla y sin mezcla para Bogotá para el mes de agosto de 2011. En este período los consumidores de gasolina percibieron una ganancia de 10.83 pesos por galón gracias al menor precio de la mezcla de gasolina corriente con etanol, que el de la gasolina fósil. Esta diferencia en precios se debe a que las exenciones tributarias son mayores que el aumento en precio por un aumento en el ingreso al productor del combustible mezclado y un aumento el costo de transporte del combustible. Por el contrario, en el caso del ACPM, el consumidor percibe un costo de 39.69 pesos por galón por el aumento en el precio del B7, ya que las exenciones tributarias son inferiores al aumento en el ingreso al productor del combustible mezclado y al transporte de este combustible.

Tabla 10: Diferencia en precio al consumidor. Ejemplo Bogotá. Agosto 2011 (Pesos corrientes)

Bogotá Agosto 2011		Gasolina corriente		ACPM	
Porcentaje de mezcla		E0	E8	B0	B7
(+)	Proporción - Ingreso al Productor Combustible Fósil	4.867,13	4.409,03	4.941,71	4.478,40
(+)	Proporción - Ingreso al Productor de Biocombustible	0,00	682,84	0,00	599,62
(+)	Ingreso al Productor de combustible mezclado	4.867,13	5.091,87	4.941,71	5.078,02
(-)	IVA	562,44	482,92	550,85	470,65
(-)	Impuesto Global	785,52	722,67	520,62	484,17
(+)	Tarifa de Marcación	5,56	6,15	5,09	5,23
(-)	Proporción - Tarifa de Transporte por poliductos	328,20	301,94	328,20	328,20
(+)	Proporción - Tarifa de transporte del Biocombustible	0,00	35,25	0,00	19,89
(=)	Margen plan de continuidad	86,42	86,42	86,42	86,42
(+)	Precio Máximo de venta al distribuidor mayorista	6.635,27	6.727,22	6.432,89	6.472,58
(=)	Margen al distribuidor Mayorista	234,03	234,03	246,34	246,34
(+)	Precio Máximo en planta de abastecimiento mayorista	6.869,30	6.961,25	6.679,23	6.718,92
(=)	Margen al distribuidor Minorista	428,65	428,65	428,65	428,65
(-)	Pérdida por evaporación	33,73	32,52	no aplica	no aplica
(=)	Transporte planta de abasto mayorista a EDS	45,00	45,00	45,00	45,00
(+)	Precio Máximo de venta al público sin sobretasa	7.376,68	7.467,42	7.152,88	7.192,57
(-)	Sobretasa	1.269,69	1.168,12	301,48	301,48
()	Precio Máximo incluida sobretasa	8.646,37	8.635,54	7.454,36	7.494,05

Para estimar el costo directo que percibe el consumidor por el consumo de combustible mezclado con biocombustible, se calcula la diferencia de precios que paga por un combustible mezclado con respecto a un combustible sin mezcla.

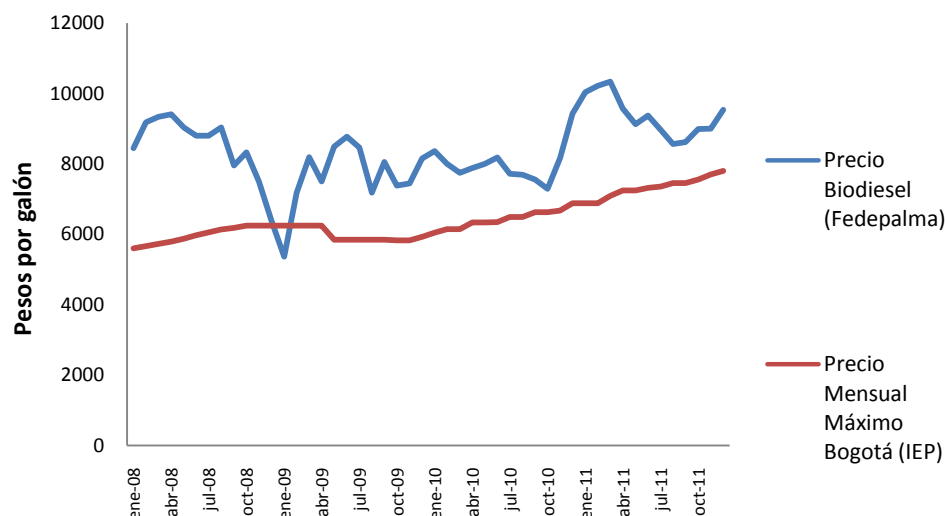
$$\sum_i (P_{C_i} - P_{CM_i}) * V_i$$

En donde P_{C_i} corresponde al precio por galón del combustible sin mezcla en la región i y P_{CM_i} corresponde al precio por galón del combustible mezclado en la región i . V_i es el volumen consumido en la región i .

6.2.1. Diferencia precio ACPM y precio biodiesel

El ACPM sin mezcla o B0 tiene un precio menor que al ACPM con mezcla. Esto se debe a los costos de producción y a los costos de transporte. Este diferencial de precios es un costo para los consumidores finales.

Gráfico 42: Evolución Precio Biodiesel y ACPM en Bogotá



Fuente: IEP, Fedepalma.

Para calcular el costo percibido por el consumidor para el año 2011 tomamos el precio del combustible mezclado para cada región y lo comparamos con el precio que hubiese tenido el combustible sin mezcla, teniendo en cuenta los distintos componentes de la estructura de precios. No se cuenta con información exacta de las ventas en cada zona o región en la que se registra un precio diferente del combustible como resultado de los costos de transporte. Sin embargo, se puede hacer una buena aproximación tomando como referencia los precios registrados en las ciudades o regiones más cercanas en las que se aplica el mismo nivel de mezcla, pues el costo de transporte varía tanto para el combustible sin mezcla como con mezcla, de manera que la diferencia en precio de combustible puro y mezclado radica principalmente en el componente del ingreso al productor y en las exenciones tributarias.

Bogotá

En el año 2011, para Bogotá, los costos monetarios percibidos por los consumidores de ACPM con un contenido de biodiesel del 7% superaron los \$8,500 millones de pesos. Sin embargo, la participación del costo promedio percibido por el consumidor en el precio del combustible sin mezcla es bajo y en promedio para el 2011 fue del 0.54% del precio del ACPM sin mezcla.

Tabla 11: Costos percibidos por los consumidores de ACPM en Bogotá (2011). En millones de pesos corrientes.

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	TOTAL 2011
--	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	------------

Precio ACPM con mezcla	6928,03	6928,03	7138,03	7288,03	7288,03	7358,03	7394,05	7494,05	7494,05	7594,05	7744,05	7844,05	
Precio ACPM sin mezcla	6.888,33	6.888,34	7.098,34	7.248,34	7.248,34	7.318,34	7.353,67	7.454,36	7.454,37	7.554,36	7.704,36	7.804,36	
Diferencia de precio por galón	39,7	39,69	39,69	39,69	39,69	39,69	40,38	39,69	39,68	39,69	39,69	39,69	
Ventas mensuales (miles de galones)	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	17.863	
Costo total consumidor (millones de pesos)	709,16	708,98	708,98	708,98	708,98	708,98	721,31	708,98	708,8	708,98	708,98	708,98	8520,12

Fuente: Datos Resoluciones. Fendipetróleo. Cálculos propios.

A nivel nacional⁵⁶

En el año 2011 los consumidores de ACPM colombianos pagaron más de 62 mil millones de pesos por una mezcla que osciló entre el 7 y el 10% según la región. Se tomó el precio del diesel y del diesel con mezcla en cada una de las regiones del país y se calculó la diferencia entre ambos. Esta diferencia va de 7,54 pesos por galón en Barranquilla a 66,47 pesos por galón en Cali⁵⁷. La tabla 24 muestra el cálculo de costos por región para 2011.

Tabla 12: Costos consumidor a nivel nacional 2011

Región	Ventas Anuales (galones)	Participación regional en ventas	Diferencia en Precio (Mezcla– Gasolina pura)	Costos totales (Millones de pesos)	Participación regional en costos
Bogotá, Cundinamarca y Boyacá	435.420.151,00	26%	39,75	17.306,86	28%
Cartagena y Costa Atlántica (Bolívar, Magdalena, Córdoba, Sucre)	143.328.668,00	8%	11,84	1.696,53	3%

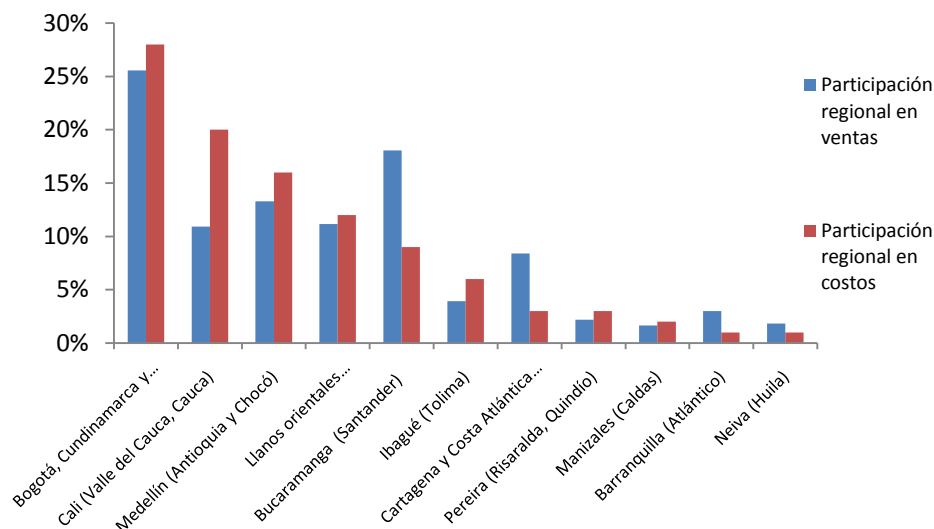
⁵⁶ En este ejercicio no se tienen en cuenta los departamentos de frontera⁵⁶ que por Ley se enfrentan a una regulación diferente al resto de departamentos: presentan exenciones tributarias y por lo tanto precios diferentes al del resto de las regiones. Tampoco se tiene en cuenta San Andrés y Providencia. Para el departamento de Quindío se toma como referencia los precios de Risaralda. Para el caso de los llanos orientales, se toma como referencia la diferencia en precios de Bogotá, ya que ambas regiones presentaron niveles de mezcla similares (7% hasta junio del 2011). Si bien no se tienen los datos de precios exactos con las ventas correspondientes a cada región, este ejercicio es una buena aproximación de lo que le cuesta al consumidor usar un ACPM mezclado en lugar de un ACPM puro.

Barranquilla (Atlántico)	51.231.494,00	3%	7,54	386,5	1%
Bucaramanga (Santander)	307.535.348,00	18%	18,26	5.617,13	9%
Medellín (Antioquia y Chocó)	226.323.722,00	13%	45,61	10.321,68	16%
Cali (Valle del Cauca, Cauca)	186.234.629,00	11%	66,47	12.378,71	20%
Pereira (Risaralda, Quindío)	37.447.904,00	2%	47,23	1.768,51	3%
Manizales (Caldas)	27.924.624,00	2%	40,78	1.138,63	2%
Ibagué (Tolima)	66.855.565,00	4%	57,44	3.840,13	6%
Neiva (Huila)	31.254.280,00	2%	20,65	645,51	1%
Llanos orientales (Casanare, Meta, Guaviare, Caquetá, Putumayo)	190.233.325,00	11%	39.75%	7.561,30	12%
Total Nacional sin departamentos de frontera	1.703.789.710,00	100%		62.661,48	100%

Fuente: Datos Fendipetróleo. IEP. MME. Cálculos propios

Se observa que el costo que asume cada región no necesariamente es proporcional a su consumo de diesel. Esto se debe a que el diferencial de precios depende en parte de los costos de transporte del diesel y el biodiesel. Por ejemplo, en el caso de Cali las ventas locales representan el 11% de las ventas nacionales. Pero los costos por sobreprecio que se pagan son el 20% del total. Lo contrario sucede en Bucaramanga donde se vende el 18% del total de diesel nacional, pero perciben solamente el 9% de los costos por sobreprecio.

Gráfico 43: Distribución de los costos por diferencial de precios por regiones



Fuente: Elaboración propia.

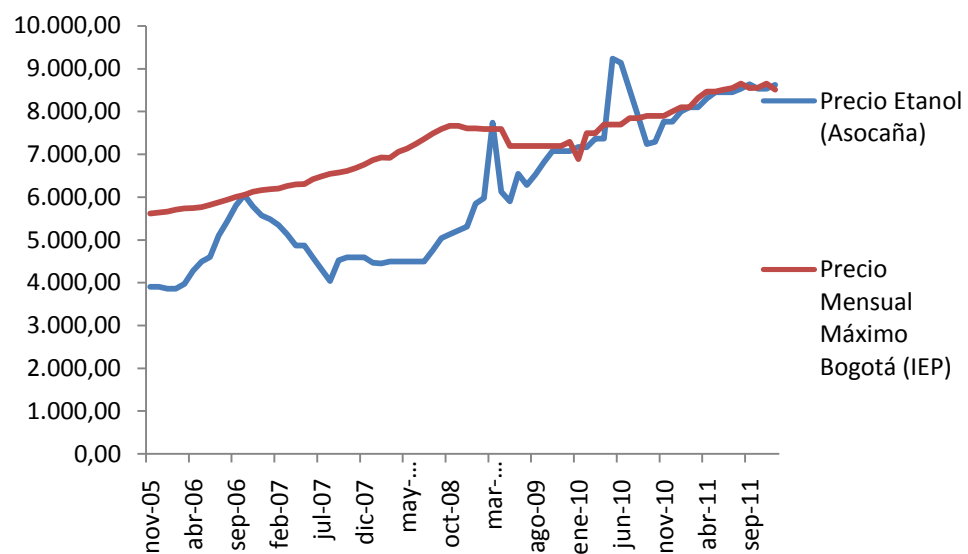
6.2.2. Diferencia precio gasolina y precio alcohol carburante

Para calcular la diferencia de precio de la gasolina corriente y alcohol carburante se procede de la misma forma que para el caso del ACPM y el biodiesel, tomando los precios que se presentaron mensualmente en cada región y comparándolos. En el caso del etanol, a diferencia del biodiesel, existe un precio techo que establece que el precio del etanol no puede superar el precio de la gasolina en Bogotá. Gracias a esto se observa que en muchos casos el precio del alcohol carburante es inferior al de la gasolina sin mezcla, por lo que en esos casos el uso de alcohol carburante contribuye a reducir el precio del combustible y no representa un costo para el consumidor. De noviembre de 2005 a diciembre de 2011, el 89% de los meses el precio del alcohol carburante fue inferior al de la gasolina corriente.

Al calcular la diferencia del pago total, se encuentra que entre los años 2005 y 2011, los consumidores de gasolina ahorraron en conjunto 4.716 millones de pesos.⁵⁸ Sin embargo, es importante resaltar que el precio de etanol ha ido aumentando en los últimos años por el incremento sustancial de los precios internacionales del azúcar. En el 2011 el precio del etanol fue muy similar al precio máximo de la gasolina corriente en Bogotá (ver gráfico 43). Esto implica que a futuro no se espera que existan ahorros para los consumidores de tal magnitud y que la mezcla a la gasolina con etanol adicione un componente de variabilidad al precio de la gasolina aparte del precio del petróleo. Adicionalmente, la relación entre el precio de la gasolina corriente sin mezcla y el precio del combustible mezclado con alcohol carburante varía de manera importante entre las diferentes ciudades, lo que se debe principalmente a costos de transporte del combustible fósil y del biocombustible.

Gráfico 44: Evolución precio etanol y precio gasolina

⁵⁸Pesos constantes de diciembre de 2008



Fuente: IEP. Asocaña

Bogotá 2011

Para el caso de Bogotá, en donde el nivel de mezcla para la gasolina en el año 2011 fue del 8%, para todos los meses salvo diciembre la mezcla de gasolina corriente con alcohol carburante resultó en un ahorro para los consumidores, que pagaron un menor precio por la gasolina mezclada que el que hubieran pagado por una gasolina corriente 100% fósil. En el mes de diciembre, el precio de la gasolina E0 fue inferior en 122 pesos por galón, por lo que la mezcla representó un costo de 2847,63 millones de pesos. En total, en el año 2011 la diferencia de precios entre la gasolina mezclada y la gasolina corriente pura representó una ganancia para los consumidores bogotanos de aproximadamente 260 millones de pesos.

Tabla 13: Costos percibidos por los consumidores de gasolina en Bogotá (2011). En millones de pesos corrientes.

	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	TOTAL 2011
Precio Gasolina corriente con mezcla	8.092,12	8.089,51	8.299,52	8.449,52	8.449,52	8.499,52	8.535,54	8.635,54	8.535,84	8.532,18	8.621,78	8.628,43	
Precio Gasolina corriente sin mezcla	8.099,90	8.099,89	8.310,07	8.460,21	8.460,21	8.510,26	8.545,62	8.646,37	8.546,19	8.550,87	8.649,34	8.505,59	
Diferencia de precio por galón	-7,78	-10,38	-10,55	-10,69	-10,69	-10,74	-10,08	-10,83	-10,35	-18,69	-27,56	122,84	
Ventas mensuales (miles de galones)	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	23.182	
Costo total Consumidor (millones de pesos)	-180,41	-240,69	-244,55	-247,88	-247,92	-248,96	-233,58	-251,02	-239,94	-433,35	-639	2847,63	-359,67

Fuente: Elaboración propia

Nacional 2011⁵⁹

⁵⁹En este caso, para la región de Cundinamarca y Boyacá se toman como referencia los precios de Bogotá. Para los llanos Orientales (Casanare, Meta y Guaviare) también se toma como referencia la diferencia de Bogotá, dado que a lo largo del 2011 se presentaron las mismas mezclas. Para el Chocó y Antioquia, los precios de Medellín. Para la región de la Costa Atlántica se promedia la diferencia en precios que se presenta entre Cartagena y Barranquilla (que es muy similar); para los departamentos de Atlántico y Bolívar se calculan los costos con los precios de Barranquilla y Cartagena respectivamente. Para el Valle del Cauca y Cauca se toman como referencia los precios de Cali. Para los departamentos de Putumayo y Caquetá, que presentan los mismos niveles de mezclas que Huila y se encuentra geográficamente cerca.

Dado que la diferencia en precios es positiva en algunas regiones y negativa en otras⁶⁰ por los costos de transporte, en ciertas regiones los consumidores perciben costos por la mezcla de gasolina con etanol, mientras que en otras regiones los consumidores perciben ganancias. Bogotá, Medellín, Cali, Pereira, Manizales, Neiva, Caquetá y los Llanos Orientales perciben una disminución en el precio del combustible por la mezcla con biocombustibles. Por su parte, la Costa Atlántica, Barranquilla, Bucaramanga, e Ibagué enfrentan un mayor precio por la mezcla de etanol con gasolina. Esto se debe a que los precios de la gasolina son inferiores en estas regiones, que en Bogotá y por lo tanto, el precio del etanol puede ser superior al precio de la gasolina corriente pura en estas regiones. En el agregado nacional, en el año 2011 los consumidores percibieron un costo de 8.706 millones de pesos por motivo de la mezcla de gasolina con alcohol carburante como se muestra en la tabla 25. En Bogotá la ganancia promedio percibida por el consumidor fue equivalente al 0,02% del precio de la gasolina sin mezcla y en Barranquilla, en donde se presentó el costo más elevado por galón, el costo percibido por el consumidor fue equivalente al 0.95% del precio de la gasolina sin mezcla.

Tabla 14: Costo al consumidor de gasolina a nivel nacional

Región	Ventas (galones) 2011	Participación regional en ventas	Diferencia en Precio (Mezcla– Gasolina pura)	Costo total (Millones de pesos)
Bogotá (Cundinamarca y Boyacá)	400.172.686	34%	-1,29	-517,38
Costa Atlántica (Cartagena, Bolívar, Magdalena, Córdoba, Sucre)	92.260.946	8%	72,52	6.690,57
Barranquilla (Atlántico)	45.458.714	4%	77,87	3.539,72
Bucaramanga (Santander y César)	73.751.542	6%	32,18	2.373,45
Medellín (Antioquia y Chocó)	206.084.692	17%	-2,21	-455,46
Cali (Valle del Cauca, Cauca)	164.689.180	14%	-16,12	-2.655,49
Pereira (Risaralda, Quindío)	44.293.063	4%	-15,13	-670,21
Manizales (Caldas)	22.973.931	2%	-14	-321,72
Ibagué (Tolima)	35.459.343	3%	22,55	799,73
Neiva (Huila)	30.227.004	3%	-0,34	-10,25

⁶⁰Ver el anexo 4 para el detalle de diferencial de precios mes a mes por región.

Llanos orientales (Casanare, Meta, Guaviare))	46.228.209	4%	-1,29	-59,77
Caquetá - Putumayo	19.877.886	2%	-0,34	-6,74
Total Nacional	1.181.477.196	100%		8.706,43

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Otros costos asociados a la política

Además de los costos fiscales y costos a los consumidores que implica la política de biocombustibles, existen otros costos en la economía por la política. El aumento en precio de los combustibles no solo afecta el bolsillo de los consumidores, sino también el costo de transporte en el país, encareciendo los productos (en la medida en que existe un pase del aumento en costos a los consumidores).

Es importante también tener en cuenta que al generar incentivos para desarrollar un sector las inversiones realizadas en el mismo tienen un costo de oportunidad. Es relevante preguntarse qué otras actividades productivas podrían llevarse a cabo en el país con esos recursos.

Finalmente, existe un costo para los usuarios de automóviles en la medida en que no se sigan los estándares de calidad adecuados en el manejo de los biocombustibles, particularmente biodiesel. Si en el manejo el producto se expone a humedad se nubla (el llamado *haze*) y genera daños en los filtros de los automóviles.

6.4. Conclusiones

La promoción de la producción de biocombustibles a nivel nacional se ha dado mediante numerosos estímulos fiscales y económicos que representan costos elevados para el Estado. En este trabajo hacemos una aproximación al valor de las exenciones tributarias que reducen el recaudo de impuestos a nivel nacional y por otro lado, al costo que pagan los consumidores finales por precios superiores de los combustibles mezclados con biocombustibles. En la tabla 15 se muestran los resultados para el año 2011, en donde se dejaron de recaudar aproximadamente 452.000 millones de pesos por exenciones tributarias, 343 de los cuales son de la Nación y 108 de los departamentos. En ese año los consumidores pagaron aproximadamente 71.000 millones de pesos más por la mezcla del combustible, en comparación a lo que habrían pagado por un combustible sin mezcla.

Tabla 15: Algunos costos de la política nacional de biocombustibles en el año 2011

Costo	Millones de pesos
Exención IVA Etanol	83.631
Exención Impuesto Global Etanol	67.091

Exención sobretasa Etanol	108.823
Exención IVA biodiesel	127.362
Exención Impuesto global biodiesel	65.347
Costo al consumidor gasolina	8.706
Costo al consumidor ACPM	62.661
Costo Total Exenciones Tributarias	452.254
Costo Total Consumidor	71.368
Total	523.622

Es importante anotar que el ejercicio presentado es de carácter parcial pues sólo se cuantifican algunos de los costos asociados a la PNBC y no se tiene en cuenta el impacto indirecto que tienen los estímulos sobre los impuestos generados por otras actividades económicas asociadas a los desarrollos del sector de biocombustibles. Sin embargo, si se tiene en cuenta que los inversionistas del sector de biocombustibles han decidido invertir en estos proyectos en base a los estímulos otorgados por el gobierno, es importante asegurar la estabilidad jurídica del sector, que implica el sostenimiento de los estímulos, y tener en cuenta los costos que la expansión del sector generará para el Estado a futuro.

7. Conclusiones y recomendaciones de política

La política de biocombustibles en Colombia ha tenido un efecto importante sobre la producción y consumo de etanol y biodiesel en el país.

Pensando hacia futuro, y en el plan de incrementar las mezclas hasta un 20% en el futuro, es importante considerar el efecto de la política sobre la frontera agropecuaria, la disponibilidad de tierras para los insumos de biocombustibles u otros cultivos y el costo de impulsar el mercado hasta ese nivel.

Es importante recalcar que los efectos de la política en materia de seguridad energética son pequeños, y hasta el momento su impacto ambiental no es claro. Es necesario contar con mejor información sobre las dinámicas de cambio de uso de suelo generadas por la política.

Por otra parte, sí ha tenido un impacto importante sobre el desarrollo rural. Sin embargo, para potenciar ese aspecto sería necesario especificar y focalizar los apoyos a la política de modo que realmente se generen dinámicas de desarrollo sostenibles en zonas del país que hasta ahora habían estado relegadas.

En esta versión preliminar del estudio hemos concluido que los efectos que se pueden atribuir directamente a la política de biocombustibles en cuanto a desarrollo rural han sido considerables para el caso de la palma de aceite. Aunque más estudios se tienen que hacer sobre el tema, los cultivos de palma han aumentado considerablemente en zonas con una situación de orden público muy complicada: existe evidencia que en estas zonas la competición por mano de obra entre cultivos ilícitos y plantaciones de aceite es real.

Esto se constituye en una externalidad positiva importante: la violencia que se financia partiendo de los cultivos ilícitos tiene costos inmensos sobre la economía colombiana, justificando una política activa en este sentido pero más importante una política focalizada que maximice esas externalidades. La presencia del Estado en estas zonas palmeras debe fortalecerse para que la actividad privada y los intereses de las comunidades estén plenamente alineados. La presencia del Estado sería la fórmula ganadora para que países como los Estados Unidos, país muy interesado en la sustitución de cultivos ilícitos (y especialmente ahora que se habla tan tranquilamente de la legalización), reconozcan estas externalidades positivas y quién sabe, incluso manifiesten interés en importar aceite de palma o biodiesel colombiano. Este es un tema que se debe poner en la agenda bilateral.

Adicionando a lo anterior, la veeduría del Estado también prevendrá los abusos de quienes no tienen el bienestar de las comunidades locales como su primera prioridad. Sobra resaltar que el tema de desplazamiento forzado está lejos de ser una característica inherente al sector palmicultor colombiano, pero aprovechemos para

resaltar que en otras regiones del mundo con una presencia institucional débil ocurrencias independientes y aisladas también ocurren. Ese es el caso de la política de biocombustibles en China y sus consecuencias en contadas regiones de ese país. Seamos diáfanos: la única forma de encontrar externalidades positivas en la política de biocombustibles para el aceite de palma por el lado de desarrollo rural es si el Estado acompaña estos procesos de generación de alternativas para quienes viven en zonas de conflicto.

En este tema de desarrollo rural y para el sector de la caña de azúcar, la política ha traído estabilidad a un sector consolidado dado que una gran proporción de alcohol carburante se está produciendo con base en caña de azúcar que se hubiera exportado, no con base en nuevos cultivos. Un análisis fundamental que se debe hacer es el ejercicio tributario completo: ¿qué porcentaje de los recursos que deja de recibir el Estado por concepto de las exenciones lo recupera en los tributos cobrados a otros sectores de la economía nacional?

La política para el alcohol carburante se debe medir entonces como herramienta para garantizar la estabilidad de un sector que es vital para la economía regional y nacional. Dado este planteamiento, lo más relevante no es entonces buscar aumentar las mezclas tan rápido como sea posible, dado que una política que exclusivamente busque la sustitución de exportaciones es completamente innecesaria e impráctica, sino cómo hacer de este objetivo nacional⁶¹ –que es incentivar la productividad y estabilidad de tan importante sector– se puede alinear mejor con la política de biocombustibles.

En criterio de los autores, una posibilidad es disminuir las mezclas en momentos de bonanza pero mantenerlas en tal nivel que la infraestructura se mantenga activa para que el día en el que años tan difíciles como el año 2000 vuelvan a venir, se pueda, en el transcurso de algunos meses, aumentar sustancialmente la mezcla y así cubrir parte de las pérdidas del sector mientras las circunstancias mejoran.

En cuanto a las justificaciones ambientales de la política de biocombustibles, hemos visto que para el biodiesel hay ciertas externalidades positivas en cuanto a la salud pública urbana; no obstante lo anterior, éstas se encuentran lejos de ser alternativas costo-eficientes para resolver el problema. Al comparar los costos que implica mantener esta política con los costos que exige implementar algunas de las iniciativas delineadas en el Plan Decenal de Descontaminación de Aire para Bogotá, es claro que

⁶¹ Nótese que acá nos estamos desviando un poco del propio criterio adoptado en los primeros párrafos de esta sección. No obstante lo anterior, consideramos que existe una diferencia sustancial entre querer impulsar un sector induciendo la demanda, y proteger un sector sistémico que puede perfectamente sobrevivir solo en el mediano plazo. Para resaltar el caso de General Motors en los Estados Unidos: la decisión del Presidente Obama de interceder en momentos difíciles ha representado inmensas ganancias tanto para el país como para la industria en los Estados Unidos como para los trabajadores.

si el objetivo fuera reducir la exposición de los ciudadanos al material particulado en el aire, existen otras iniciativas que cumplen con tal propósito de manera mucho más eficiente.

Con respecto a la caña de azúcar, dado que el material particulado es el único contaminante que genera costos sustanciales a la sociedad, y dado que el alcohol carburante se utiliza prioritariamente en vehículos que no emiten casi material particulado, es inevitable concluir que esta justificación no tiene mucha validez. Es importante destacar que aunque el alcohol carburante sí genera menores emisiones de ciertos gases contaminantes (aunque a partir de ciertos niveles de mezcla también genera más contaminantes de otros tipos), una política de semejante robustez para reducir gases con efectos tan irrelevantes no representa el mejor uso de los recursos.

Importante resaltar que en el punto anterior no nos estamos refiriendo a las emisiones de dióxido de carbono. En este tema debemos ser más cuidadosos dado que está en proceso de publicación un gran estudio interinstitucional sobre el tema. Dos recomendaciones por lo pronto: 1) desarrollar estudios con parámetros locales para evaluar de manera aún más precisa los efectos en los gases de efecto invernadero del consumo de biocombustibles, y 2) desarrollar estudios sobre cómo se deben costear semejantes ahorros en las emisiones y cómo se deben financiar estas externalidades (ya cuando sean medibles).

8. Referencias

- Agudelo, J., Bedoya, I., & Agudelo, A. (2005). Emisiones gaseosas y toxicidad del humo de un motor operando con bajas concentraciones de biodiesel de palma. *Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte*.
- ANH. (2012).
- Asocaña. (2011). *Balance Azucarero*. Obtenido de <http://www.asocana.org/>
- Asocaña. (2009). *Historia del sector azucarero colombiano*. Obtenido de <http://www.asocana.org/publico/historia.aspx>
- Asocaña. (Agosto de 2012b). Información Solicitada. Colombia.
- Asocaña. (2011). *Informe anual 2010 - 2011*. Cali: Asocaña.
- Asocaña. (2012). *Informe anual 2011 - 2012*. Cali: Asocaña.
- Asocaña. (9 de noviembre de 2011). La transformación de la industria azucarera en Colombia: Desafíos y oportunidades. *Presentación La transformación de la industria azucarera en Colombia: Desafíos y oportunidades*.
- Asociación Colombiana del Petróleo. (2012). *Informe Estadístico Petrolero*.
- Balcazar, Á., Vargas, A., & Orozco, M. L. (1998). *Del proteccionismo a la apertura: ¿El camino hacia la*. CEGA.
- Behrtenz y Giraldo. (2005). Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles de la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. *Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de los Andes*.
- BID. (2012). *Bid - Rural Development*. Recuperado el 9 de may de 2012, de <http://www.iadb.org/en/about-us/rural-development,6229.html>
- Biofuels Digest. (Julio de 2011). Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de Biofuels Mandates Around the World: <http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2011/07/21/biofuels-mandates-around-the-world/>
- Bionergy. (22 de junio de 2012). Entrevista a Aleck Santamaría (Gerente General).
- Bolsa Mercantil de Colombia. (2012). *Precios y estadísticas*. Obtenido de http://www.bna.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=65&Itemid=41
- Brunekreef, B., & Holgate, S. (2002). Air pollution and health. *The Lancet*, 360 (9341), 1233 - 1242.
- Casatiblanco, C., Etter, A., & Aide, M. (2012). The future expansion and consequences of oil palm plantations for biodiesel production in Colombia. Working paper.

CEPAL - FAO - CGEE - BNDES. (2008). Bioetanol de Caña de Azúcar. Río de Janeiro.

Conpes, DNP, MME, MADR, MAVDT, MCIT, MPS, MHCP, MT, Colciencias. (31 de marzo de 2008). Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia. *Conpes 3510*. Bogotá, D.C.

Consorcio CUE. (2012). Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia. Medellín.

DANE. (2011). *Cuentas Nacionales*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=84

DANE. (2008). Encuesta continua de hogares.

DANE. (2012). *Mercado Laboral - Gran Encuesta Integrada de Hogares*. Obtenido de http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid=67

DANE. (2005). *NBI - Censo General*. Obtenido de Sigot: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>

DANE. (2007). *Tasa de mortalidad infantil*. <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>.

Deloitte. (2009). Estudio estadístico de las Cooperativas de Trabajo Asociado de corte de Caña de Azúcar. Informe final y monografía para Asocaña.

Departamento Administrativo para la prosperidad social. (2008). *Número de desplazados*. Obtenido de Sigot: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>.

Departamento Nacional de Planeación. (2006). *Plan Nacional de Desarrollo 2006 2010*. Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación. (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*. Bogotá.

DNP. (2005). *Índice condiciones de vida*. Obtenido de Sigot: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>

DNP. (2011). *Índice de desempeño fiscal*. Obtenido de DNP - Desarrollo territorial: <http://www.dnp.gov.co/Programas/DesarrolloTerritorial/Evaluaci%C3%B3nySeguimientode laDescentralizaci%C3%B3n/Desempe%C3%B1oFiscal.aspx>

DNP. (2005). *Índice Educación y Capital Humano*. Obtenido de Sigot: <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>

DNP. (2010). *Visión Colombia 2019, segundo centenario. Resumen Ejecutivo*. Obtenido de <http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CCgQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.dnp.gov.co%2FLinkClick.aspx%3Ffileticket%3DG5qKF>

ALu6Zw%253D%26tabid%3D775&ei=k65YUJa0BYTa8AT38IGQAw&usg=AFQjCNGLWT
YzFONpaIO4cYKZKziOc1DAxA&sig2=ElvIr6l

Dufey, A. (2010). Estudio regional sobre la economía de los biocombustibles para los países de América Latina y el Caribe (Documento para discusión). Cepal.

Ecopetrol. (s.f.). Obtenido de
[http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Reporte%20de%20sostenibilidad%202011/biocom
bustibles_01.html](http://www.ecopetrol.com.co/especiales/Reporte%20de%20sostenibilidad%202011/biocom
bustibles_01.html)

EIA. (2010). *International Energy Statistics*. Obtenido de
<http://www.eia.gov/cfapps/ipdbproject/iedindex3.cfm?tid=79&pid=81&aid=1&cid=all,&syid=2006&eyid=2010&unit=TBPD>

Eickhout; G.J. van den Born; J. Notenboom; M. van Oorschot; J.P.M.Ros; D.P. van Vuuren; H.J. Westhoek. (2008). Local and Global Consequences of the European Union Renewable Directive for Biofuels: Testing Sustainability Criteria. MNP Report 500143001. MNP Report .

EPA. (2001). Biodiesel Emissions Analysis Program: Bibliography of Biodiesel Studies.

F.O Licht. (2011). World Ethanol and Biofuel Report.

FAO. (2012). *Fao Stats*. Obtenido de <http://faostat3.fao.org/home/index.html#VISUALIZE>

FAO. (2008). *The State of Food and Agriculture. Biofuels: Prospects, Risks and Opportunities*. Obtenido de Fao: <http://www.fao.org/docrep/011/i0100e/i0100e00.htm>

Farrel, A.; Plevin, Richard J.; Turner, Brian T.; Jones, Andrew D.; O'Hare, M.; Kammen, D.M. (2006). Ethanol can contribute to energy and environmental goals. *Science*, 311 (506).

Fedebiocombustibles. (2012).

Fedebiocombustibles. (2012). *Cifras informativas sector biocombustibles: Alcohol Carburante (Etanol)*. Obtenido de <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/noticias-fedebiocombustibles-sub-38.htm>

Fedebiocombustibles. (2012). *Cifras informativas sector biocombustibles: Biodiesel*. Obtenido de <http://www.fedebiocombustibles.com/v2/noticias-fedebiocombustibles-sub-39.htm>

Fedebiocombustibles. (2012). Estimación de la demanda de Diesel con base en las ventas efectivas de Ecopetrol - Jaime Baquero.

Fedebiocombustibles. (2012). Reunión con Director Técnico.

Fedepalma. (2012d). Obtenido de <http://portal.fedepalma.org/ACEPALMA.HTM>.

- Fedepalma. (2011a). *Anuario estadístico*.
- Fedepalma. (2012a). Estructura precio biodiesel.
- Fedepalma. (2012c). Presentacion " Fedepalma, un buen socio para el desarrollo territorial".
- Fedepalma. (2012b). Presentación Programa Nacional de Biodiésel en Colombia y Potencial Energético de la Palma de Aceite.
- Fedepalma. (2012). *Sistema de Información estadística del sector palmero*. Obtenido de http://sispa.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=ControlesGenerales/menu_submodulo&Mod=1
- Fedesarrollo. (2011). ELEMENTOS PARA MODIFICAR EL FONDO DE ESTABILIZACIÓN DE PRECIOS PARA EL PALMISTE, EL ACEITE DE PALMA Y SUS FRACCIONES.
- Finagro. (2012). Obtenido de http://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-187&p_options=#COSTOS
- Finagro. (25 de 6 de 2012). *Palma de Aceite en el Mundo*. Obtenido de https://www.finagro.com.co/html/i_portals/index.php?p_origin=internal&p_name=content&p_id=MI-187&p_options=#MUNDO
- García, H. Cuadros Colciencias.
- García, H. PPT Análisis política biocombustibles.
- Gerencia Privada del PTP. (2012). Actualización del Plan Nacional de Biodiesel en Colombia. *Resumen Ejecutivo* .
- Global Biofuels Center. (2011). *Global Biofuel Center*. Recuperado el Agosto de 2012, de TOP 25 - Global Ethanol and Biodiesel Production Capacity: http://www.globalbiofuelscenter.com/nm_top5.aspx
- GSI, IISD. (2008). *Biofuels - At what Cost ? GSI Malasia*. Genva: International Institute for Sustainable Development.
- Gualteros, J. M. (2011). ESTUDIO PROSPECTIVO DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL BIODIÉSEL A PARTIR DE PALMA EN COLOMBIA.
- Hausmann, R., Hidalgo, C., Klinger, B., & Barabasi, A. (2007). The Product Space Conditions the Development of Nations. *Science* 317 , 482-487.
- Herrera, D. (2007). Modelo de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá. *Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Unversidad de los Andes* .

IGAC; CORPOICA. (2002). Zonificación de los conflictos de uso de las tierras del país - Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia (Capítulo 4). Bogotá D.C. : Igac: Subdirección de Agrlogía. Corpoica: Subdirección en sistemas de producción.

IGAC; CORPOICA;. (2002). Zonificación de los conflictos de uso de las Tierras en Colombia - Vocación de uso de las tierras de Colombia (Capítulo 3). Bogotá, D.C. : Igac Subdirección de Agrlogía. Corpoica: Subdirección en sistemas de producción.

International Energy Agency. (2012). *Renewable energy*. Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de International Energy Agency (IEA):
<http://www.iea.org/aboutus/faqs/renewableenergy/>

Lagi, M.; Yavni Bar - Yam; K.Z. Bertrand; Yaneer Bar-Yam;. (21 de Septiembre de 2011). *The Food Crises: A Quantitative Model of Food Prices Including Speculators and Ethanol Conversion*. Obtenido de <http://necsi.edu/research/social/foodprices.html>

Leibovich, J., Nigrinis, M., & Ramos , M. (2006). "Caracterización del mercado laboral rural en Colombia". *Borradores de Economía* .

Llorente, B. A. (2009). A risk assesment of the health impact of outdoor health pollution in Bogota. *Documentos de trabajo Escuela de Economía. Universidad Sergio Arboleda* (1).

López, J. A. (2008). La estadística estratégica del sector agropecuario. Un nuevo modelo de oferta.

MADR. (2012). *Agronet*. Obtenido de Reportes estadísticos:
<http://www.agronet.gov.co/agronetweb1/Estad%c3%adsticas/ReportesEstad%c3%adsticos.aspx>

MADR. (2010). *Anuario estadístico del sector agropecuario y pequero 2010*. Bogotá: Dirección de Política Sectorial. Grupo sistemas de información.

MADR. (2009). *Política Nacional de Biocombustibles*. Obtenido de http://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=1&ved=0CCEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.minagricultura.gov.co%2Farchivos%2Fbiocombustibles_asamblea_bid_30_de_marzo_2009.ppt&ei=QJtYULfzN4G-8ASpjYGIDA&usg=AFQjCNF_jlz2Pm-zeO6TS45utp2tWhVccw&s

MADR. (s.f.). *Políticas y programas misionales. Empresarización de actividade agrícolas*. Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de Biocombustibles:
<http://www.minagricultura.gov.co/02componentes/05biocombustible.aspx>

Ministerio de Minas Y Energía. (Enero de 2009). Resolución 180134 de enero de 2009. Colombia.

Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural en Sigot. (2008). *Área agrícola cultivos permanentes (SIGOT)*. Obtenido de <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/default.aspx>

- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2010). Manual para presentación de solicitudes de declaratoria de Zonas de Francas.
- Ministerio de Minas y Energía. (2009). Experiencias en el desarrollo del Programa Nacional de Biocombustibles: Retos, perspectivas y oportunidades. Bogotá.
- Ministerio de Minas y Energía. (s.f.). Resoluciones 180222, 181232, 180825 y 180643.
- Ministerio Minas y Energía (MME). (2012). *Presentación Sector biocombustibles en Colombia*. Bogotá.
- Ministerio Minas y Energía Brasil. (2006). Las políticas para el desarrollo de los Biocombustibles de Brasil.
- Mitchell, D. (Julio de 2008). A Note on Rising Food Prices. *World Bank Policy Research Working Paper Series* .
- Mitsubishi Research Institut, Inc. Numark Associates, Inc. Unisersidad Nacional de Colombia. (2010). *Sustainable energy and biofuel strategies for Colombia: Biofuels market study. Preliminary Report I*.
- Morris, R., Pollack, A., Mansell, G., Lindhjem, C., Jia, Y., & Wilson, G. (2003). *Impacto of Biodiesel Fuels on Air Quality and Human Health. Summary report*. Obtenido de Environ International Corporation. : <http://www.afdc.energy.gov/afdc/pdfs/33793.pdf>
- OECD-FAO. (2011). Agricultural Outlook 2011 - 2018.
- OECD-FAO. (2012). *Agricultural Outlook 2012-2021*. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2011-en
- Olivera , M., Arvelaez, M., & Estacio, A. (2010). Impacto socioeconómico del sector azucarero en Colombia. *Cuadernos de Fedesarrollo*., 31.
- Olivera et al. (2009). Caracterización del empleo en el sector palmicultor colombiano. *Cuadernos de Fedesarrollo* (37).
- Ostro, B. (2004). Outdoor air pollution: Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. *WHO Environmental burden of Disease series. No 5* .
- PNUD. (2011). Informe de Desarrollo Humano Nacional 2011.
- PTP. (2012). Cálculos Fedesarrollo.
- SDA. (2009). Elementos Técnicos del Plan Nacional de Descontaminación de Aire: Inventario de Emisiones provenientes de fuentes móviles y fuentes fijas. Secretaría Distrital de Ambiente.
- Searchinger, T. (2009). *Summaries of Analyses in 2008 of Biofuel Policies by International and Technical Agencies*. Obtenido de

http://www.princeton.edu/~tsearchi/writings/GMF_Brief_-_Summary_of_2008_Biofuel_Reports_final.pdf

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., y otros. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increased Greenhouse Gases Through Land Use Change. *Science*.

Seeboldt, S. (2010). Responsabilidad y sostenibilidad de la industria de la palma.

UNEP. (2010).

United States Energy Information Administration. (2010). *Index Mundi: Energy*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2012, de <http://www.indexmundi.com/energy.aspx?product=biodiesel&graph=production&display=rank>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (s.f.). *Ground Level Ozone*. Obtenido de <http://www.epa.gov/glo/>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2002). *A comprehensive analysis of Biofuels Impacts on Exhaust Emissions. Draft Technical Report*. Obtenido de Biodiesel Emissions Analysis Program: <http://www.epa.gov/oms/models/biodsl.htm>

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2011). *Particulate Matter*. Obtenido de <http://www.epa.gov/oar/particlepollution/>.

UPME. (2011). Balances Energéticos Nacionales 1975 - 2009.

UPME. (2010). Proyección de Demanda de Combustibles Líquidos y GNV en Colombia. Bogotá D.C. Colombia.

USDA Foreign Agriculture Service. (2011). Argentina Biofuels. En *USDA World agricultural network: Biofuels Anual*.

World Earth Institute. (2010). World on the Edge - Energy Data - Biofuels.

World Health Organization (WHO). (2005). Air Quality guidelines for particulate matter ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global Update 2005. Summary of Risk Assessment.

World Watch Institute. (2012). *World Watch Sistem Files*. Recuperado el 27 de Agosto de 2012, de <http://www.worldwatch.org/system/files/Ethanol%20Producer%20Magazine%20062712.pdf>

Anexos

Anexo 1.

Tabla A 1: Mezclas Biodiesel

	Antioquia y Chocó	Atlántico	Bogotá y Centro	Centro y occidente	Costa Atlántica (sin Atlántico)	Llanos Orientales	Putumayo	Santanderes y Sur del Cesar	Tolima y Huila
ene-08		5%			5%				
mar-08		0%			5%				
may-08		5%			5%				
oct-08		5%			5%			5%	
nov-08		5%			0%			5%	
feb-09		5%			0%		5%	5%	
abr-09		5%			5%		5%	5%	
jun-09		7%			7%		5%	7%	
sep-09	7%	7%	5%		7%	5%	5%	7%	
dic-09	10%	10%	5%		10%	5%	7%	10%	7%
ene-10	7%	7%	5%		7%	5%	7%	7%	7%
mar-10	7%	8%	5%	7%	8%	5%	7%	7%	7%
abr-10	7%	8%	5%	7%	8%	5%	8%	8%	8%
may-10	8%	8%	5%	7%	8%	5%	8%	8%	8%
jun-10	8%	10%	5%	8%	10%	5%	10%	8%	10%
ago-10	8%	10%	7%	10%	10%	7%	10%	10%	10%
sep-10	10%	10%	7%	10%	10%	7%	10%	10%	10%
oct-10	8%	8%	7%	8%	8%	7%	8%	8%	8%
dic-10	8%	10%	7%	8%	10%	7%	10%	8%	10%
abr-11	10%	10%	7%	8%	10%	7%	10%	8%	10%
may-11	10%	10%	7%	8%	10%	7%	10%	10%	10%
jul-11	10%	10%	7%	10%	10%	10%	10%	10%	10%

Tabla A 2: Mezclas de etanol

	Antioquia y Chocó	Bogotá y centro	Centro-occidente	Costa Atlántica	Llanos orientales	Putumayo, Caquetá	Santander	S. del Cesar, N. de Boyacá	Tolima, Huila
nov-05			10%						
feb-06		10%	10%						
feb-06		10%	10%						
jun-07		10%	10%				10%	10%	
oct-08	10%	10%	10%	10%			10%	10%	10%
ene-10	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
dic-10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
ene-11	8%	0%	8%	0%	0%	8%	0%	0%	8%
feb-11	8%	8%	8%	8%	8%	8%	0%	8%	8%
mar-11	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%
jul-11	8%	8%	10%	8%	8%	10%	8%	8%	10%
Jul-12	8%	8%	10%	8%	8%	10%	8%	8%	10%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Fórmulas de precio de biocombustibles

1. Fórmula precio biodiesel

INGRESO AL PRODUCTOR. El Ingreso al Productor del ACPM mezclado con biocombustible para uso en motores diesel, $IP_{AMB}(t)$, expresado en pesos por galón, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$IP_{AMB}(t) = Ip(t) * XA + Ip_{BUMD} * XB$$

Donde:

- **IP(t):** Es el Ingreso al Productor del ACPM, tal y como dicho ingreso se establece en la Resolución 8 2439 de 1998, o las normas que la modifiquen o sustituyan.
- **XA:** Es la fracción de ACPM que se mezcla con el biocombustible para uso en motores diesel, la cual en la actualidad es equivalente al 90% y 93%.
- **XB:** Es la fracción de biocombustible para uso en motores diesel que se mezcla con el ACPM, la cual en la actualidad es equivalente al 10% y al 7%.
- **IP_{BUMD}(t):** Es el Ingreso al Productor del biocombustible para uso motores diesel, por la ventas de dicho producto en condiciones estándar, es decir corregido a 60°F de temperatura, que para efectos de esta estructura de precios se reconoce como el precio máximo al mayor entre los siguientes tres valores:
 1. Precio Piso: Seis mil ciento novecientos cincuenta y siete pesos con ochenta y tres centavos (\$6957.83) por galón, actualizado de la siguiente manera: 70% por la variación del índice de precios al productor del año inmediatamente anterior con el corte al mes de diciembre y el 30% restante con base en la devaluación anual del año anterior certificada por la autoridad competente, corte al mes de diciembre.
 2. El costo interno del combustible calculado a partir del precio del aceite crudo de palma, el precio internacional del metanol (FMeOH), UN Factor de Producción Eficiente expresado en pesos colombianos y un Factor de Producción Eficiente expresado en dólares calculado de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Ip_{BUMD}(t) = \{PI_{AP}(t) + [(FPEusd + FMeOH)/(\beta * 42)]\} * TRM + FPEcol$$

Donde:

- **IP_{BUMD}(t):** Es el Ingreso al Productor del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en pesos por galón (\$/galón).
- **PI_{AP} (t) :** Es el precio interno nacional del aceite de palma ajustado por calidad, expresado en dólares por galón, calculado de acuerdo con la fórmula señalada en el parágrafo 2º Artículo 1 de la resolución 181999 de noviembre de 2011. (Ver abajo)

- **FPEusd:** Es el factor de producción eficiente del biocombustible para uso en motores diesel correspondiente a factores de producción de origen extranjero y expresado en dólares por tonelada de biocombustible (US\$/Ton), el cual se fija en treinta y cinco dólares por tonelada de biocombustible (US\$ 35/Ton).
- **FPEcol:** Es el factor de producción eficiente del biocombustible para uso en motores diesel correspondiente a factores de producción de origen colombiano y expresado en dólares por tonelada de biocombustible (US\$/Ton), el cual se fija en trescientos cincuenta y ochopesos por tonelada de biocombustible (US\$ 358.420/Ton). Este factor se actualiza anualmente de acuerdo al Índice de Precios al Consumidor del año inmediatamente anterior, publicada por el Departamento Nacional de estadística (DANE).
- **ß:** Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso del biocombustible este factor es de siete punto doscientos diecisiete (7.217) barriles por cada Tonelada métrica.
- **42:** Es el factor de conversión de barril a galón.

TRM: Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los cinco días anteriores a la fecha de cálculo.

t: Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

- **FMeOH:** Es el factor de utilización del metanol para la producción del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en dólares por tonelada (US\$/Ton).
- $FMeOH = (PMeOH * 0.12)$

Donde:

- $PMeOH = (Contrato + Spot)/2 + 203$
- **PMeOH:** Es el precio del metanol, expresado en dólares por tonelada (US\$/Ton).
- **Contrato:** Es el valor del metanol a partir del Contract Net Transaction Price FOB U.S. Gulf in Barges de la publicación CMAI del último reporte semanal del mes anterior, expresado en dólares por tonelada (US\$/Ton).
- **Spot:** Es el valor del metanol a partir del promedio del Spot Barge FOB U.S. Gulf de la publicación CMAI del último reporte semanal del mes anterior, expresado en dólares por tonelada (US\$/Ton).
- **0.12:** Es la fracción promedio de metanol utilizada para producir una tonelada de biodiesel.
- **2:** Es el valor que se utiliza para promediar los precios de contrato y spot del metanol.
- **203:** Son los Costos promedio de Nacionalización, Logística de Puerto y Transporte a la Planta de biocombustible para uso en motores diesel del metanol.

3. El precio de referencia al mercado internacional del diesel, medido éste sobre la base actual en la que se fijan los precios internos de nuestro ACPM, es decir una ponderación entre la paridad exportación y la paridad importación, al ser el país hoy importador en una porción en esta materia, con un ajuste referido a los cambios en las propiedades de este combustible como resultado de la mezcla : i) aumento del precio por mejoras en cetanaje y la disminución en el contenido de azufre; ii) disminución del precio causado por el menor poder calorífico del biocombustible frente al diesel de origen fósil y calculado de acuerdo con la siguiente formula:

$$Ip_{BUMD}(t) = [(A * PI_{ACPM}(t) + B * PE_{ACPM}(t)) * \alpha PC] + \alpha Cet(t) + \alpha S(t) * TRM$$

Donde:

- **IP_{BUMD}(t):** Es el Ingreso al Productor del biocombustible para uso en motores diesel, expresado en pesos por galón (\$/galón).
- **A:** Es la fracción de ACPM importado que se utiliza en el país frente a la totalidad de la demanda nacional, de acuerdo con la información más reciente disponible.
- **PI_{ACPM}(t):** Es el precio paridad importación del ACPM, expresado en dólares por galón (US\$/galón).
- **PE_{ACPM}(t):** Es el precio paridad exportación del ACPM, expresado en dólares por galón (US\$/galón).
- **α Cet(t):** Es el ajuste por efecto del mejoramiento del cetano en la mezcla del ACPM con el biocombustible en motores diesel, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) el cual equivale a 0,0166 dólares por galón, teniendo en cuenta que el mercado en promedio reconoce un centavo de dólar por galón por una mejora de 3 unidades en el número de cetano y la mezcla tiene un mejoramiento de 5 en dicho parámetro por efecto de la utilización del biocombustible para uso en motores diesel
- **B:** Es la fracción de ACPM producido a nivel nacional que se utiliza en el país frente a la totalidad de la demanda nacional, de acuerdo con la información más reciente disponible.

TRM: Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los cinco días anteriores a la fecha de cálculo.

- **α PC:** Es el ajuste del poder calorífico de la mezcla entre el ACPM y el biocombustible para uso en motores diesel frente al ACPM calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\alpha PC = (0.9 * PCA + 0.1 * PCB) / PCA$$

$$\alpha PC = 0.994$$

Donde:

- **PCA:** Es el poder calorífico del ACPM, el cual es de 133.230,5, expresado en BTU/galón.
- **PCB:** Es el poder calorífico del biocombustible para uso en motores diesel, el cual es de 125.247, expresado en BTU/galón.

- **S(t):** Es el promedio del ajuste favorable por azufre frente al ACPM, correspondiente a los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en pesos por galón (\$/Gal) para el periodo t, calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S(t) = [(2.500 - SMEZ) * (No.2(t) - LS\ No.2(t)) / 470]$$

Donde:

- **2.500:** Es el contenido de azufre máximo permitido en el ACPM en Colombia en la actualidad, expresado en partes por millón.
- **SMEZ:** Es el contenido de azufre de la mezcla entre el ACPM y el biocombustible para uso en motores diesel, expresado en partes por millón y el cual es en la actualidad de 2.250 partes por millón.
- **No.2(t):** Es el promedio de la cotización del Índice Número 2 U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el periodo t.
- **LS No.2(t):** Es el promedio de la cotización del Índice Número 2 de bajo azufre U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el periodo t.

t: Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

- **470:** Es la diferencia entre el contenido de azufre en parte por millón del diesel No. 2 de alto y bajo azufre.

PARÁGRAFO 2º Artículo 1 de la resolución 181999 de noviembre de 2011: El precio interno nacional del aceite de palma ajustado por calidad (**PI_{AP}(t)**) se calculará de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PI_{AP}(t) = (PrAPR(t) * 1,078) / (\beta * 42)$$

Donde:

- **β:** Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso del aceite de palma este factor es de seis punto ochocientos ochenta y dos (6.882) barriles por cada tonelada métrica.
- **42:** Es el factor de conversión de barril a galón.

- **1,078:** Es el factor para medir las bonificaciones por calidad del aceite de palma en el mercado colombiano y las mermas en el proceso de producción del biocombustible para uso en motores diesel.
- **PI_{AP} (t) :** Es el precio interno nacional del aceite de palma ajustado por calidad, expresado en dólares por galón, para el periodo t.
- **PrAPR (t):** Es el precio interno del aceite de palma calculado de acuerdo con la metodología del Fondo de Estabilización de Precios para el Palmiste, el Aceite de Palma y sus Fracciones, así:

$$\text{PrAPR (t)} = \text{MIN} [\text{PIAP(t)}; \text{PICS(t)}].$$

Donde:

- **MIN:** Es el valor mínimo entre dos o más variables.
- **PIAP(t):** Es el promedio ponderado de la paridad importación de las cotizaciones del aceite de palma crudo, correspondientes a las cuatro semanas anteriores a la fecha de cálculo, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con la siguiente fórmula:
- $\text{PIAP(t)} = (\text{CIF Rottpromedio (t)} - 40 + 70) * (1 + \text{arancel}) * 97\%$

Donde

- **CIF Rott promedio (t):** Es el promedio ponderado de las cotizaciones del aceite de palma crudo (CIF Róterdam) de la publicación OilWorld, correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton) y calculado el día 26 del mes inmediatamente anterior. Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior, respectivamente.
- **40:** Es el costo promedio de los gastos de exportación de una tonelada de aceite crudo de palma, expresado en dólares por tonelada (US\$/Ton)
- **70:** Es el costo promedio de los fletes por el transporte de una tonelada de aceite de palma crudo desde el puerto de Rotterdam hasta el puerto local, expresado en dólares por Ton (US\$/Ton),
- **Arancel:** Es el arancel a la importación de aceite de palma al país vigente en el momento de la fecha de cálculo (última semana del mes inmediatamente anterior).
- **97%:** Es un factor de protección de la producción local de aceite de palma.
- **PICS(t):** Es el promedio ponderado de la paridad importación de las cotizaciones de una canasta de productos sustitutos, correspondientes a las cuatro semanas anteriores a la fecha de cálculo, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PICS(t) = 0,65 * PISoya(t) + 0,35 * MIN[PISebo(t) + PI Este(t)]$$

Donde:

- **0,65:** Es la fracción promedia de aceite de soya que se puede utilizar en el mercado interno como sustituto del aceite de palma.
- **0,35:** Es la fracción promedia de otros productos (sebo y estearina) que se puede utilizar en el mercado interno como sustituto del aceite de palma.
- **MIN:** Es el valor mínimo entre dos o más variables.
- **PISoya (t):** Es el promedio ponderado de la paridad importación de las cotizaciones del aceite de soya, correspondientes a las cuatro semanas anteriores a la fecha de cálculo, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PISoya(t) = (FOB Argentina promedio(t) + flete) * (1 + (arancel) * 2/3)$$

Donde:

- **FOB Argentina promedio (t):** Es el promedio ponderado de las cotizaciones del aceite de soya (FOB Argentina) de la publicación OilWorld, correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton) y calculado el día 26 del mes inmediatamente anterior. Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior, respectivamente.
- **Flete:** Es el costo del flete del aceite de soya entre puerto Argentino y Puerto Colombiano, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton).
- **Arancel:** Es el arancel a la importación de aceite de soya al país vigente en el momento de la fecha de cálculo (última semana del mes inmediatamente anterior).
- **2/3:** Es un factor de protección de la producción local de aceite de soya.
- **PISebo(t):** Es el promedio ponderado de la paridad importación de las cotizaciones del Sebo, correspondientes a las cuatro semanas anteriores a la fecha de cálculo, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PISebo(t) = CIF Rottpromedio Sebo(t) * (1 + arancel)$$

Donde:

- **CIF Rott promedio Sebo (t):** Es el promedio ponderado de las cotizaciones del Sebo de la publicación OilWorld (CIF Róterdam), correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton) y calculado el día 26 del mes inmediatamente anterior. Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior, respectivamente.
- **Arancel:** Es el arancel a la importación de sebo al país vigente en el momento de la fecha de cálculo (última semana del mes inmediatamente anterior).
- **PI Este (t):** Es el promedio ponderado de la paridad importación de las cotizaciones de la estearina, correspondientes a las cuatro semanas anteriores a la fecha de cálculo, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PI_{Este}(t) = (Fob_{Malasia\ Este}(t) + 70) * (1 + arancel)$$

Donde:

- **Fob Malasia Este (t):** Es el promedio ponderado de las cotizaciones de la Estearina (Fob Malasia) de la publicación OilWorld, correspondientes a las cuatro semanas anteriores, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton) y calculado el día 26 del mes inmediatamente anterior. Para su cálculo se tomará una ponderación del 10, 20, 30 y 40% para el promedio de las cotizaciones de la cuarta, tercera, segunda y primera semana anterior, respectivamente.
- **70:** Es el costo promedio de los fletes por el transporte de una tonelada de estearina desde Malasia hasta el puerto local, expresado en dólares por Ton (US\$/Ton),
- **Arancel:** Es el arancel a la importación de estearina al país vigente en el momento de la fecha de cálculo (última semana del mes inmediatamente anterior).
- **t:** Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

PARÁGRAFO 3º del artículo 1 de la resolución 180134 de 2009. El precio paridad importación del ACPM ($PI_{ACPM}(t)$), expresado en dólares por galón (US\$/galón), se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PI_{ACPM}(t) = \{[PrFOB + FL + SE + IM] * TRM\} + A + TI + TPC$$

Donde:

- **$PI_{ACPM}(t)$:** Es el precio paridad importación del ACPM, expresado en dólares por galón (US\$/galón) para el periodo t.
- **PrFOB:** Es el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por galón (US\$/Gal).
- **FL:** Es el costo de los fletes marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de ACPM desde la Costa del Golfo de los Estados Unidos de América hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US\$/Galón). Dicho valor será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$FL = [Ws / (\beta * 42)] * (STR / 100)$$

Donde:

- **Ws:** Es el valor del flete de referencia de la ruta Houston Pozos Colorados publicado anualmente por el WorldwideTanker Nominal FreightScale "Worldscale" vigente para el mes inmediatamente anterior al período t, expresado en dólares por tonelada métrica.
- **STR:** Es el promedio aritmético de las cotizaciones publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, del factor de corrección de mercado para el flete de los tanqueros limpios de 30.000 Toneladas Métricas para la ruta

CARIB/USG, de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, expresado en unidades de Worldscale (WS Assess).

- **ß:** Es el factor de conversión de toneladas métricas a barriles. Para el caso del ACPM este factor es de siete punto cuatrocientos noventa y un (7.491) barriles por cada tonelada métrica a 34º API.
- **42:** Es el factor de conversión de barril a galón.
- **SE:** Es el costo de los seguros marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de ACPM desde la Costa del Golfo de los Estados Unidos hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US\$/Galón), el cual será calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$SE=S* PrFOB$$

Donde:

- **S:** Es el factor multiplicador utilizado para el cálculo de los seguros (SE). El factor vigente a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución será 0.000387.
- Este factor multiplicador será revisado anualmente, a partir del 1º de enero del año 2007. Para cada año el Ministerio de Minas y Energía fijará el valor de S, con base en el promedio de cotizaciones de mínimo tres (3) compañías de seguros internacionales, cuya calificación de deuda en dólares de largo plazo sea igual o superior a BBB- de Standard & Poor's, o tenga un grado de calificación equivalente otorgado por otra agencia internacional de calificación de riesgo.
- **PrFOB:** Es el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por galón (US\$/Gal).
- **IM:** Es el valor de las inspecciones de calidad en puerto de cargue y descargue, expresado en dólares por galón (US\$/galón). Este costo será de US\$0.000286 por galón a partir de la fecha de entrada en vigencia de la presente Resolución.
- **TRM:** Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior.
- **A:** Es el valor correspondiente al pago de la tarifa arancelaria de las importaciones de ACPM, expresada en pesos por galón, calculado de acuerdo con la tarifa general establecida en las normas que regulen la materia, o en aquellas que las modifiquen sustituyan, aplicada sobre la base gravable establecida en las disposiciones vigentes.

- **TI:** Es el valor correspondiente al pago del impuesto de timbre aplicable, expresado en pesos por galón, y calculado de acuerdo con la tarifa general establecida en las normas que regulen la materia, o en aquellas que las modifiquen o sustituyan, aplicada sobre la base gravable establecida en las disposiciones vigentes.
- **TPC:** Es el costo máximo de transporte del poliducto Pozos Colorados - Barranca que conecta el puerto Pozos Colorados con la estación - Galán en Barrancabermeja, expresado en pesos por galón, definido en la Resolución 18 0088 del 30 de enero de 2003, modificada por la Resolución 18 1701 del 22 de diciembre de 2003, o las normas que las modifiquen o sustituyan.
- **t :** Es el período transcurrido entre el primero y el último día de cada mes calendario.

De otro lado, El precio paridad exportación del ACPM (**PE_{ACPM} (t)**), expresado en dólares por galón (US\$/galón), se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PE_{ACPM}(t) = \{PrFOB * TRM\}$$

Donde:

- **PrFOB:** Es el promedio de las cotizaciones del índice número 2 U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, publicadas durante los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior, expresadas en dólares por galón (US\$/Gal).
- **TRM:** Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior.

El rubro "FPE" puede ser modificado en cualquier momento por el Ministerio de Minas y Energía, cuando considere que existe justificación técnica y económica para dicho cambio.

2. Fórmula precio etanol

Resolución 181088, 181232, 180643

INGRESO AL PRODUCTOR. El Ingreso al Productor de la Gasolina Motor Corriente Oxigenada, **IPGCO(t)**, expresado en pesos por galón, será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$IPGCO(t) = Ip(t) * 0.9 + IpAC * 0.1$$

Donde,

IP(t): Es el Ingreso al Productor de la gasolina motor corriente, tal y como dicho ingreso se establece en la Resolución 8 2438 de 1998, o las normas que la modifiquen, adicionen o deroguen.

IPAC(t):

Precio Piso: Cuatro mil cuatrocientos noventa y seis pesos con ochenta y ocho centavos (\$4,496.88) por galón, actualizado de la siguiente manera: 70% por la variación del índice de precios al productor del año inmediatamente anterior con corte al mes de diciembre y, el 30% restante, con base en la

devaluación anual del año anterior certificada por la autoridad competente, con corte al mes de diciembre”.

El promedio móvil de los últimos seis (6) meses de la paridad exportación del azúcar blanco refinado, correspondiente al Contrato número 5 de la Bolsa de Londres, a su equivalente de alcohol carburante en pesos por galón incluyendo los costos de fabricación, menor recuperación de sacarosa, ahorros por no blanquear el azúcar e ingresos por utilización de vinazas según la siguiente fórmula:

$$VEAC(t) = \frac{(AZLN(t) - GE) * TRM - TT(t)}{(FC1 - FC2 - FC3 + FC4) * FC5} * FC6 - CV$$

Donde,

VEAC(t):Es el valor equivalente del alcohol carburante, expresado en pesos por galón, para el periodo t

AZLN(t):Es el promedio móvil de las cotizaciones de cierre de la posición más cercana del azúcar blanco refinado, correspondiente al Contrato número 5 de la Bolsa de Londres para los últimos seis (6) meses, publicadas en Reuters, Bloomberg o FuturesSource, expresadas en dólares por tonelada (US\$/Ton).

GE:Son los gastos de exportación promedio del azúcar refinado. Este valor se fija en veintiséis (26) dólares por Tonelada (US\$/Ton), de acuerdo con el promedio de los gastos de exportación del azúcar refinado (manejo en puerto, carga a contenedor y carga de contenedor a barco).

TRM:Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior al período t.

TT(t):Flete de transporte promedio del azúcar refinado entre el centro de producción y el puerto de exportación (Cali-Buenaventura), el cual se fija a partir del SICETAC (Sistema de Información de Costos Eficientes de Transporte Automotor de Carga www.mintransporte.gov.co) con los siguientes parámetros:-- Utilizando como vehículo de transporte un tracto camión: 2 horas de espera para cargue, 1 hora para cargue, 6 horas de espera para y descargue y 1 hora para descargue.

FC1:Es la relación estequiométrica de producción de etanol por quintal de azúcar igual a 29.22 litros/quintal.

FC2:Es el factor de corrección por menor recuperación de sacarosa igual a 0.97 litros/quintal.

FC3:Factor asociado a los costos de transformación del azúcar en etanol anhidro, en planta igual a 6.378 litros/quintal.

FC4:Factor asociado al ahorro de los costos de refinación y blanqueo del azúcar equivalente a 2.025 litros/quintal.

FC5:Es el factor de conversión entre quintales de azúcar y toneladas de azúcar, el cual es de veinte (20).

FC6:Es el factor de conversión de galones a litros, el cual es de tres punto setecientos ochenta y cinco (3.785).

CV:Es el ahorro en pesos por galón (\$/galón), que se obtiene al utilizar la vinaza generada en el proceso de producción del alcohol carburante dentro de las actividades agrícolas para la obtención de las respectivas materias primas, el cual se fija en veintidós punto treinta y nueve (22.39) pesos por galón. Dicho valor se actualizará anualmente en el mes de febrero de acuerdo con los costos de las materias primas petroquímicas a sustituir al aplicar la vinaza como fertilizante.

t:Corresponde al mes para el cual se efectúa el cálculo.

El promedio de la paridad exportación de la gasolina calidad colombiana, para los primeros veinticinco (25) días del mes anterior, ajustada teniendo en cuenta el aumento del precio por mejoras en octanaje y la disminución en el contenido de azufre; además de la disminución del precio causado por el menor

poder calorífico de la gasolina oxigenada (mezcla gasolina – alcohol carburante) frente a las gasolinas; según la siguiente fórmula:

$$EqAC(t) = (PI(t) * \ddot{A}PC) + \ddot{A}Oc(t) + \ddot{A}S(t)$$

Donde:

EqAC(t): Es el valor equivalente del alcohol carburante, expresado en pesos por galón, para el período t.

PI (t): Es el precio promedio de la paridad exportación de la gasolina calidad colombiana de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en pesos por galón (\$/Gal) para el período t, calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PI(t) = [UNL87(t) - Aoc(t)] - FL(t) * TRM \text{ Donde:}$$

UNL87(t): Es el promedio de la cotización del índice UNL 87 (Ron 92) en la U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t.

Aoc (t): Es el ajuste promedio por octanaje de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$Aoc(t) = (92 - RONGR) * (UNL93(t) - UNL 87(t)) / 6 \text{ Donde:}$$

92: Es el número de RON de la gasolina UNL 87.

RONGR: Es el RON de la Gasolina Corriente Motor colombiana, vigente en las normas legales que lo establecen o en aquellas que lo complementen o modifiquen. En la actualidad el RONGR es de 86 octanos.

UNL93(t): Es el promedio de la cotización del Índice UNL 93 (Ron 98) en la U.S. GulfCoastWaterborne de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t.

6: Es la diferencia actual entre el número de RON de la Gasolina UNL 93 (Ron 98) y la gasolina UNL 87 (Ron 92).

FL(t): Es el promedio del costo de los fletes marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de gasolina desde el puerto de exportación local de la Costa Colombiana hasta la Costa del Golfo de los Estados Unidos de América, de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t. Dicho valor será el que resulte de aplicar la siguiente fórmula:

$$FL(t) = [Ws(t) / (b * 42)] * (STR(t) / 100) \text{ Donde:}$$

Ws(t): Es el promedio de la cotización diaria del flete de referencia de la ruta Houston- Pozos Colorados publicado por el WorlwideTanker Nominal FreightScale "Worldscale", de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por tonelada métrica para el período t.

b: Es el factor de conversión de Toneladas métricas a Barriles. Para el caso de la Gasolina Corriente Motor colombiana este factor de conversión es de 8.535 a 60° API.

42: Es el factor de conversión de barril a galón.

STR(t): Es el promedio de la cotización del factor de corrección de mercado para el flete de los tanqueros limpios de 30.000 Toneladas Métricas para la ruta CARIB/USG, de la publicación PLATT's de Standard & Poor's, de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en unidades de Worldscale (WS Assess) para el período t.

TRM: Es el promedio de la Tasa Representativa del Mercado, certificada por la autoridad competente, vigente para los veinticinco (25) primeros días del mes inmediatamente anterior al período t.

ÄPC: Es el ajuste del poder calorífico de la gasolina oxigenada (mezcla alcohol carburante – gasolina) frente a las gasolinas calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{ÄPC} = (0.9 * \text{PCG} + 0.1 * \text{PCAC}) / \text{PCG} \quad \text{ÄPC} = 0.964 \text{ Donde:}$$

PCG: Es el poder calorífico de la gasolina corriente, el cual es de 118.615,3, expresado en BTU/galón.

PCAC: Es el poder calorífico del alcohol carburante, el cual es de 76.000, expresado en BTU/galón.

ÄOc(t): Es el promedio del ajuste favorable por octanaje del alcohol carburante frente a las gasolinas de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en pesos por galón (\$/Gal) para el período t, calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{ÄPOc}(t) = [(89 - \text{RONGR}) * (\text{UNL93}(t) - \text{UNL87}(t)) / 6] * \text{TRM} \text{ Donde:}$$

89: Es el número de RON de la mezcla de la gasolina oxigenada, es decir la mezcla entre la gasolina motor corriente calidad colombiana y el alcohol carburante.

ÄS(t): Es el promedio del ajuste favorable por azufre frente a las gasolinas, correspondiente a los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en pesos por galón (\$/Gal) para el período t, calculado de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{ÄS}(t) = [(1000 - \text{SMEZ}) * (\text{UNL50ppm}(t) - \text{UNL10ppm}(t)) / 40] * \text{TRM} \text{ Donde:}$$

1000: Es el contenido de azufre de la gasolina calidad colombiana en la actualidad, expresado en partes por millón.

SMEZ: Es el contenido de azufre de la gasolina oxigenada, mezcla entre el alcohol carburante y la gasolina, expresado en partes por millón y el cual es de 900 partes por millón.

UNL50 ppm(t): Es el promedio de la cotización de la gasolina regular de 50 ppm en Europa (FOB ARA - Rotterdam) de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t.

UNL10 ppm(t): Es el promedio de la cotización de la gasolina regular de 10 ppm en Europa (FOB ARA - Rotterdam) de la publicación PLATT's de Standard & Poor's de los 25 primeros días del mes inmediatamente anterior, expresado en dólares por galón (US\$/Gal) para el período t.

40: Es la diferencia actual entre el contenido de azufre de la gasolina regular de 50 ppm en Europa (FOB ARA - Rotterdam) y la gasolina regular de 10 ppm en Europa (FOB ARA - Rotterdam).

El valor IPAC(t) será igualmente el que se tenga como referencia para el cálculo del precio de la gasolina motor extra oxigenada”.