

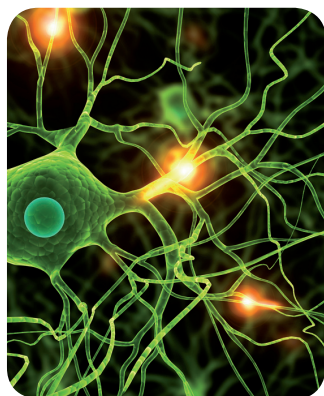
# MÁSTERES de la UAM

Facultad  
de Ciencias Económicas  
y Empresariales / 14-15

Desarrollo  
Económico



**Impacto económico  
de los biocarburantes:  
Análisis sobre  
la fiscalidad en  
República Dominicana**  
*Francisco Javier Cruz  
Castillo*



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**  
**MÁSTER EN DESARROLLO ECONÓMICO Y POLÍTICAS PÚBLICAS**

**Trabajo Fin de Máster**

**“IMPACTO ECONÓMICO DE LOS BIOCARBURANTES:  
Análisis sobre la fiscalidad en República Dominicana”**

**Escrita por:**

**Francisco Javier Cruz Castillo**

**Profesora-Tutora:**

**Dolores Dizy Menéndez**

**Madrid, septiembre de 2015**



# Índice del Contenido

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Marco conceptual, técnico y teórico</b> .....	4
<b>2.1. Principales conceptos</b> .....	4
<b>2.2. Fundamentos técnicos de los biocarburantes</b> .....	7
<b>2.2.1. Ventajas e inconvenientes de la producción de los biocombustibles de primera y segunda generación</b> .....	11
<b>2.3. Fundamentos teóricos</b> .....	12
<b>2.3.1. Comercio internacional: Modelo ISI</b> .....	13
<b>2.3.2. Clasificación de las fuentes energéticas: bienes sustitutivos</b> .....	13
<b>2.3.3. Justificación de la imposición sobre combustibles</b> .....	14
<b>2.3.3.1. Efectos de la aplicación de un impuesto y un subsidio sobre el consumo de combustibles</b> .....	15
<b>2.3.3.2. Efectos de la aplicación de créditos fiscales y de la obligatoriedad de introducir un porcentaje de mezcla de biocombustibles</b> .....	16
<b>2.3.4. Relación entre biocombustibles y economía</b> .....	16
<b>2.3.4.1. Efectos sobre el nivel de pobreza y desarrollo rural</b> .....	18
<b>2.3.4.2. Efectos sobre el nivel de inflación</b> .....	19
<b>2.3.4.3. Efectos sobre la balanza comercial</b> .....	20
<b>2.3.4.4. Efectos sobre el tipo de cambio</b> .....	21
<b>3. Antecedentes y situación actual de los biocombustibles</b> .....	22
<b>3.1. Estados Unidos de América</b> .....	22
<b>3.2. Unión Europea</b> .....	24
<b>3.3. América Latina</b> .....	27
<b>4. Análisis de la situación en República Dominicana</b> .....	30
<b>4.1. Características del sector transporte</b> .....	31
<b>4.1.1. Parque vehicular</b> .....	33
<b>4.1.2. Consumo de combustibles en el sector transporte</b> .....	33
<b>4.1.3. Recaudación fiscal de los hidrocarburos</b> .....	37
<b>4.2. Marco normativo y políticas de fomento a los biocarburantes</b> .....	38

4.2.1. Marco Normativo .....	39
4.2.2. Puntos a considerar en la política de biocombustibles .....	41
4.3. Impactos tributarios de los biocombustibles (gasto tributario).....	42
4.3.1. Análisis de ingresos fiscales no percibidos .....	44
4.3.2. Tierra requerida para producción de biocarburantes .....	46
5. Conclusiones y recomendaciones .....	49
6. Bibliografía .....	52
7. Anexos .....	55

## Índice de Tablas, Gráficos y Anexos

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los biocombustibles.....	11
Tabla 2 Ingresos fiscales no percibidos del bioetanol .....	45
Tabla 3 Ingresos fiscales no percibidos del biodiesel.....	46
Tabla 4 Requerimientos de hectáreas para satisfacer la demanda de biocarburantes .....	48
Gráfico 1 Incidencia económica de un impuesto y de un subsidio en el caso de una demanda perfectamente inelástica .....	15
Gráfico 2 Evolución del consumo de energía del sector de transporte .....	34
Gráfico 3 Evolución de las elasticidades de las gasolinas en .....	36
Gráfico 4 Evolución de las elasticidades del gasoil en.....	36
Gráfico 5 Evolución del peso relativo de la recaudación fiscal de.....	37
Gráfico 6 Zonas potenciales productoras de biomasa para biocarburantes.....	46
Gráfico 7 Ubicación de las explotaciones de caña de azúcar en República Dominicana ....	47
Anexo 1. Producción de Biocombustibles líquidos: Características y Estado del Desarrollo de las Distintas Tecnologías .....	55
Anexo 2. Comparativo de materias primas para producción de biodiesel .....	55
Anexo 3. Comparativo de materias primas para producción de etanol .....	56
Anexo 4. Comparativo de poder calorífico de biocombustibles y derivados de petróleo ...	56
Anexo 5. Evolución del precio promedio mensual y del consumo de combustible.....	57
Anexo 5. Evolución del precio promedio mensual y del consumo de combustible (cont.)	58



## 1. Introducción

Más que en ningún momento anterior en la historia, el mundo demanda cada vez más energía para satisfacer las necesidades de la humanidad; necesidad que no distingue entre economías desarrolladas y aquellas otras en vías de desarrollo. Este requerimiento precisa de una diversificación para poder aprovechar los recursos disponibles en la naturaleza, los cuales varían a lo largo de la geografía del planeta. Una de las alternativas disponibles en estos momentos es el uso de biocarburantes para suplir las necesidades que actualmente cumplen los derivados del petróleo. Pese a que muchos ven en el uso de las materias primas utilizadas en los biocombustibles una fuente de competencia con los recursos destinados a la alimentación, tal y como señalan Rajagopal y Zilberman (2007) al sostener que “*biofuels have been described as carrying the risk of filling the gas tank at the cost of emptying the stomach*”, si su aprovechamiento se realiza de manera sostenible puede ser una opción atractiva para economías que no cuentan con recursos propios de carácter petrolero.

Prácticamente toda la literatura existente relativa a los biocarburantes, y las energías renovables en general, hacen referencia al incremento de la producción de biocombustibles a nivel mundial. Esta situación no es casual, responde a una doble necesidad: encontrar nuevas alternativas de abastecimiento de fuentes energéticas y preservar el medioambiente.

La volatilidad del precio del petróleo así como la incertidumbre sobre su disponibilidad a largo plazo constituye aspectos suficientes para despertar y generar un importante interés en los responsables de las políticas energéticas en aquellos países que buscan nuevas formas de abastecimiento energético. En este sentido, las energías renovables – y de forma específica los biocombustibles – representan una alternativa interesante de cara a sustituir recursos derivados del petróleo por aquellos provenientes de materias primas vegetales (tales como azúcar, trigo, maíz o semillas oleaginosas). El mayor interés para economías más desarrolladas se centra en la reducción de emisiones, mientras que la seguridad energética y objetivos macroeconómicos son las principales motivaciones en el resto de las economías.



Aunque el destino de los biocombustibles es amplio -iluminación, calentamiento, cocción y todo tipo de producción de calor-, su principal uso reside en el sector del transporte. Es por ello que a lo largo de la presente investigación nos centraremos en el sector transporte, tanto por su relevancia en términos de consumo de energía como por los efectos que el mismo tiene sobre el resto de la economía por su cuantía. Los biocombustibles destinados a motores de combustión interna reciben el nombre específico de biocarburantes y cabe resaltar que, aunque existen otras alternativas energéticas (vehículos de hidrógeno y eléctricos), hoy por hoy el desarrollo de los biocarburantes representa una opción económica y técnicamente adecuada frente a sus competidores, como son sus aplicaciones en quemadores instalados en calderas de producción de agua caliente.

En vista de que las políticas públicas orientadas a los biocombustibles deben tener presente cuáles son los objetivos nacionales que se persiguen, como pueden ser especialización productiva, mayor cobertura energética y protección del patrimonio natural (Pistonesi, et al., 2008), a los que se le agregan objetivos macroeconómicos como veremos a lo largo de este estudio, su análisis es relevante. Sin embargo, y de forma específica en la región de América Latina y el Caribe, los responsables de políticas energéticas no sólo carecen de estudios que trasciendan la crítica a los biocombustibles, sino que no cuentan con enfoques técnicos estructurados que permitan evaluar con precisión las consecuencias económicas, sociales y ambientales de los modelos de promoción del negocio de los biocombustibles (Pinto, 2008).

Pese a la formación previa a la realización del presente máster (cursos sobre energía así como la realización del Máster Executive en Energías Renovables 2010/11 en la EOI de Madrid), así como la experiencia laboral de más de cinco años en la Comisión Nacional de Energía de República Dominicana, en el año 2015 participé en dos cursos específicos al objeto de disponer de mayores conocimientos teóricos y prácticos para la realización del presente Trabajo de Fin de master: *Curso de Estrategias para el Desarrollo de la Bioenergía*, impartido on-line por el CIEMAT a través de la Fundación CEDDET, y el *Curso de Eficiencia Energética en el Sector Transporte en el marco de la Energy Efficiency*

*Training Week 2015*, impartido presencialmente en el mes de julio por la Agencia Internacional de Energía en París .

En este sentido, la experiencia laboral unida a las materias cursadas en el MDEPP ha despertado el interés para elegir como línea de investigación el análisis de los impactos económicos de la introducción de biocarburantes en la mezcla de combustibles en República Dominicana. Sin embargo, el desarrollo de la misma excede del contenido del presente Trabajo de Fin de Master, por lo que el mismo se centrará únicamente en analizar los impactos fiscales. No obstante, las futuras líneas de investigación se centrarán en analizar los impactos económicos desde una perspectiva de equilibrio general.

De forma específica se busca: a) estudiar el marco normativo concerniente a la tributación en materia de hidrocarburos para el sector transporte; b) analizar los efectos sobre el volumen de consumo de combustibles a partir de las mezclas propuestas y los escenarios planteados; c) identificar los impactos fiscales de la introducción de biocarburantes; y d) realizar recomendaciones de políticas relacionadas con la implantación de biocombustibles en la mezcla de los combustibles utilizados en el sector transporte.

El trabajo está estructurado en una primera sección correspondiente al marco conceptual, técnico y teórico relativo a los biocarburantes, describiendo un poco de la evolución de los mismos para comprender por qué se vuelven a considerar dentro de las opciones de abastecimiento en el sector transporte. A continuación, se analiza la experiencia en la implantación y uso de biocombustibles en Estados Unidos de América, Europa y algunos países de América Latina. En la tercera sección se expone la situación actual del sector transporte en República Dominicana, así como el marco normativo vigente y posibles recomendaciones de políticas a considerar; a partir de los consumos realizados en la última década, y teniendo en cuenta experiencias y consejos de expertos, se lleva a cabo un análisis cuantitativo del impacto que sobre la recaudación tributaria tendría la introducción de biocarburantes en la mezcla de combustibles en la República Dominicana. Finalmente, se exponen las principales conclusiones que se desprenden de la revisión de la literatura existente y del análisis cuantitativo efectuado.

## 2. Marco conceptual, técnico y teórico

La presente sección proporciona algunos fundamentos conceptuales y teóricos que resultan esenciales para entender la temática a tratar a lo largo de la presente labor de investigación. De todos modos, la misma no pretende ser exhaustiva sino que brinda aquellas referencias generales para orientar la lectura del lector.

### 2.1. Principales conceptos

En síntesis, se puede afirmar que los combustibles son cualquier sustancia que reacciona con el oxígeno del aire en la combustión desprendiendo calor (AAE, 2009) y que los combustibles tienen diferentes capacidades detonantes (nivel de octano u octanaje) que están íntimamente relacionadas con el contenido energético de los mismos.

En términos puramente físicos, la energía es la capacidad para realizar trabajo (Alexander y Sadiku, 2006) y según la primera ley de la termodinámica: la misma “*no se crea ni se destruye; sólo se transforma*” (Çengel y Boles, 2009). A su vez a grandes rasgos, existen dos tipos de fuentes de energía: renovables y no renovables, siendo las primeras todas aquellas energías primarias<sup>1</sup> que son obtenidas a partir de un flujo de energía constante tales como la solar, viento y biomasa, entre otras (Bhattacharyya, 2011); mientras que las segundas (energías no renovables) tienen un tiempo de reposición relativamente más lento que su tasa de consumo, como es el caso de los combustibles fósiles o simplemente no hay forma de obtenerlas de nuevo. Dentro de las energías renovables la biomasa es un material orgánico que se extrae o se produce a partir de plantas o animales (Uriarte, 2010). Refiriéndose dentro de estos, a los biocombustibles<sup>2</sup> que, en su concepción más amplia, incluyen todos los tipos de combustibles sólidos, gaseosos o líquidos extraídos de la biomasa.

---

<sup>1</sup> Las energías primarias son todas aquellas fuentes energéticas que no sufren ningún tipo de transformación para su utilización por parte de los sectores de consumo final, tales como las fuentes de energía renovables, nuclear, petróleo crudo, carbón, gas natural, etc.

<sup>2</sup> Como hemos señalado anteriormente de forma específica se utiliza el término biocarburantes cuando se refiere a los biocombustibles utilizados para el sector transporte.

Dada la finalidad perseguida con este trabajo, consideraremos únicamente los biocombustibles líquidos puesto que éstos son los utilizados en los motores de los vehículos destinados al transporte, es decir, nos limitaremos al estudio de los biocarburantes. Su tipología comprende el metanol, etanol, aceite vegetal y los esteres metílicos producidos de aceite comúnmente conocidos como biodiesel (Uriante, 2010), de forma que *“pueden mezclarse con o sustituir los combustibles en base al petróleo”* (AIE, 2007).

Para el caso específico de los motores de explosión (provocados) de encendido por chispa que utilizan gasolinas, comúnmente conocidos como los de ciclo Otto, la alternativa es el uso de etanol<sup>3</sup>. El etanol es un tipo de alcohol producido a partir de maíz, caña de azúcar y otros cultivos, es decir, a partir de la fermentación de los azúcares y se utiliza generalmente mezclado con gasolinas, siendo las dos mezclas más comunes la E10 y la E85, con contenidos de etanol del 10% y 85% respectivamente.

Los motores de combustión interna por compresión utilizan el combustible diesel<sup>4</sup>, compuesto principalmente por parafinas que provienen del petróleo crudo. Este combustible y el motor que utiliza toman el nombre de Rudolf Karl Diesel, científico francés de origen alemán que patentó este motor en el año 1892 en Berlín y en el año 1896 logró poner en marcha el primer motor de este tipo utilizando como combustible el aceite de cacahuate, describiendo el mismo como un motor que puede ser puesto en funcionamiento con cualquier tipo de aceite vegetal y que podría ayudar considerablemente al desarrollo agrícola de aquellos países que lo utilizaran (Starbuck y Harper, 2009); en el año 1933 Citroën crea el primer vehículo diésel para su venta comercial. En la actualidad el diésel es mezclado, o incluso reemplazado al 100%, por el biodiesel. El biodiesel es un combustible líquido que se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales, pudiendo mezclarse con gasóleo procedente del refinado del petróleo en diferentes cantidades: B100 en

---

<sup>3</sup> Es común encontrar en la literatura que se utilice el término etanol de manera análoga al de bioetanol, a lo largo de este documento se utilizarán de manera indistinta debido a que nos referimos al proveniente de biomasa. Para una explicación detallada del proceso de producción de los biocombustibles puede consultarse Fernández et al (2007) y AAE (2009).

<sup>4</sup> En el presente documento utilizaremos el concepto diésel para referirnos a lo que comúnmente en España se conoce como gasóleo o en República Dominicana como gasoil.

caso de utilizar sólo biodiésel, B5, B15, B30 o B50 en función del porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla (Horn, 2010).

El desarrollo de motores energéticamente más eficientes para vehículos agrícolas ya establece una relación entre la producción de biocombustibles con la economía<sup>5</sup> (Dufey, 2011). Relación que tiene impactos sobre la balanza de pagos, mercado laboral, medios de vida y el desarrollo rural, al margen de los efectos sobre el medioambiente y la seguridad alimentaria. Además, desde el punto de vista energético, es relevante la seguridad energética, entendida como la condición en la cual un país cuenta con las fuentes y medios para asegurar un abastecimiento energético confiable e ininterrumpido acorde con su demanda de energía a precios competitivos<sup>6</sup>. Pero este concepto no se limita solo al abastecimiento, sino que también incluye cuestiones relacionadas con las infraestructuras y el desarrollo sostenible en la medida en que se debe asegurar la disminución de los impactos nocivos sobre el medioambiente.

Actualmente, como se expondrá en páginas posteriores, la producción de biocarburantes no es comercialmente rentable sin la aplicación de incentivos a su utilización por parte de los gobiernos. Por ello, su implementación precisa de un estudio previo que refleje el impacto de los recursos públicos así como las fortalezas y debilidades de dicha política pública. En este sentido, se puede calcular el gasto fiscal derivado de la actuación pública que, como señalan Cruells y Ferré (2012) “*comprende el monto de ingresos que el fisco deja de percibir al otorgar un tratamiento impositivo particular, con el objetivo de beneficiar a determinadas actividades, zonas, contribuyentes o consumos*”. Este concepto es similar al término *Revenue Foregone* que se refiere al monto en el cual los ingresos públicos se incrementarían (disminuirían) si de otro modo ciertas actividades económicas fueran gravadas (o no) a un tipo impositivo normal, en vez de a un tipo impositivo reducido o preferencial.

---

<sup>5</sup> Sobre este aspecto se abundará más adelante en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

<sup>6</sup> Para una explicación más detallada consultar Escribano, Gonzalo (2006) *Seguridad Energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE*.

A la hora de calcular el gasto fiscal o pérdida de recaudación derivada del tratamiento fiscal favorable, Adrian Cooper<sup>7</sup> recomienda seguir los tres pasos siguientes:

1. Identificar los tipos impositivos que graven la categoría del producto en cuestión.
2. Elegir el tipo de gravamen de referencia.
3. Calcular el gasto impositivo: los ingresos fiscales sacrificados calculados como la cantidad del producto que es comprado al tipo impositivo preferencial multiplicado por la diferencia entre el tipo de gravamen de referencia y el preferencial.

Una de las críticas que se puede realizar es que esta metodología no considera que al incrementarse el tipo impositivo variaría significativamente la cantidad comprada dependiendo de la elasticidad de la demanda, por lo que se producirían alteraciones en las preferencias individuales y, por tanto, un cambio en la conducta de los consumidores. En los análisis del apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se realizará el análisis específico para el caso de República Dominicana a partir de las consideraciones indicadas en el mismo.

## **2.2. Fundamentos técnicos de los biocarburantes<sup>8</sup>**

Frente a los biocarburantes existen otras alternativas de abastecimiento para el sector transporte como son los vehículos de hidrógeno y los vehículos eléctricos. El hidrógeno, aunque es un elemento abundante en nuestro planeta, presenta un coste de producción por reformación del metano o por hidrólisis del agua bastante elevado y su extracción es muy intensiva en energía. Existe otra desventaja que es la necesidad de reformar los vehículos y toda la cadena de distribución para hacer viable su utilización; limitación que también está presente en otra alternativa: el vehículo eléctrico.

El vehículo eléctrico está en fase de desarrollo tecnológico existiendo ya algunas marcas comerciales que los ofertan al mercado, pero tiene el inconveniente que precisa de una

---

<sup>7</sup> Es el Director General de Oxford Economics que es una entidad aliada a la Universidad de Oxford que realiza proyecciones y análisis económicos a nivel mundial.

<sup>8</sup> Para una revisión más detallada referirse al Manual Técnico de Uso de Biocarburantes en Motores de Automoción publicado por la Agencia Andaluza de Energía en el año 2009, donde se detallan las especificaciones a partir de ensayos propios y recomendaciones de mantenimiento.

fuerza de energía, o red eléctrica, y su emisión sería la del “*mix energético*” concreto de cada país para la generación de energía eléctrica y recarga de baterías. Por una parte, presentan como desventaja que las baterías para el almacenamiento de la energía son caras (caso de iones de litio) o muy pesadas y retienen menos carga (caso de las de plomo ácido). Por otra parte, tienen una ventaja indiscutible: los vehículos eléctricos dan cero de emisiones contaminantes.

Frente a las modificaciones necesarias para las alternativas mencionadas, según (IDAE, 2006; Dufey y Grieg-Gran, 2010) el biodiesel se puede utilizar en la mayoría de los automóviles sin necesidad de modificaciones importantes de la mezcla entre éste y el diésel, aunque no son recomendables en proporciones al 30%, en especial para motores certificados Euro 5 y siguientes (normativa vigente en la Unión Europea). Para el caso de los motores de combustión por encendido provocado, una mezcla con bioetanol anhidro superior al 10-15% con las gasolinas precisa modificaciones al mismo. Adicionalmente, es utilizado como aditivo a las gasolinas el ETBE<sup>9</sup> para aumentar el nivel de octano pues tiene menor volatilidad y solubilidad, así como una mayor eficiencia térmica y ser menos corrosivo.

No obstante, los biocombustibles de segunda generación –que son los basados en celulosa– ampliarán la producción de los mismos a partir de cualquier tipo de residuo, siendo en estos momentos la tecnología más prometedora la de hidrólisis enzimática. De esta forma, los biocombustibles de segunda generación ayudan a reducir aquellos factores que han despertado numerosas críticas basadas en el uso alternativo de los cultivos (utilización para alimentación o como combustible), ya que los llamados biocombustibles de primera generación compiten con los cultivos alimentarios (AIE, 2010). Sin embargo, todavía hoy los precios de los biocombustibles suponen más del doble que el de las gasolinas, llegando a ser más de cuatro veces en el caso del biodiesel con micro-algas (Moschini et al., 2012).

---

<sup>9</sup> El etil-ter- butil-eter (ETBE) se fabrica a partir de una mezcla de etanol con un hidrocarburo subproducto, que se obtiene de las refinerías conocido como isobutileno, y ha sustituido al MTBE, que es de origen fósil.

Diversos estudios indican que la producción de biocombustibles de segunda generación podría ser utilizada en el futuro en países en vías de desarrollo, con lo que será necesario un incremento de los niveles de tecnología y formas de organización a fin de asegurar la sostenibilidad de la misma junto con la obtención de beneficios medioambientales, económicos y sociales asociados a su producción. Sus análisis señalan que con el aprovechamiento de tan solo el 10% de los residuos forestales y agrícolas a nivel mundial, se podría abastecer hasta el 5% de los requerimientos de combustibles del sector transporte proyectados al año 2030.

Además, cuanto mayor sea el contenido de azufre y la edad promedio del parque vehicular mayor es el beneficio potencial de la introducción de los biocombustibles debido a las emisiones que generan dichos vehículos (Cruells y Ferré, 2012). Esto cobra mayor importancia en países en vías de desarrollo en donde el parque vehicular es más antiguo que el de economías más desarrolladas, a pesar de las modificaciones que necesariamente hay que introducir en los motores existentes para usar biocombustibles.

Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), una mezcla de tan sólo el 1% de biodiesel incrementa la lubricación del motor hasta en un 30% adicional, alargando su vida útil e incrementa la eficiencia de la combustión, aunque pueden darse ciertos efectos de obstrucción de los inyectores, pero si se realizan los mantenimientos correspondientes estas situaciones no son nocivas (Monasterio, 2006). Entre los aspectos positivos del biodiesel está el hecho de que reduce el ruido del motor debido a su mayor viscosidad, no favoreciendo la emisión de CO<sub>2</sub> por su función clorofílica, aunque no neutraliza el resto de los contaminantes. Entre las limitaciones que presenta el biodiesel se encuentran la pérdida de potencia<sup>10</sup> debido a su menor poder calorífico con respecto al diésel convencional, equivalente al 88-95% del diésel fósil (Dufey, 2011), y la corrosión de ciertos materiales

---

<sup>10</sup> Monasterio (2006) estima una pérdida de potencia máxima del orden del 4%, aunque existen importantes discrepancias entre los expertos y los fabricantes de motores.



como el caucho, aspecto este último que ha sido solventado parcialmente por las mejoras introducidas por los fabricantes (Ballesteros)<sup>11</sup>.

En cuanto al bioetanol tiene un menor poder calorífico, estimándose que *“un litro de bioetanol, además de tener un costo de producción mayor, contiene menos energía que un litro de gasolina”*, y esto es porque *“su poder calorífico es del orden de un 40% menor que el de la gasolina, lo que provoca que un vehículo que utiliza E85 consuma del orden de un 30% más de litros que utilizando gasolina, para recorrer el mismo trayecto”* (Monasterio, 2006). Estudios más recientes señalan que un galón de etanol es equivalente a 0,69 galones de gasolina<sup>12</sup> (Moschini et al., 2010) y que un litro de bioetanol contiene energía equivalente al 66% de un litro de gasolina según (Dufey, 2011). Otros aspectos negativos conocidos son las dificultades de la comercialización del bioetanol y la corrosión que provoca en la pintura y otros materiales utilizados en la fabricación de vehículos de transporte. Pese a estos aspectos, el etanol posee claras ventajas: tiene un mayor octanaje (reduciendo los problemas de detonación y aumentando la compresión) que las gasolinas y mejora la prestación del motor al aportar mayor proporción de oxígeno reduciendo la relación aire-combustible.

En términos de eficiencia energética, y únicamente a modo de referencia, se estima que el etanol aporta aproximadamente el doble de energía que la necesaria para su producción mientras que en el caso del biodiesel es el triple (IDAE, 2006) y que; concretamente según *“por cada megajulio de etanol empleado dejan de consumirse 28 megajulios de petróleo”* (López, 2008).

Ahora bien, cualquier análisis comparativo presenta dos hipótesis o restricciones de partida: la selección del porcentaje de mezcla de los carburantes utilizados y las prestaciones de los motores existentes en el mercado a los que se le va a inyectar la mezcla de combustible

---

<sup>11</sup> D<sup>a</sup>. Mercedes Ballesteros es la encargada de la Unidad de Biocarburantes en el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) de España, que amablemente nos recibió a principios del año 2015 y cuya ayuda fue importante para clarificar aspectos de este trabajo.

<sup>12</sup> Sin embargo, este aspecto es bastante controvertido. Por ejemplo, según (AAE, 2009), el balance es equilibrado ya que en mezclas menores a E10 se compensa el menor PCI con el mejor rendimiento. No obstante, en la literatura se encuentran evidencias que confirman que sí existe mayor consumo que las gasolinas para el mismo consumo de masa combustible.

escogida (estado de la tecnología de fabricación en serie). El objetivo es estudiar el incremento de la demanda de combustibles esperado para satisfacer la misma cantidad de kilómetros recorridos por los vehículos.

### 2.2.1. Ventajas e inconvenientes de la producción de los biocombustibles de primera y segunda generación

La siguiente tabla resume algunas ideas generales que reflejan cuáles son las ventajas y los inconvenientes que presentan la producción y el uso de los biocombustibles sobre diversos aspectos, los cuales permitirán posteriormente identificar algunas consideraciones significativas de la relación de los biocombustibles con la economía.

**Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los biocombustibles**

Aspectos	Ventajas	Inconvenientes
Medioambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero por la sustitución de derivados del petróleo.</li> <li>• Reciclaje de aceites vegetales utilizados en la industria alimentaria evitando así la contaminación de aguas.</li> <li>• Mayor capacidad de disolverse en el agua en caso de vertido frente a los derivados del petróleo.</li> <li>• Utilización de tierras productivas sin cultivar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivos desordenados, con degradación del suelo agrícola (baja rotación del suelo y uso de herbicidas y pesticidas) y tala de zonas de bosques (expansión de la frontera agrícola).</li> <li>• Sustitución de cultivos alimentarios por cultivos energéticos.</li> <li>• Incremento de las emisiones de gases por la sustitución de estos suelos agrícolas en caso de que su producción sea intensiva en usos de combustibles.</li> </ul>
Nivel de empleo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de empleo en los sectores agrícola y agroindustriales.</li> <li>• Empleo indirecto por las cadenas de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción a gran escala que desplaza mano de obra por la introducción de procesos</li> </ul>

Aspectos	Ventajas	Inconvenientes
	comercialización.	mecanizados. • Sustitución de trabajadores agrícolas de otras actividades desplazadas.
Economía real	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento del valor agregado agrícola e industrial.</li> <li>• Ahorro de divisas.</li> <li>• Mejora del saldo de la balanza comercial.</li> <li>• Reduce la dependencia de la inflación de shocks externos.</li> <li>• Incrementa la inversión extranjera directa en el aprovechamiento de tierras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La producción debe favorecer a los campesinos rurales, evitando que los grandes terratenientes se apropien de los mercados.</li> <li>• Encarece, en menor o mayor medida, el precio de los alimentos.</li> </ul>
Niveles tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de las capacidades del personal técnico.</li> <li>• Acceso a maquinarias de mayor eficiencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sin recursos financieros o apoyo gubernamental es difícil la adopción de nuevas tecnologías, afectando la biodiversidad.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3. Fundamentos teóricos

La mayoría de los fundamentos teóricos expuestos a continuación están relacionados con uno de los objetivos estratégicos claves que promueve la introducción de biocombustibles en las matrices energéticas de los países: la seguridad energética. Como se ha puesto de manifiesto en la literatura una nueva fuente energética adicional disminuye el riesgo de desabastecimiento y, a largo plazo, incrementa la elasticidad de la demanda de los combustibles con lo que se reduce la volatilidad de los precios al existir un mayor grado de competencia<sup>13</sup> (Pinto, 2008).

<sup>13</sup> Esto nos llevaría a pensar en la teoría de mercados disputables de Baumol, Panzar y Willig (1982) de forma que, en un mercado que opera en condiciones monopólicas, la existencia de ciertas condiciones (no analizadas aquí porque exceden el objeto de este trabajo) llevan a que los oferentes mantengan posiciones

### **2.3.1. Comercio internacional: Modelo ISI**

Como mencionan Krugman y Obstfeld (2006), tras la Segunda Guerra Mundial muchas economías en vías de desarrollo aplicaron la política de industrialización mediante la sustitución de importaciones (ISI), con la finalidad de garantizar la protección de la industria nacional frente a la competencia internacional y así alcanzar el desarrollo económico nacional, esto es, se trataba de “*fomentar la industria nacional mediante la limitación de las importaciones de bienes manufacturados*”<sup>14</sup>. Si bien este tipo de políticas económicas fueron abandonadas en la década de los 70’s dadas las distorsiones que originaban en el funcionamiento del mercado.

No obstante, cabe destacar que para países dependientes de la importación de combustibles fósiles que desean lograr cierto grado de independencia energética, la aplicación de este tipo de políticas orientadas a la producción local de biocombustibles, con fines de sustitución o complementariedad, resulta una propuesta atractiva. Debido a las reglas y la forma en que opera el comercio internacional en la actualidad, la política de sustitución de importaciones no se aplica como en décadas anteriores, sino que los gobiernos establecen leyes que imponen un cierto porcentaje mínimo de sustitución entre los productos nacionales y los importados, en nuestro caso de biocarburantes en las mezclas de los hidrocarburos para el sector transporte.

De todos modos, como menciona Dufey (2011) la intervención pública en materia de subvenciones, exenciones fiscales y demás incentivos resulta crucial para el desarrollo y promoción de la industria local.

### **2.3.2. Clasificación de las fuentes energéticas: bienes sustitutivos**

---

muy cercanas a las de competencia perfecta, con lo cual los precios serían socialmente atractivos. La evidencia empírica no ha permitido demostrar la generalidad de esta teoría aunque sus aportaciones demuestran que en determinados casos la intervención del Estado sobre el mercado es distorsionadora, lo que es aplicable a los mercados de energía por sus características intrínsecas.

<sup>14</sup> Véase más en (Krugman y Obstfeld, 2006) página 263.

Como se ha mencionado anteriormente, los biocarburantes pueden mezclarse con los hidrocarburos, o bien sustituirlos, con ciertas limitaciones derivadas de la evolución tecnológica de los motores y su diseño impuesto por las exigencias de emisiones.

Según la teoría microeconómica, los biocarburantes y los hidrocarburos son bienes sustitutivos: la subida del precio de uno de los bienes provoca un aumento de la demanda del otro, es decir desplazan el consumo parcial o totalmente; en nuestro caso, existe un efecto sustitución claro en el caso de los hidrocarburos hacía los combustibles alternativos. Efectivamente, las fuentes de energía renovables son bienes sustitutivos de los hidrocarburos en la medida en que los períodos de mayores subidas de los precios internacionales del petróleo coinciden con las fases en las que el desarrollo de dichas fuentes ha despertado mayor interés.

Dadas las características del mercado energético, los demandantes tienen muy poco o nulo poder para influir sobre la composición de los hidrocarburos, y en concreto sobre la mezcla de biocarburantes, a la vez de que tampoco cuentan con la información y concienciación suficiente como para propiciar dichas transformaciones. Debido a que la demanda de hidrocarburos es muy poco elástica, su estudio constituye una tarea difícil, como también lo es el desarrollo tecnológico que se requiere.

Se ha identificado que en los países con alto nivel de renta per cápita los biocombustibles son promovidos fundamentalmente como una alternativa para la reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI), mientras que en el resto de países son vistos como una forma de mejorar la seguridad energética junto con la promoción de las exportaciones y del desarrollo rural (Dufey y Grieg-Gran, 2010; Dufey, 2011). Cuestiones que se abordarán en páginas posteriores.

### **2.3.3. Justificación de la imposición sobre combustibles**

La teoría neoclásica ortodoxa justifica la intervención gubernamental porque permite corregir los fallos del mercado y, de esta forma, maximizar el bienestar social. Bajo esta

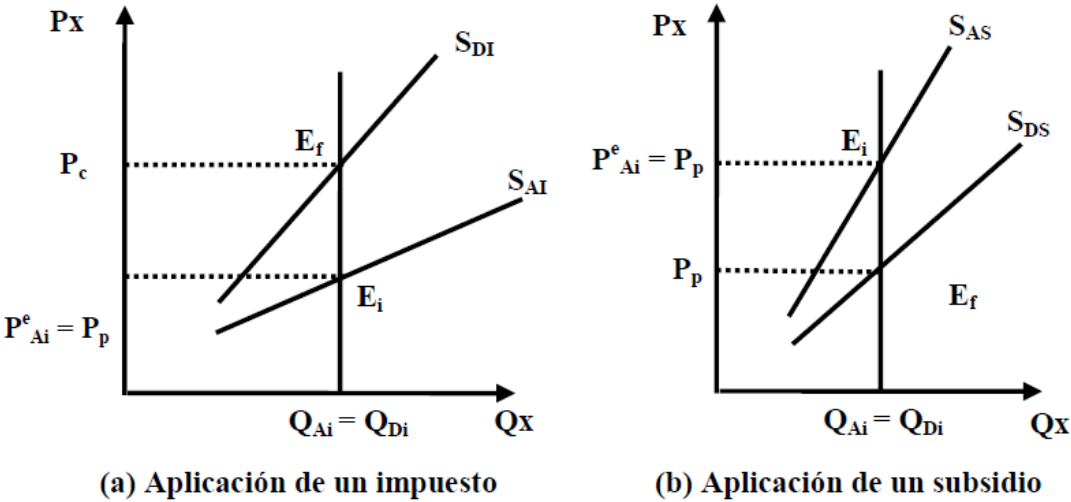
perspectiva, la aplicación de impuestos sobre el consumo de combustibles queda justificada por los efectos nocivos que tiene sobre el medio ambiente, al margen de su carácter recaudador para financiar la oferta de bienes y servicios públicos.

En este apartado se analizarán dos cuestiones fundamentales desde el punto de vista de la Teoría Impositiva: por una parte, los efectos de la aplicación de los impuestos y subsidios sobre el consumo de combustibles y, por otra, los efectos de estas dos medidas de política fiscal sobre la implantación de los biocarburantes.

**2.3.3.1. Efectos de la aplicación de un impuesto y un subsidio sobre el consumo de combustibles**

La evidencia empírica muestra que la demanda de combustibles es bastante inelástica<sup>15</sup>, aunque no totalmente rígida. Sin embargo, a efectos expositivos se asumirá que la misma es perfectamente inelástica de cara a analizar los efectos de la aplicación de un impuesto y un subsidio sobre el consumo de combustibles.

**Gráfico 1 Incidencia económica de un impuesto y de un subsidio en el caso de una demanda perfectamente inelástica**



Fuente: Yáñez (2011).

<sup>15</sup> En el apartado ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se analizará el caso concreto de epública Dominicana como variable importante en el presente estudio.

En el Gráfico 1 anterior se pone de manifiesto que la aplicación de un impuesto o de un subsidio sobre el consumo de combustibles, *ceteris paribus*, no altera ni el nivel de producción ni el de consumo pero sí varía el precio, de forma que el impuesto es absorbido íntegramente por los consumidores al ser la función de demanda de combustibles rígida, es decir, se produce la traslación total del impuesto desde los oferente hacia los consumidores (a). En el caso de un subsidio el oferente sigue recibiendo el precio inicial –el existente antes de aplicarse el subsidio-, pero el precio que paga el consumidor es inferior -cuantía equivalente a la diferencia entre el precio que recibe el oferente y el valor del subsidio- (b).

En los trabajos empíricos realizados sobre países concretos, las estimaciones de la elasticidad de la demanda de combustibles para el transporte muestran que la pendiente de la curva de demanda es bastante inelástica aunque no llega a ser rígida en ningún caso, por lo que se puede concluir que las políticas fiscales (impuestos y/o subsidios) sí tienen efectos sobre incentivos o desincentivos sobre los niveles de consumos.

#### **2.3.3.2. Efectos de la aplicación de créditos fiscales y de la obligatoriedad de introducir un porcentaje de mezcla de biocombustibles**

Sobre la base de la experiencia de Estados Unidos se ha demostrado que la concesión de subvenciones al consumo de etanol con el objetivo de disminuir el consumo de gasolina puede provocar el efecto opuesto (De Gorter y Just, 2008b). En efecto, tanto si se conceden créditos fiscales para el fomento del etanol como combustible como si se obliga a utilizar un determinado porcentaje de etanol mezclado con gasolina, el precio del etanol aumenta y el precio de la gasolina disminuye a menos que la elasticidad de la oferta de los combustibles sea menor que la del etanol.

#### **2.3.4. Relación entre biocombustibles y economía**

Los trabajos que analizan la relación existente entre los biocombustibles y la economía se han orientado principalmente hacia tres líneas de investigación (Ferede et al., 2013):

- Estudiar el impacto de la producción de biocombustibles en el comercio mundial, el crecimiento, la distribución del ingreso y la pobreza, básicamente a través de análisis dinámicos de equilibrio general de carácter cuantitativo. A este respecto, se han encontrado relaciones positivas entre dichas variables cuando no existe competencia con la producción alimentaria o los cultivos tradicionales destinados a la exportación (efectos sustitutivos) y siempre que sean utilizados mecanismos que no penalicen a sectores productivos intensivos en el uso de la energía.
- Analizar el impacto sobre el nivel de empleo e ingreso en el sector agrícola mediante modelos de análisis de equilibrio parcial. En este caso se demuestra que se pueden generar situaciones contrarias ante incrementos de los precios de los alimentos en función de que el país sea exportador o importador neto de productos orgánicos destinados a biomasa. Por otra parte, el tipo de materia prima utilizada puede ser determinante puesto que para ciertos insumos el uso extensivo de tierras puede limitar el nivel de desarrollo rural al estar la propiedad de las mismas en manos de grandes terratenientes.
- Examinar los impactos sobre el nivel de precios de los alimentos debido a la competencia que se introduce entre tierras destinadas a cultivos alimentarios y las destinadas a cultivos con fines energéticos (efecto sustitución). En este aspecto, la evidencia empírica no es concluyente: mientras que unos estudios no encuentran ningún efecto significativo, para otros este impacto es significativo.

Sin embargo, la literatura existente sí parece demostrar que existe un elevado grado de correlación lineal entre el consumo de energía y el producto interno bruto (PIB)<sup>16</sup>. Por ello a continuación se resumen las principales aportaciones sobre la relación entre los biocombustibles y las magnitudes económicas más relevantes<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> Para el caso de la República Dominicana véase Cruz (2014).

<sup>17</sup> Se excluyen de este análisis otras macromagnitudes tales como el nivel de producción, indirectamente el nivel de empleo, inversión extranjera directa y las productividades del factor trabajo en el sector agrícola, que serán desarrolladas en futuras líneas de investigación.



#### **2.3.4.1. Efectos sobre el nivel de pobreza y desarrollo rural**

Como concluyen Peskett et al. (2007), los impactos de los biocombustibles sobre el nivel de pobreza son variados: incremento del nivel de empleo<sup>18</sup>, mayores multiplicadores del crecimiento y efectos sobre los precios de los productos energéticos. Además se resalta el riesgo que implica que los países de la OCDE incrementen significativamente su producción de biocombustibles ya que, al demandar grandes volúmenes de productos orgánicos para su generación, se modifica el uso de la tierra y se altera el destino final de la producción agrícola, lo que ejerce un impacto significativo sobre los niveles de precios de los alimentos a nivel internacional. La subida de los precios de los alimentos al verse reducida su oferta genera efectos negativos sobre el nivel de pobreza de los países con menores rentas y que son importadores netos de combustibles.

No obstante, el tipo de insumo o materia prima utilizada en la producción de biocombustibles tiene diferentes efectos sobre el nivel de pobreza dependiendo de cómo se articule la propiedad de la tierra destinada a los cultivos. Algunos insumos como los del etanol, por ejemplo el caso de la caña de azúcar, precisan de vastas extensiones de terreno cuya propiedad no está en manos de los campesinos sino que pertenece a grandes terratenientes. Por este motivo, como resalta Dufey (2011), es necesario que se aúnen los intereses energéticos junto con los agrícolas y económicos, de forma que se realicen los estudios correspondientes para determinar qué tipo de cultivo es más conveniente dada sus características y los objetivos económicos de largo plazo propuestos por cada países considerando sus condiciones particulares.

Bajo esta perspectiva, pueden existir efectos positivos en las zonas rurales por cuanto se incrementan las posibilidades de introducir mejoras de productividad y la utilización de tierras abandonadas o que no se están explotando; de este modo se puede generar un mayor nivel de empleo en dichas zonas que, al elevar la renta de los residentes en ellas, contribuya a corregir las desigualdades geográficas existentes. Desde el punto de vista fiscal, el

---

<sup>18</sup> Adicionalmente el estudio realizado por la OIT en 2011 *Empleos verdes, hacia un trabajo decente en un mundo sostenible con bajas emisiones de carbono* prevé que el sector de las energías renovables generará 20 millones de puestos de trabajo, el 59% de ellos a partir de los biocombustibles.

balance va a depender, por una parte, del mayor nivel de ingresos impositivos derivados del incremento de dichas actividades, por un lado y, por otra parte, de la cuantía de las subvenciones otorgadas para el desarrollo de los proyectos de biocombustibles, que como se resalta a lo largo de este documento son vitales para su implementación.

La producción de biocombustibles puede crear recursos que propicien una mejora tecnológica (López, 2008). En este sentido puede generar beneficios económicos deseables para la transformación de una parte del tejido productivo, aunque sea a una escala reducida, orientándolo hacia actividades con mayor valor agregado, tal y como necesitan las economías de América Latina y el Caribe. Pero como advierte Pinto (2008) *“si las políticas de promoción son diseñadas bajo el raciocinio de la ganancia, los biocombustibles harán crecer la brecha social y profundizarán el deterioro ecológico en Latinoamérica.”* Con lo que se debe velar que las políticas que se diseñen no olviden los objetivos que persiguen y que las mismas tengan en cuenta que determinados países precisan determinadas transformaciones que beneficien a aquellos que se encuentran más desfavorecidos.

#### **2.3.4.2. Efectos sobre el nivel de inflación**

El precio de los hidrocarburos afecta de forma directa e indirecta al nivel de precios de muchos otros productos ya sea porque son derivados de estos, o porque contienen petróleo en su composición química (como los plásticos), o simplemente porque necesitan combustibles para su transporte. En la medida en que se pueda disminuir esta dependencia se reduce la volatilidad del nivel general de precios ante los shocks externos del petróleo, aliviándose la carga sobre la renta real de los consumidores y, consecuentemente, mejorando su poder de compra y sus posibilidades de ahorro.

Estos efectos son más agudos cuanto mayor sea la dependencia del país a las importaciones de hidrocarburos, más rígida sea la elasticidad de la demanda y menor nivel de desarrollo presente el país. En el caso de los países en vías de desarrollo el peso de los combustibles y los alimentos tienen mayor ponderación en la cesta de consumo que en los países desarrollados (Guinó, 2014; GEP, 2015).

#### **2.3.4.3. Efectos sobre la balanza comercial**

Para los países importadores netos de hidrocarburos, los shocks externos del precio del petróleo representan un factor de inestabilidad que se refleja en los sectores económicos en la medida en que son más intensivos en el uso de la energía. Es por esta razón que esta materia prima afecta la competitividad de muchos sectores productivos, así como al saldo de la balanza comercial cuando su aportación es significativa respecto del resto de las importaciones y, al transferirse el incremento de precios, limita las posibilidades de exportaciones de los países no productores de petróleo.

El saldo de la balanza comercial se puede ver doblemente afectado: reducción de importaciones de combustibles pero también reducción de exportaciones para economías en donde se compite con la producción de alimentos destinados para la exportación, como el caso de los países de América Latina y el Caribe. Esto se confirma con estudios empíricos realizados en varios países, por ejemplo Etiopía, cuya evidencia demuestra que el efecto sobre el tipo de cambio y la balanza comercial es negativo cuando se utilizan para biocombustibles las tierras destinadas a productos tradicionales de exportación, siendo los resultados contrarios cuando se utilizan tierras previamente no explotadas o explotadas con materias primas que no compiten con la producción de estos productos (Ferede et al., 2013).

El argumento anterior también es aplicable en el caso de países que tradicionalmente destinan la producción agrícola al consumo interno, pero al aumentar la demanda internacional de biomasa se convierten en exportadores, mejorando los flujos comerciales con el exterior. Esta transformación puede tener impactos significativos sobre la economía: positivos, entre otros, por la entrada de divisas y los mayores flujos de comercio internacional, o negativos por la sustitución de producción alimentaria y la degradación del medioambiente por las actividades intensivas (asociadas a mayores emisiones y uso del agua). Aunque también tiene efectos sobre los niveles de pobreza, la tasa de empleo y la competitividad por el mayor aporte de la tecnología a los procesos productivos para incrementar la producción ante las demandas externas.

#### **2.3.4.4. Efectos sobre el tipo de cambio**

Se asume que una mejora en la balanza comercial implica ahorros en términos de divisas que son requeridas para mantener el nivel de consumo. Si se mantienen constantes otras variables tales como el crecimiento del PIB que estimula la importación, los cambios en los gustos y preferencias de los consumidores hacia productos extranjeros, los incrementos de los niveles de remesas y de Inversión Extranjera Directa (IED), cabría esperar una apreciación de la moneda en términos reales debido al crecimiento súbito de las divisas asociado a la explotación de recursos orgánicos.

Además, cabe la posibilidad de que se genere el fenómeno conocido como “*enfermedad holandesa*” por la sustitución de la producción y exportación de los productos tradicionalmente destinados a los mercados exteriores. El problema es que la producción de biomasa llega a tener una productividad mucho más elevada que el resto de actividades productivas, por lo que los precios en moneda nacional aumentan y, dado el exceso de divisas existente, resulta relativamente más barato adquirir los bienes en otros países.

### 3. Antecedentes y situación actual de los biocombustibles

Los objetivos regionales de la Unión Europea y Estados Unidos en materia de energía, y en concreto en el tema de biocombustibles, son muy diferentes a los que presenta Latinoamérica, entre otros aspectos por su propia estructura económica, el nivel de desarrollo económico alcanzado y la forma en qué se ha llevado a cabo el mismo. Es preciso, por tanto, considerar ambas realidades separadamente al objeto de describir mejor los fenómenos y necesidades regionales.

Previo a ello, debemos resaltar que *“la geopolítica global de los biocombustibles muestra a la OECD y China como los más importantes demandantes y África, América Latina y el Caribe e India como los potenciales abastecedores”* (Pistonesi et al., 2008).

#### 3.1. Estados Unidos de América

Pinto (2008) señala que *“mientras que en Europa y Estados Unidos de América<sup>19</sup> las políticas de biocombustibles tienen como propósitos más relevantes la disminución de la contaminación atmosférica y la seguridad en el suministro de combustibles para el transporte, el objetivo general en Latinoamérica es la máxima, más confiable y más extensa apropiación social de la energía”*. Refiriéndose al caso de Europa afirma que *“la más alta capacidad de inversión de un porcentaje mayor de la población, los esquemas de redistribución de la riqueza, así como políticas robustas de protección del sector rural, permiten a los europeos diseñar una estrategia de biocombustibles basada en incentivos al negocio sin que la equidad o el equilibrio ambiental corran peligro por la expansión del mercado”*.

En Estados Unidos existen leyes específicas que promueven la introducción de biocombustibles, como son la *Renewable Fuel Standard (RFS)* del *Energy Policy Act* del año 2005 y la *Energy Interdependence and Security Act* del año 2007, que establecen ambiciosos objetivos cuantitativos en cuanto al contenido de biodiesel y etanol que debe

---

<sup>19</sup> A lo largo de este documento haremos mención a dicho país como Estados Unidos o por sus siglas EEUU.

existir en los combustibles destinados al sector transporte. Estas leyes constituyen el desarrollo de la *Energy Tax Act* del año 1978 que promovía, entre otras cosas, los incentivos para la producción de etanol destinados para mezclar con gasolinas. Sin embargo, no es hasta los años 90's cuando la producción de productos orgánicos (básicamente de maíz) se masifica a fin de satisfacer la demanda requerida por la obligatoriedad del porcentaje de mezcla establecido.

Sin embargo, la utilización de mezclas en los combustibles tiene como limitación el estado de la tecnología existente y la adaptación de los motores fabricados en serie, aspectos que deben ser resueltos antes de que sea económicamente viable para producción comercial. Debido a estos impedimentos, ha sido necesaria la aplicación de exenciones fiscales con la finalidad de fomentar la producción de etanol y de biodiesel para su utilización como carburantes. Para el caso del etanol, a partir del programa *Volumetric Ethanol Excise Tax Credit* (VEETC), se estimaban unas necesidades de 9 mil millones de galones de etanol en el año 2008 hasta llegar a 15 mil millones en el año 2015, lo que representaría una exención tributaria del orden de los 4,00 mil millones de dólares y 6,75 mil millones, respectivamente.

Otra de las medidas adoptadas por el gobierno de los Estados Unidos fue imponer un impuesto equivalente a 2,5% sobre el precio del etanol, logrando de esta manera hacer más competitivo al productor local frente a la competencia exterior, limitando las importaciones significativamente<sup>20</sup>: las importaciones antes del año 2006 las importaciones eran, en promedio, cercanas a los 200 millones de galones pero por el incremento del precio del petróleo en el año 2008 (sobre los USD130/bbl) hizo que las importaciones se incrementasen hasta 500 millones de galones. Esto parece sugerir que la competitividad de los biocombustibles se incrementa cuando los precios del barril de petróleo son elevados<sup>21</sup>.

---

<sup>20</sup> Según Gao (2009) se estableció un tope de hasta 7% del consumo de etanol que puede ser exportado hacia EEUU libre de impuestos, siempre y cuando el contenido de las materias primas del mismo sea, como mínimo, de un 50% proveniente de países integrados en la Iniciativa de la Cuenca del Caribe.

<sup>21</sup> Según algunas expertos este fenómeno ocurre cuando el precio llega a situarse entre 70 y 80, e incluso 120 USD/bbl (Gao, 2009 :101; De Gorter y Just, 2008:167; y Dufey, 2011:30).

En el caso de EEUU se ha demostrado que hay posibilidades de seguir incrementando el bienestar social a partir del apoyo explícito a las políticas sobre los biocarburantes (Moschini et al., 2010). Sin embargo, la introducción de impuestos sobre los combustibles tienen un impacto mayor sobre el bienestar social -debido a la disminución de las emisiones contaminantes- que los subsidios asociados a los biocarburantes, ya que estos últimos al tener un menor contenido energético necesitan un incremento del consumo de combustibles a igualdad de rendimiento.

Para ciertos autores se podrían utilizar parcialmente los ingresos fiscales que se generan por los impuestos establecidos sobre los hidrocarburos para subsidiar la producción de biocarburantes, de forma que el efecto combinado del impuesto sobre el carbono y las subvenciones incrementarían sustancialmente la producción de biocarburantes (Timilsina et al., 2011). De todos modos se concluye que los efectos sobre el PIB de este tipo de impuestos son negativos puesto que afectan a las industrias intensivas en el uso de combustibles así como a los agricultores, que son la base para la producción de los biocarburantes.

Es de destacar que a partir de estas políticas EEUU desde el año 2006 se convirtió en el principal productor mundial de etanol, desplazando a Brasil, llegando en el año 2010 a producir el 57,1% del total mundial (Moschini et al., 2012).

### **3.2. Unión Europea**

Una de las principales características diferenciadoras entre Estados Unidos y la Unión Europea es el tipo de biocarburante consumido, el cual está estrechamente vinculado a las características del parque automotor. Mientras que en Estados Unidos predominan los vehículos que utilizan gasolina, en la Unión Europea los vehículos diesel tienen mayor peso, esto significa que en EEUU se utiliza más el etanol (utilizando mezclas de E10 y hasta E85 para los vehículos flexi-fuel a partir de producción de maíz en el medio-oeste) y en la UE el biodiesel.

Tres han sido las directivas fundamentales para el desarrollo de los biocombustibles en la Unión Europea:

- Directiva 2003/30/EC, que establecía una referencia voluntaria del 2% de consumo energético para el año 2005 y del 5,75% a partir del 31 de diciembre de 2010.
- Directiva 2003/96/EC, que provee un marco legal para la aplicación de incentivos fiscales para los biocombustibles.
- Directiva 98/70/EC modificada por 2003/17/EC, que señala un límite de 5% al bioetanol por razones medioambientales.

Actualmente, la meta es lograr alcanzar una participación del 10% de energías renovables en el año 2020, representando los biocombustibles igual porcentaje.

En el caso concreto de España, según López (2008), se consume poco más de 500 millones de barriles/año, pagando una factura superior a 50 mil millones de USD y previendo la Comisión Europea un crecimiento del 1% anual hasta el año 2030. El ahorro de divisas que conllevaría emplear una mezcla de E85 (85% de etanol) de producción local en lugar de hidrocarburos ascendería, por tanto, a más de 42 mil de millones de USD/año. Las limitaciones para un mayor fomento del consumo de los biocombustibles en España están relacionadas, entre otros, con factores tales como la ausencia de planificación integral, existencia de un reducido número de puntos de venta, escaso incentivo para los consumidores, incertidumbre sobre la duración de los mismos y ausencia de normas que regulen las características técnicas para los fabricantes (Lozano, 2009).

Sin embargo, no conviene olvidar que lo importante es producir unos combustibles con un porcentaje de biocombustibles desde la refinería compatible con el estado tecnológico del desarrollo de motores térmicos e implicar a los fabricantes para que los motores desarrollados sean compatibles con dicho porcentaje de mezcla.

La utilización de los biocarburantes como combustibles en el sector del transporte no goza de un consenso unánime, más al contrario existe un fuerte debate entre partidarios y detractores de su uso. Los trabajos realizados por Charles et al. (2013) parecen indicar que,



al menos en los últimos años, los grandes beneficiarios de la política de biocarburantes de la Unión Europea han sido productores de materias primas (o biocombustibles) extranjeros, debido a la necesidad de importación para cumplir con las metas establecidas en las normas Euro; a este respecto, se estima la cuantía del negocio de biocombustibles entre 13-16 miles de millones de euros, de los cuales menos de la mitad correspondieron a productores europeos y el resto a otros productos de Brasil y Pakistán en el caso del bioetanol. Por otra parte, hay que tener en cuenta que las emisiones pueden resultar ser mayores que las ocasionadas por el uso de combustibles fósiles debido a la degradación de las tierras que provoca su explotación intensiva. Otro punto en discusión es que la creación de empleo se ha focalizado mayoritariamente en zonas distintas a las regiones económicamente subdesarrolladas que son las que promueven el desarrollo rural. Otro problema adicional que surge con el uso de los biocombustibles es de carácter técnico: su deficiente combustión en motores que no han sido diseñados para su uso.

Parte de los problemas citados anteriormente se pueden resolver, o al menos suavizar, estableciendo legalmente medidas complementarias, como por ejemplo fijar un máximo de emisiones de los vehículos, lo que exigiría disminuir el consumo de combustibles fósiles y/o adaptar los motores existentes para que obtengan un rendimiento más eficiente con los nuevos biocombustibles. Sin embargo, no se ha impulsado el diseño correcto de motores térmicos compatibles con combustibles que desde la refinería tengan un porcentaje obligatorio de biocombustible. Los expertos consideran que un tope de mezcla de biocarburantes de hasta el 5% podría reducir el riesgo de los encadenamientos entre los mercados de energía y alimentos, estableciendo metas más flexibles que reduzcan la competencia entre las tierras que se dedican a cultivos de productos alimenticios y las que se dedican a cultivos destinados a biomasa.

La experiencia de éxito de los biocarburantes en la Unión Europea ha demostrado que los aspectos claves a tener en cuenta son: 1) la existencia de un compromiso político fuerte que apueste por este tipo de combustible; 2) la implicación de los distintos actores que interviene en el mercado: petroleros, fabricantes y usuarios; 3) la concesión de compensaciones fiscales para reducir la brecha entre los combustibles fósiles y los

biocarburantes; y 4) la estabilidad de los mercados de uso final que garanticen su utilización vía mezclas, como por ejemplo en flotas vehiculares cautivas como las gubernamentales (Van Thuijl y Deurwaarder, 2006).

Según datos de la Unión Europea se estima que la producción de biodiesel y etanol son económicamente rentables a partir de precios del barril de petróleo superiores a los 60 y 90 USD/barril, respectivamente, siendo estos valores similares a los encontrados en el caso de EEUU. Lo que confirma que ante precios inferiores, son necesarias subvenciones e incentivos gubernamentales para su producción e implantación.

### 3.3. América Latina

El uso inicial de biocarburantes en **Brasil** se remonta a las primeras décadas del siglo pasado aunque su desarrollo masivo cobra importancia en el año 1975<sup>22</sup>, cuando se lanzó el Programa Brasileño de Alcohol (PROALCOOL) para la sustitución de gasolinas por bioetanol; en el año 2008 el 89% de los vehículos que se vendieron en Brasil eran "vehículos de combustible flexible (FFV)", que son aquellos que pueden funcionar con más de un tipo de combustible, esto es, con gasolina y una mezcla de gasolina y etanol hasta E85 (85% de etanol y 15% de gasolina sin plomo). Brasil es el único país en que la producción de biocombustibles no recibe ayuda fiscal directa y está destinada en un 50% al mercado interno y 15% para la exportación (Dufey, 2011).

El biodiesel también tiene una cuota importante del mercado brasileño de combustibles aunque relativamente inferior a la del bioetanol, estando cercana al 10% en el año 2010. Los rendimientos y los costes de producción de este tipo de carburante están vinculados a factores tales como condiciones climáticas, disponibilidad de tierra y mano de obra barata, pero, además, a los procesos de I+D por parte del sector público y privado, haciendo que su utilización resulte bastante competitiva.

---

<sup>22</sup> La implantación en el año 1975 no es casual, sino que coincide con la década en que se produjeron los dos shocks petroleros que más impacto tuvieron sobre la economía mundial, y que significó un punto importante para el desarrollo de fuentes de energía alternativa al objeto de disminuir la dependencia de los hidrocarburos.

**Argentina** es otro gran productor de biocarburantes, especialmente de biodiesel obtenido a partir de la soya, puesto que este país es uno de los cinco productores más importantes a nivel mundial; su uso se ha intensificado a partir del año 2008 aprovechando las ventajas que posee relativas a la producción de aceite de soya. No obstante, su agresiva estrategia de inserción en los mercados internacionales ha derivado en una reclamación por dumping por parte de la Unión Europea ante la OMC. El desarrollo de la utilización de biocarburantes en Argentina ha estado basado en incentivos fiscales, siendo primordial la garantía por parte del Estado de la compra de la producción nacional durante los quince años de vigencia de la Ley N°26,093 (año 2006) sobre “Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles”.

En **Colombia** se ha logrado un avance significativo en los últimos años, teniendo una participación importante en el mercado global de bioetanol obtenido a partir de caña de azúcar, aunque es todavía cercana al 1% (Dufey, 2011); en el caso del biodiesel la biomasa se obtiene a partir de palma africana y maíz. En cuanto al mercado interno, en el año 2008 el 70% de los gasóleos de automoción consumidos en Colombia llevaban una mezcla de E10 (10% de etanol), porcentaje que ascendió al 90% a finales del año 2009; a lo largo de los próximos años se estima llegar hasta el 100% con mezclas entre el E8 (8% de etanol) y E10 (10% de etanol). En el caso del biodiesel el 10% de los combustibles tenía una mezcla de B5 (5% de ester metílico u otros) en el año 2008, porcentaje que ascendió al 60% en el año 2009 y, hoy en día, el 45% del gasóleo de automoción lleva mezcla B8 (8%) y el 55% restante B10 (10% de ester metílico u otros) (UPME, 2014). La implantación de biocombustibles fue posible en Colombia por los apoyos del gobierno concedidos a partir del año 2005 a través del Ministerio de Minas y Energía vía exenciones fiscales y créditos blandos, principalmente.

En términos generales se resalta como temas claves a desarrollar para los países de América latina de cara al futuro, entre otros, los siguientes (Dufey, 2011):

- Desde la óptica del mercado: la presencia de los países en los mercados internacionales es aún baja por lo que existen oportunidades de exportación, aunque no inmediatas y con riesgos asociados, con lo cual se debe tomar en consideración

los costos de producción, la capacidad de generar co-productos y el desarrollo de biorefinerías. Igualmente se deben vigilar los mercados de biocarburantes de segunda generación, fortaleciendo la innovación en el sector;

- Desde la óptica del papel del Estado: se debe potenciar el papel que pueden jugar las políticas públicas en el desarrollo de la industria, pero a través de objetivos con instrumentos coherentes y capacidad de implementación adecuada, como es el caso del análisis de costo-eficiencia de incentivos fiscales.
- Desde la óptica medioambiental: en la medida de lo posible antes de implantar cualquier política energética se debe realizar un balance medioambiental, ya que pueden surgir efectos positivos derivados de la reducción de consumo de combustibles fósiles, pero también efectos negativos por uso intensivo de la tierra y del agua para su producción.

#### 4. Análisis de la situación en República Dominicana

República Dominicana es un país insular, que tiene 10 millones de habitantes y un PIB per cápita de 6.480,90 USD en el año 2014; no cuenta con recursos petroleros para comercialización<sup>23</sup> pero sí tiene una demanda de hidrocarburos elevada en el sector del transporte, con un parque vehicular extenso, y en el sector de generación de energía eléctrica, en donde las centrales que operan con Diesel y Fuel Oil representan cerca del 45% del total del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado<sup>24</sup>. Los aspectos anteriores muestran una alta dependencia de la economía dominicana a la importación de petróleo y sus derivados, de manera que la factura petrolera representó en el año 2013 el 7% del PIB a precios constantes y 32% del total de importaciones<sup>25</sup>.

Por el lado de las finanzas públicas, existen varias leyes que regulan la recaudación de impuestos sobre los carburantes, que serán analizadas en apartados siguientes, cuyos ingresos supusieron, como promedio en los últimos ocho años, el 13% de la recaudación impositiva total. Dichos impuestos representan, como promedio en los últimos diez años, el 35% del valor final del galón de gasolina y el 23% del valor final del gasoil; porcentajes que varían según sea el tipo de combustible, su calidad y uso, pero, en cualquier caso, la carga tributaria está cercana a estos valores para usos no subsidiados o subvencionados.

Si bien en el sector de la generación de electricidad se están realizando importantes esfuerzos para redistribuir la matriz de generación, sustituyendo diesel y fuel-oil por gas natural, la penetración de fuentes solares y eólicas junto con las hidroeléctricas representa poco más del 10% de la generación total. El sector de mayor consumo de energía es el de transporte, el cual representó alrededor del 43% del consumo de energía neta en el año 2013<sup>26</sup>. Sin embargo, el gobierno dominicano no está llevando a cabo acciones para

---

<sup>23</sup> En los primeros 50 años del siglo pasado tan sólo se llegó a explotar unos pozos, ubicados en la zona sur del país, con un total de 239.000 barriles de petróleo (equivalente a unos ocho días de refinación según la condición actual de la única refinería operativa del país). Actualmente no existen explotaciones operativas, si bien en el año 2006 se realizó un estudio que determinó el volumen probable de reservas existentes. Para una mayor información puede consultarse <http://www.cne.gov.do/app/do/articulo.aspx?id=2524>

<sup>24</sup> Véase el *Informe Desempeño del Sector Eléctrico* en <http://transparencia.cdeee.gob.do/Informes.aspx>

<sup>25</sup> Según estadísticas del Banco Central de la República Dominicana del año 2013.

<sup>26</sup> Según el Balance Energético Nacional elaborado por la Comisión Nacional de Energía.

aprovechar los recursos locales, como puede ser la disponibilidad de tierras para cultivos con fines energéticos, de manera que se fabriquen biocarburantes que se pueden mezclar con hidrocarburos en porcentajes reducidos. No obstante, este tipo de política energética reduciría la demanda de combustibles fósiles, con el efecto positivo sobre las emisiones, pero también tendrá efectos sobre las importaciones y sobre otras variables macroeconómicas, tal y como quedó reflejado en el apartado 2.3.4.

Las consideraciones anteriores exigen evaluar los impactos económicos de la introducción de la mezcla de biocarburantes sobre la economía nacional de República Dominicana, relacionándolos con los siguientes Ejes y Objetivos de la Estrategia Nacional de Desarrollo y Líneas de Acción<sup>27</sup>:

- **Eje 3:** procura una Economía Sostenible, Integradora y Competitiva, definida como *“Una economía territorial y sectorialmente integrada, innovadora, diversificada, plural, orientada a la calidad y ambientalmente sostenible, que crea y desconcentra la riqueza, genera crecimiento alto y sostenido con equidad y empleo digno, y que aprovecha y potencia las oportunidades del mercado local y se inserta de forma competitiva en la economía global”*.
- **Objetivo General 3.2:** Energía confiable, eficiente y ambientalmente sostenible.
- **Objetivo Específico 3.2.2:** Garantizar un suministro de combustibles confiable, diversificado, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad ambiental.
- **Línea de Acción 3.2.2.4:** Promover la producción local y el uso sostenible de biocombustibles, y en particular en el sector transporte, a fin de reducir la dependencia de las importaciones y las emisiones de gases de efecto invernadero y proteger el medio ambiente.

#### **4.1. Características del sector transporte**

República Dominicana es altamente dependiente de la importación de combustibles, principalmente de los derivados del petróleo, los cuales representan en promedio de poco más del 30% del total de importaciones en los últimos diez años. A lo largo de este período

---

<sup>27</sup> Véase <http://www.minerd.gob.do/sgce/base%20legal%20manual/Ley%20No-1-12.pdf>

de tiempo, y pese a la existencia de incentivos fiscales y alta promoción por parte del Estado para la introducción de fuentes energéticas alternativas, el peso del petróleo sigue siendo superior al 80% del consumo energético nacional.

Esta dependencia se ve reflejada en el sector de transporte que representa cerca del 30% del consumo energético nacional, en el que el peso de los derivados del petróleo -gasolinas, diesel o gasoil y gas licuado de petróleo (GLP)- supone más del 98%, mientras que el resto de fuentes energéticas –gas y electricidad- apenas superaron el 1% en el año 2013. Ello a pesar de que el Metro de Santo Domingo utiliza la electricidad desde el año 2008 y a que se han convertido más de 15.000 unidades de gas natural comprimido desde el inicio de su comercialización en el año 2010.

El caso del gas natural aplicado al sector del transporte constituye un buen ejemplo para comparar el posible comportamiento de la introducción de los biocarburantes, a pesar de los requerimientos técnicos como las transformaciones que deben sufrir los abastecimientos del combustible en el vehículo y las características que deben cumplir las estaciones de servicio.

La experiencia muestra que la tasa de penetración ha sido muy baja respecto de lo esperado pese al atractivo que para los consumidores tiene el ahorro económico que se produce con la sustitución de combustibles, cuya justificación reside, probablemente, en los inconvenientes señalados anteriormente: por una parte, el costo de la necesaria transformación de los motores ya existentes para adaptarlos a los biocarburantes y, por otra parte, a la falta de estaciones de servicio que ofrezcan este tipo de combustible. Es decir, se ha producido una falta de adecuación de la demanda y una insuficiencia en la oferta.

La tasa de penetración de los biocarburantes se puede facilitar forzando su implantación, ya sea por obligación de un porcentaje de mezcla o por elección del consumidor al establecer un precio de venta inferior al de un carburante sin mezcla (subvencionar el precio de los biocombustibles); además, si el porcentaje exigido de la mezcla es bajo se reducen las limitaciones técnicas de los motores.

#### **4.1.1. Parque vehicular**

La tasa de crecimiento promedio del parque vehicular de República Dominicana ha sido del 7,5% en la última década, correspondiendo el mayor incremento al parque de motocicletas con 1,8 millones de unidades (el 53%) en el año 2014. Estas cifras hay que tomarlas con cautela, ya que existe una práctica común en los países en vía de desarrollo, no sólo de América Latina sino también de Asia y África, según la cuál los automóviles que ya no circulan porque han sido parcialmente destruidos, abandonados o desmantelados no se dan de baja en los registros administrativos del parque de vehículos, que en el caso de República Dominicana es la Dirección General de Impuestos Internos (DGII). En consecuencia, y pese a que cada año se importa una gran cantidad de unidades pues no hay producción local, el volumen oficial del parque no se reduce.

De todos modos, según estimaciones realizadas por la Fundación Bariloche y la Comisión Nacional de Energía (2014)<sup>28</sup>, se prevé que el parque vehicular siga creciendo hasta el año 2030 conforme se incremente la población y mejore el nivel socioeconómico del país. Desde el punto de vista económico y ambiental, lo importante es realizar un análisis consistente que ponga de relieve los efectos de la sustitución de combustibles y del cambio en la demanda derivados de la introducción de medidas de eficiencia energética, tales como: el fomento del uso de gas licuado del petróleo, gas natural comprimido o biocombustibles; la utilización de electricidad en la red de metro (actualmente dos líneas con una longitud aproximada de 30 km) o la concienciación de los ciudadanos.

#### **4.1.2. Consumo de combustibles en el sector transporte**

Al analizar el consumo de combustibles en el sector transporte se constatan las consideraciones anteriores, esto es, que el peso de los derivados del petróleo es significativo comparado con otras fuentes energéticas disponibles y de reciente implantación, como es el caso de la electricidad y del gas natural. En el Gráfico 2 se

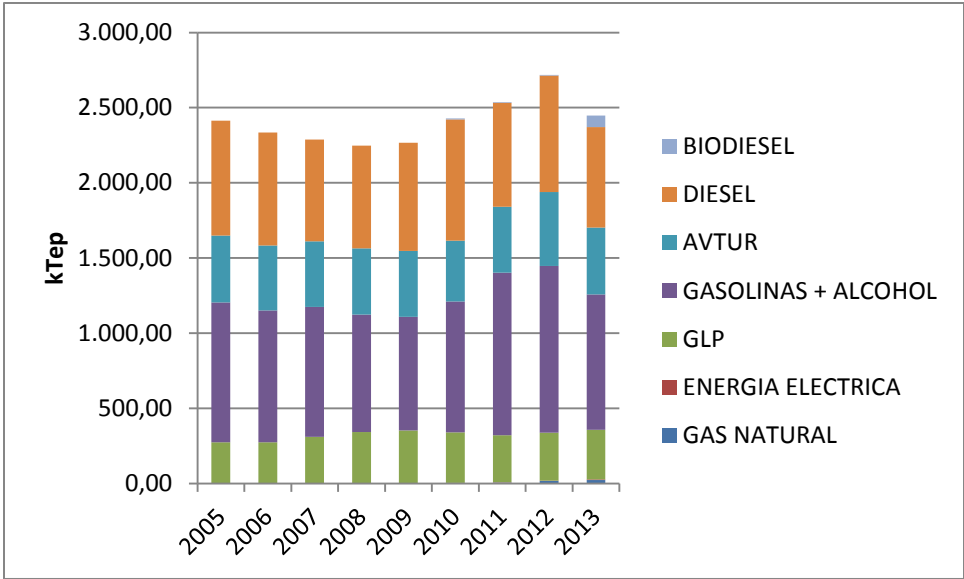
---

<sup>28</sup> Fundación Bariloche es una empresa reconocida en el análisis del sector energético en América Latina la cual colaboró con la Comisión Nacional de Energía para la realización del estudio de Prospectiva de Demanda de Energía de República Dominicana al 2030.



muestra el peso de cada fuente energética en República Dominicana en el Sector del transporte según los balances energéticos; los datos vienen expresados el kilo toneladas equivalentes de petróleo (kTep) e incluyen el consumo de todos los medios de transporte (carretera, ferrocarril y aéreo) al no disponer de estadísticas desglosadas por subsectores

**Gráfico 2 Evolución del consumo de energía del sector de transporte en el período 2005-2013 (kTep)**



Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de la Comisión Nacional de Energía.

Una característica importante de los combustibles es que su elasticidad precio es bastante baja. Sin embargo, y según se refleja en la estructura de consumo, cuando no existen grandes problemas técnicos y económicos para realizar la conversión de los vehículos hacia fuentes energéticas sustitutas, como es el caso entre gasolina y gas licuado del petróleo (GLP) o entre gasolina y gas natural comprimido (GNC), los consumidores optan por este proceso en la búsqueda de ahorros económicos por la diferencia de precios de los carburantes.

A continuación se realiza un análisis de las elasticidades de los combustibles <sup>29</sup> a partir de la información mensual de los carburantes de mayor peso en el mercado dominicano, que son los que, en principio, competirían con los biocarburantes (gasolina y gasoil regular y premium), obviándose por razones de alcance de este trabajo el análisis de las elasticidades cruzadas entre fuentes energéticas.

Los precios están expresados en pesos dominicanos (a partir de ahora RD\$) por galón y representan el precio final del consumidor, que incluye: el precio de paridad de importación, los márgenes de comercialización y los impuestos que se aplican en según el tipo de carburante. Las cantidades vienen expresadas en galones.

Las elasticidades se calculan a partir de la siguiente formulación matemática:

$$\varepsilon_{j,i} = \frac{\Delta q/q}{\Delta p/p} \quad \text{en donde} \quad \Delta q/q = \varepsilon_{j,i} * \Delta p/p \quad \text{que es una aproximación a}$$

$$\log(Q_{j,i}) = f [\log(P_{j,i})]$$

En donde:

$\varepsilon$  = Elasticidad precio de la demanda del combustible j en el período i

$\Delta$  = diferencial de la variable considerada según valor final-valor inicial

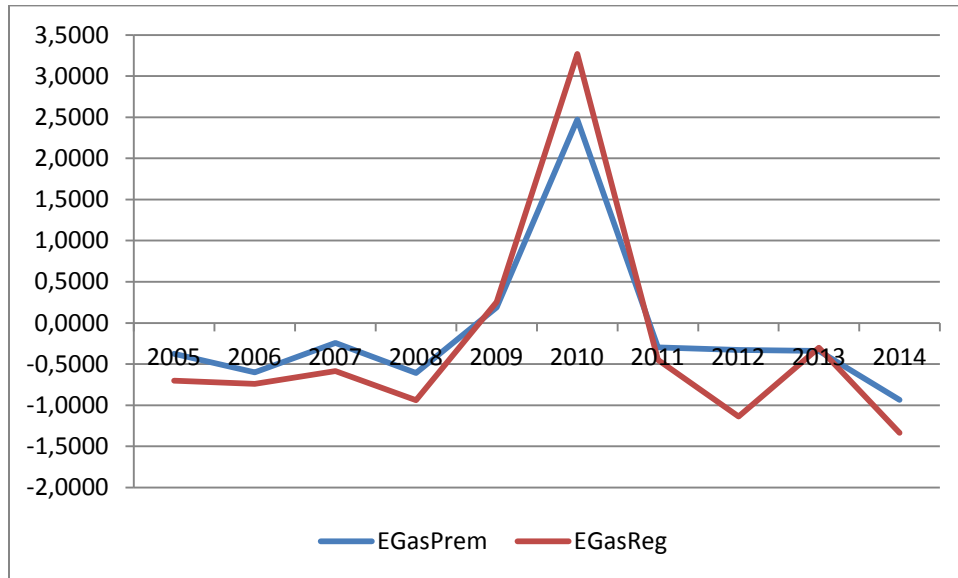
Q = cantidad consumida del combustible j en el período i expresado en galones

P = precio del combustible j en el período i expresado en RD\$/galón

---

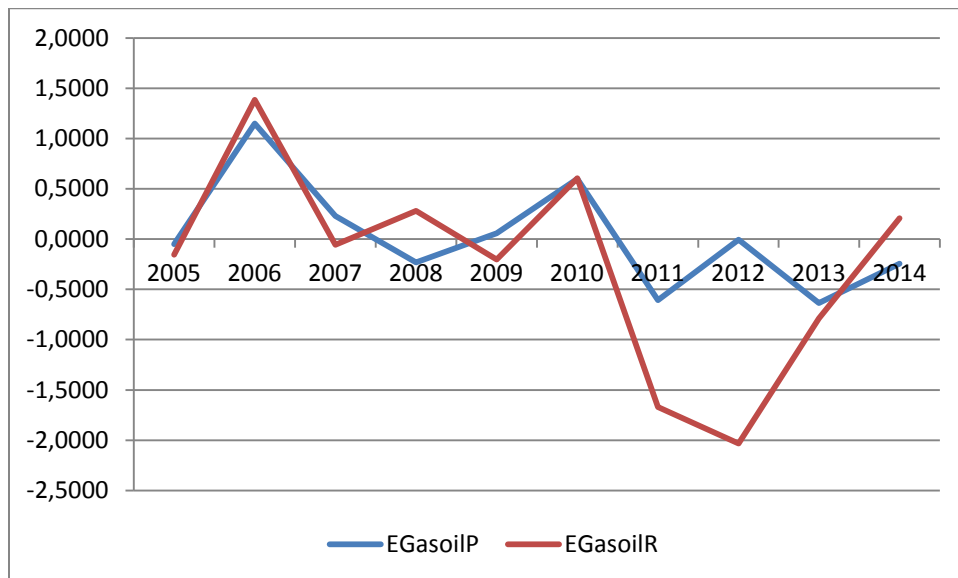
<sup>29</sup> En donde los precios están expresados en RD\$ por galón y representan el precio final del consumidor, incluidos el precio de paridad de importación, los márgenes de comercialización y los impuestos que se aplican según el carburante. Las cantidades están expresadas en galones.

**Gráfico 3 Evolución de las elasticidades de las gasolinas en República Dominicana en el período 2005-2014**



Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas del Ministerio de Industria y Comercio.

**Gráfico 4 Evolución de las elasticidades del gasoil en República Dominicana en el período 2005-2014**



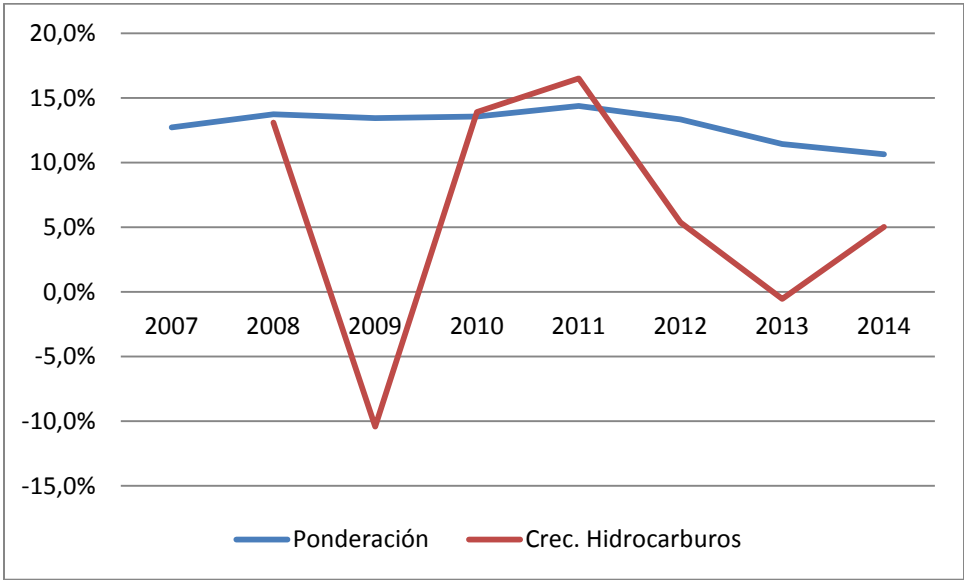
Fuente: Elaboración propia a partir de estadísticas del Ministerio de Industria y Comercio.

En general, las elasticidades de los combustibles varían mucho dependiendo del precio del energético. En momentos de altos precios, como es el caso de los años posteriores a 2008, la baja elasticidad de la demanda de gasolinas se tornó elástica para volver a tener el comportamiento esperado a partir del año 2011. En el caso del gasoil se da una situación un tanto distinta ya que este tipo de combustible presenta un comportamiento más elástico en la mayoría de los años, siendo relativamente menos elástica la demanda del gasoil regular, comportamiento similar a lo que ocurre con las gasolinas.

### 4.1.3. Recaudación fiscal de los hidrocarburos

El análisis de la evolución de la recaudación fiscal de los hidrocarburos se realiza para el período 2007-2014 por causa de disponibilidad de la información proveniente de la DGII. En los últimos ocho años el peso de los hidrocarburos se sitúa, como promedio, en 13% del la recaudación fiscal total; dada la importancia que supone la capacidad recaudatoria de los combustibles, cualquier política que implique una disminución de la misma se verá limitada, caso por ejemplo de exenciones a los biocombustibles.

**Gráfico 5 Evolución del peso relativo de la recaudación fiscal de hidrocarburos en el período 2007-2014**



Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas de la DGII

La caída en la recaudación que se observa a partir del año 2012 no obedece a una disminución significativa de los ingresos impositivos provenientes de los hidrocarburos, sino que se explica por el fuerte crecimiento experimentado en otros tributos, de forma que el denominador (recaudación tributaria total) aumentó en mayor proporción que el numerador (recaudación de hidrocarburos). Mientras que el descenso en el peso relativo reflejado el año 2009 es fruto del incremento de los precios del petróleo en los mercados internacionales que, consecuentemente, originan una disminución del consumo de combustibles.

Hay que tener en cuenta que la recaudación de hidrocarburos aquí reflejada incluye los ingresos fiscales provenientes de todos los hidrocarburos para todos los fines, por lo que cuando se comparen estas cifras con las resultantes del análisis del impacto fiscal de las mezclas de biocarburantes, es lógico asumir que las mismas no coincidan.

#### **4.2. Marco normativo y políticas de fomento a los biocarburantes**

En República Dominicana las primeras regulaciones sobre los combustibles en el sector transporte se remontan a mediados del siglo pasado con la Ley No. 2071, del año 1949, y el Decreto 566-05, que se refiere al Reglamento de requisitos técnicos y de seguridad relativos a las mezclas de gasolinas con alcoholes desnaturalizados. Además, la Ley de Hidrocarburos No. 112-00 establece el mecanismo de regulación de los combustibles mientras que en la Ley No. 57-07, sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales, detallan los incentivos a los biocombustibles. Otras leyes específicas de carácter impositivo que gravan los combustibles son: Ley No.557-05, del Impuesto selectivo Ad Valorem sobre hidrocarburos, y la Ley No. 495-06, que adiciona un impuesto a los combustibles fósiles.

### 4.2.1. Marco Normativo

A continuación se exponen brevemente cuáles son los principales aspectos normativos que regulan los biocombustibles en República Dominicana.

- **Ley No. 2071**, establece la autorización para realizar mezclas de gasolina con alcohol anhidro en las proporciones que determine el poder ejecutivo. Concretamente, se llegaron a establecer niveles entre el 15% y 30% debido a la escasez de combustibles a la que se enfrentó el país en el año 1949. El resultado fue el aumento de la producción de etanol a partir de caña de azúcar, actividad que cesó al cabo de un año al desaparecer el problema de escasez.
- **Decreto 566-05**, desarrolla la Ley anterior, y regula los requisitos técnicos y de seguridad para la importación, producción, almacenamiento, distribución y plantas o puntos de mezcla de expendio de alcoholes carburantes desnaturalizados con las gasolinas. Establece un registro público obligatorio para la industrialización y comercialización de alcoholes carburantes desnaturalizados y gasolinas oxigenadas. Fija el volumen máximo a mezclar de etanol anhidro con gasolinas a 15°C en el 40%. Se impone la obligación a los comercializadores de mantener un stock como mínimo de 10 días de abastecimiento para cubrir la demanda.
- **Ley 112-00**, establece los impuestos vinculados con los hidrocarburos, que serán objeto de indexación periódica. Se autoriza al Poder Ejecutivo a aplicar subsidios al consumo del gas licuado del petróleo (GLP), así como a destinar el 5% de la recaudación de dichos tributos a la promoción de proyectos de energía alternativa, renovable o limpia y programas de ahorro de energía.
- **Ley 57-07**, identifica los incentivos a aplicar para promover las energías renovables. En el artículo 22 y siguientes del Capítulo V “Régimen Especial de Los Biocombustibles” se instituye el régimen especial para el uso de biocombustibles, se determina el marco de los incentivos fiscales, el régimen retributivo o la metodología de cálculo de los precios de los biocombustibles, el porcentaje de mezcla (obligatorio mientras que el volumen de producción local de

biocombustibles no sobrepase el 10% del consumo nacional) y los aspectos que deben ser regulados reglamentariamente para hacer viable la aplicación de la Ley.

Se establecen dos mecanismos de fijación de precios:

- A los productores se fijarán según oferta y demanda con el siguiente tope:

$$PBioC = \frac{PIBc + PPI}{2} \pm c$$

En donde:

PBIOC = Precio final de biocombustible local

PIBc = Precio del mercado internacional del biocombustible en cuestión

PPI = Precio paridad de importación local

C = Canon o prima de compensación del biocombustible

- A los consumidores se fijarán igual que en el resto de carburantes, pero en vez de considerar el precio paridad de importación local (PPI) se utilizará el precio final de biocombustible local (PBIOC), sin incluir en el precio el diferencial de la alícuota correspondiente del carburante fósil sustituido ni tampoco los costos asociados a la importación.

$$PvCm = PCf\% + PBc\%$$

En donde:

PvCm = precio de venta oficial de la unidad de volumen del combustible mezclado.

PCf% = Precio oficial de venta del hidrocarburo, según porcentaje del mismo en la unidad de volumen del ya mezclado.

PBc% = Precio oficial del biocarburante, según porcentaje del mismo en la unidad de volumen del ya mezclado.

- **Ley 103-13**, tiene por objetivo promover el uso de vehículos que no contaminen el medio ambiente y reducir los niveles de contaminación ambiental ocasionada por las emisiones de los vehículos de motor que funcionan con combustibles fósiles. Se persigue fomentar los vehículos eléctricos, híbrido-eléctrico, gas natural, con motor

de hidrógeno y de aire comprimido, de cara a diversificar el parque vehicular dada la alta dependencia actual del mismo a los combustibles fósiles importados.

- **Otras leyes de carácter impositivo**

Adicional a la Ley 112-00 que se ha mencionado que es de carácter impositivo, existen otras Leyes que recaen de manera específica los hidrocarburos y que constituyen una fuente de recaudación importante para el Estado.

- a) **Ley 557-05**, que grava los combustibles con impuestos específicos Ad-Valorem a un tipo impositivo del 13%, estableciendo exenciones cuando los mismos son utilizados con fines de generación de energía eléctrica.
- b) **Ley 495-06**, que grava los combustibles con un impuesto Ad-Valorem a un tipo impositivo del 16% y establece un impuesto adicional por tipo de combustible.

#### **4.2.2. Puntos a considerar en la política de biocombustibles**

El presente estudio tiene como objetivo analizar los efectos que la política fiscal tiene sobre los biocarburantes, y en particular en República Dominicana, efectos que no se pueden aislar del resto de la economía. Por ello, como señalan Ajila y Chiliquinga (2007) “*se considera que la elaboración de una ley sobre biocombustibles debe estar precedida por un estudio exhaustivo de factibilidad sobre los principales escenarios donde tendrá incidencia la nueva ley, tales como el económico, energético, ambiental, agrícola, social y el escenario jurídico*”, sin olvidar los aspectos técnicos.

En relación con la evolución del uso de combustibles, cabe resaltar que los países han pasado de un enfoque de subsidios y subvenciones a objetivos basados en cuotas de penetración. En términos generales, a medida que la producción ha ido aumentando, los gobiernos han ido aplicando políticas para incentivar los biocarburantes mediante combinaciones de fijación de obligaciones, subsidios directos, exenciones fiscales y especificaciones técnicas para la producción, comercialización y uso final de los biocombustibles.



Sin embargo, una buena planificación fiscal requiere que las políticas y marcos políticos sean adecuados y consistentes para responder al objetivo que se propuso y al espacio-tiempo en que se aplican las normas; además, debe tener la flexibilidad suficiente para poder modificar aquellas políticas que se demuestra que son ineficientes y promover el uso de tecnologías avanzadas menos contaminantes: La coordinación de las distintas políticas económicas y la coordinación institucional, junto con el fortalecimiento de la disponibilidad de información estadística son requisitos prioritarios a alcanzar.

### **4.3. Impactos tributarios de los biocombustibles (gasto tributario)**

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) propone, como medida mínima, una serie de indicadores (con mediciones estáticas o dinámicas) que resulta conveniente tener en consideración en el momento de evaluar los impactos que tiene la introducción y evolución de los biocombustibles en cada país, en función de las características de la dimensión evaluada.

#### **A. Dimensión energética:**

- Proporción de la importación de gasolina y diésel respecto del total de bienes importados (% según cuantía de \$).

#### **B. Dimensión agrícola:**

- Ponderación de la producción de biocombustibles en el valor agregado sectorial (% según cuantía de \$).
- Proporción de tierra destinada a cultivos de biocombustibles respecto al total agrícola (% de hectáreas).
- Rendimiento por tipo de cultivo para la producción de biocombustibles (litros por hectáreas).

#### **C. Dimensión macroeconómica:**

- Efecto neto en la balanza comercial por la sustitución de importación de combustibles (cuantía de \$).
- Efecto neto en los ingresos o gastos fiscales (cuantía de \$).

D. Dimensión social:

- Promedio del nivel de salario de los productores de materias primas para biocombustibles como proporción del salario promedio del sector rural (%).
- Nivel de empleo en la producción de biocombustibles respecto al total (personas empleadas).

Dado el alcance de este trabajo solo se tendrán en cuenta los dos factores principales siguientes:

1. **Ingresos fiscales no percibidos**<sup>30</sup>: que mide la disminución en la recaudación de los impuestos que gravan la venta de hidrocarburos a partir de la sustitución de un porcentaje determinado de gasolina o gasoil (diésel) por el biocarburante correspondiente (etanol, éteres líquidos u otros). Se determina analizando los distintos consumos, gravámenes y precios de venta al consumidor según se trate de combustible premium o regular.

$$IFNP_{RD\$,j} = \sum_n^i CNC_{i,j} * \%TC_{i,j} * PVF_{i,j} * \%T_{i,j}$$

En donde:

IFNP = Ingresos fiscales no percibidos en RD\$ en el momento (año) j.

CNC = Combustible no consumido del tipo i en el momento j; el cual se determina como el volumen requerido del biocarburante en cuestión según el porcentaje de mezcla analizado según el contenido energético<sup>31</sup> comparado con el carburante a desplazar que mantiene la demanda de combustible por parte de los consumidores invariable.

%TC = Porcentaje del tipo de combustible i según sea premium o regular en el momento j.

PVF = Precio de venta al consumidor final para el combustible i en el momento j.

%T = Porcentaje de impuestos sobre el PVF del combustible i en el momento j.

---

<sup>30</sup> En la clasificación anterior este concepto responde al “*efecto neto en los ingresos o gastos fiscales*”, no así al “*efecto neto total*” ya que no se analizan otras fuentes de ingresos o gastos fiscales asociados con las actividades de la cadena de producción y comercialización de la mezcla.

<sup>31</sup> Como ya se indicó anteriormente, sobre la base de Dufey (2011) se consideró un 66% para el bioetanol y un 88% para el biodiesel.

2. **Superficie de tierra requerida para satisfacer la demanda de biocarburantes**<sup>32</sup>: que se calcula según el rendimiento promedio de las materias primas utilizadas para la producción de biocarburantes y el volumen del biocarburante requerido para mantener el nivel de consumo invariable respecto a la situación sin mezcla. Además, se estima la disponibilidad de tierras con fines de producción de biocarburantes con respecto a las requeridas. Las materias primas y sus rendimientos que vienen dados por<sup>33</sup>:
- Bioetanol: según el rendimiento de 2,378 galones/hectáreas/año de caña de azúcar.
  - Biodiesel: según el rendimiento de 412 galones/hectáreas/año de jatropha curca.

#### **4.3.1. Análisis de ingresos fiscales no percibidos**

Al considerar los factores contemplados en la definición de este indicador, y considerando la tasa de cambio promedio de venta anual, se puede determinar que el impacto de las diferentes mezclas para bioetanol y biodiesel es relativamente bajo. Así, aun cuando disminuye el consumo de los hidrocarburos, como el contenido energético de los biocombustibles es menor, aumentará su consumo para satisfacer los requerimientos energéticos iniciales.

#### **Bioetanol**

Se han realizado los cálculos considerando cuatro escenarios distintos de mezclas: 2,5%, 5,0%, 7,5% y 10,0% (porcentajes de etanol), estimándose para el año 2014 que el porcentaje de recaudación no percibida al sustituir la gasolina por el etanol varía entre el 2,37% en el caso de mezcla al 2,5% y el 9,48% en el caso de mezcla al 10%. La Tabla 2

---

<sup>32</sup> El cual es una aproximación a "Proporción de tierra destinada a cultivos de biocombustibles respecto al total agrícola".

<sup>33</sup> Según informaciones del Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2007) y utilizando dichas materias primas como insumos para la producción de los biocarburantes, teniendo pendiente que ha existido críticas para por ejemplo la Jatropha Curca pero de todos modos resulta ser un ejemplo ilustrativo de valor analítico, pues la misma no puede ser descartada.

recoge las estimaciones efectuadas para las distintas mezclas en el período comprendido entre el año 2005 y el año 2014.

**Tabla 2 Ingresos fiscales no percibidos del bioetanol**  
(millones de dólares y porcentajes respecto de la recaudación estimada)

Años	IFNP en millones de USD				% respecto de la recaudación estimada			
	2,50%	5,00%	7,50%	10,00%	2,50%	5,00%	7,50%	10,00%
2005	5.547	11.093	16.640	22.186	1,65%	3,30%	4,95%	6,60%
2006	6.785	13.571	20.356	27.141	1,81%	3,62%	5,44%	7,25%
2007	8.085	16.170	24.255	32.340	1,81%	3,61%	5,42%	7,22%
2008	8.085	16.169	24.254	32.339	1,88%	3,76%	5,64%	7,52%
2009	8.318	16.635	24.953	33.270	1,96%	3,92%	5,88%	7,83%
2010	9.312	18.625	27.937	37.250	2,01%	4,01%	6,02%	8,02%
2011	11.077	22.153	33.230	44.307	2,07%	4,15%	6,22%	8,30%
2012	12.208	24.417	36.625	48.834	2,14%	4,28%	6,42%	8,56%
2013	12.671	25.343	38.014	50.686	2,28%	4,55%	6,83%	9,10%
2014	13.362	26.725	40.087	53.449	2,37%	4,74%	7,11%	9,48%

### **Biodiesel**

La Tabla 3 siguiente muestra el desglose en el caso del biodiesel para los mismos tipos de mezcla y período que en el caso del bioetanol. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que en el año 2014 la pérdida de ingresos tributarios de estos carburantes oscila entre el 3,16% y el 12,65% para las mezclas del 2,5% y 10%, respectivamente. En todo caso, la pérdida de ingresos podría ser mayor en el biodiesel debido a que se desplaza una mayor proporción de gasoil (diesel) puesto que el contenido energético del biodiesel es superior al del bioetanol bajo los supuestos considerados.

**Tabla 3 Ingresos fiscales no percibidos del biodiesel**

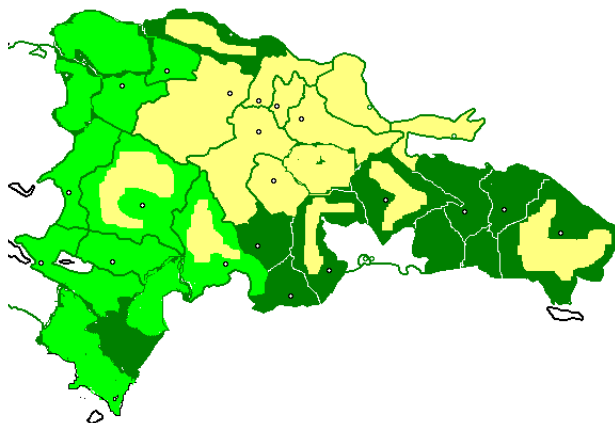
(millones de dólares y porcentajes respecto de la recaudación estimada)

Años	IFNP en millones de USD				% respecto a las recaudaciones estimadas			
	2,50%	5,00%	7,50%	10,00%	2,50%	5,00%	7,50%	10,00%
2005	2.659	5.317	7.976	10.635	2,20%	4,40%	6,60%	8,80%
2006	4.464	8.929	13.393	17.857	2,42%	4,83%	7,25%	9,66%
2007	5.468	10.936	16.405	21.873	2,41%	4,82%	7,22%	9,63%
2008	8.007	16.014	24.021	32.029	2,51%	5,01%	7,52%	10,03%
2009	5.645	11.290	16.935	22.580	2,61%	5,22%	7,83%	10,45%
2010	6.027	12.053	18.080	24.107	2,67%	5,35%	8,02%	10,70%
2011	6.921	13.842	20.763	27.683	2,77%	5,53%	8,30%	11,06%
2012	6.872	13.745	20.617	27.490	2,85%	5,71%	8,56%	11,42%
2013	6.187	12.374	18.562	24.749	3,03%	6,07%	9,10%	12,14%
2014	6.263	12.525	18.788	25.051	3,16%	6,32%	9,48%	12,65%

#### 4.3.2. Tierra requerida para producción de biocarburantes

El total nacional de tierra cultivable en República Dominicana asciende a 4.251.505 hectáreas (Ha), de las cuáles únicamente 659,351 Ha se encuentran sembradas, lo que equivalente al 16%. Del 84% de la superficie disponible, 200.000 Ha pueden destinarse a la producción de bioetanol y 427.000 a la producción de biodiesel sin competir con las necesidades de cultivos alimentarios ni de reservas forestales (Gómez, 2010; Rivas, 2012).

**Gráfico 6 Zonas potenciales productoras de biomasa para biocarburantes**



Fuente: Gómez, 2010.

## Gráfico 7 Ubicación de las explotaciones de caña de azúcar en República Dominicana



Fuente: Rivas, 2012.

El Gráfico 7 muestra la ubicación geográfica de las explotaciones agrícolas de caña de azúcar existentes en República Dominicana; la capacidad de molienda diaria total es de 58.900 toneladas de caña de azúcar para estos quince ingenios, aunque no todos están activos actualmente.

En la Tabla 4 se muestran las hectáreas necesarias para satisfacer la demanda de biocombustibles según los cuatro escenarios considerados de mezclas. Los requerimientos de tierras necesarios para producir biocombustibles son del orden de 12.785 hectáreas para el caso del bioetanol y de 81.054 hectáreas para el biodiesel en un escenario de mezcla del de 10%, por lo que existe disponibilidad de tierras para satisfacer la demanda de cultivos que exigirían los biocombustibles; concretamente, se ocuparían tan solo el 6,4% y 19,0% de las tierras disponibles en los casos de bioetanol y biodiesel, respectivamente.

**Tabla 4 Requerimientos de hectáreas para satisfacer la demanda de biocarburantes**

<b>Bioetanol</b>	<b>2.5%</b>	<b>5.0%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10.0%</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>2.5%</b>	<b>5.0%</b>	<b>7.5%</b>	<b>10.0%</b>
2005	3196.29	6392.58	9588.87	12785.17	2005	20263.66	40527.33	60790.99	81054.65
2006	3003.10	6006.21	9009.31	12012.42	2006	19000.20	38000.40	57000.59	76000.79
2007	2910.92	5821.83	8732.75	11643.67	2007	15812.09	31624.19	47436.28	63248.37
2008	2706.32	5412.63	8118.95	10825.27	2008	19623.40	39246.79	58870.19	78493.58
2009	3018.57	6037.15	9055.72	12074.29	2009	16453.34	32906.69	49360.03	65813.37
2010	3147.15	6294.31	9441.46	12588.61	2010	15705.00	31410.00	47115.00	62820.00
2011	3064.18	6128.37	9192.55	12256.73	2011	14104.86	28209.73	42314.59	56419.45
2012	3067.10	6134.20	9201.30	12268.40	2012	12791.28	25582.56	38373.84	51165.12
2013	3006.25	6012.50	9018.75	12025.00	2013	10978.00	21956.00	32934.00	43911.99
2014	3081.13	6162.25	9243.38	12324.51	2014	10767.02	21534.03	32301.05	43068.07

## 5. Conclusiones y recomendaciones

Se ha demostrado que desde el punto de vista teórico es posible sustituir una parte de los hidrocarburos por biocarburantes, que pueden ser importados o bien producidos localmente. Para el caso de República Dominicana, y teniendo en cuenta los niveles de consumo de la última década, queda demostrado que existe disponibilidad de tierras agrícolas para destinarlas al cultivo de biomasa que no compiten con tierras destinadas al cultivo de productos alimentarios, por lo que se podrían cumplir los requerimientos de producción de biocarburantes localmente. No obstante, existen dudas sobre los impactos que dicha política podría tener a nivel económico; en concreto, se observa una disminución de la recaudación tributaria que, en términos relativos, es mayor en el caso del diesel, debido al mayor contenido energético del biodiesel que desplaza un mayor volumen para lograr unos niveles de mezcla considerados, dado un nivel de consumo histórico.

En el caso de que República Dominicana decida producir biocarburantes con la finalidad de exportarlos a otros mercados deficitarios, como es el caso de Unión Europea y Estados Unidos, se debe impulsar una política de desarrollo tecnológico que incorpore mejoras de eficiencia y una política socioeconómica que promuevan un desarrollo rural. De otra manera, al margen de los aspectos medioambientales, los beneficios de impulsar la producción de biocarburantes seguirán concentrados en pocos individuos y los objetivos se alcanzarían sólo a medias.

Este tipo de políticas requieren períodos de tiempo suficiente largos para poder evaluar sus impactos reales. De todos modos, es preciso llevar un sistema de control y seguimiento constante que vaya analizando la evolución a lo largo del tiempo de la medida de política energética implantada, a fin de poder corregir las desviaciones detectadas. Para ello es necesario mantener registros estadísticos actualizados y completos que, además permitan comparar las variaciones de las magnitudes macroeconómicas señaladas a lo largo de este trabajo.



Asimismo, se ha puesto de manifiesto que a los denominados combustibles de segunda generación les quedan, al menos, una década de desarrollo I+D hasta que sean económicamente factibles para su producción comercial. En este sentido, sería recomendable que República Dominicana participe en estos procesos mediante la formación técnica de profesionales y la cooperación con países que estén desarrollando innovaciones tecnológicas.

No menos importante es indicar que pese a que en este trabajo se han analizado únicamente los impactos fiscales derivados de la mezcla con biocombustibles, se deben realizar análisis actualizados de las potencialidades de la producción de biomasa con las distintas materias primas existentes en el país en términos de eficiencia, lo que exige considerar aspectos tales como las condiciones climatológicas, el aprovechamiento de terrenos no aptos para la producción de alimentos y de residuos agrícolas y forestales, entre otros que ya han sido comentados en apartados anteriores.

Los incentivos fiscales a la promoción de los biocombustibles (exenciones/subvenciones) deben ser analizados de forma muy cuidadosa frente a los ingresos impositivos que el Estado dejará de percibir por la sustitución de las mezclas de biocombustibles. Si bien existe una amplia evidencia empírica de que la producción de biocombustibles es rentable sólo a través de incentivos gubernamentales (pudiéndose excluir el caso de Brasil), también existen numerosas evidencias de que los impactos fiscales pueden ser muy nocivos y conllevar a incrementos en el consumo de combustibles fósiles cuando se introducen mezclas en porcentajes importantes (como en el caso de Estados Unidos de América).

Se debe tener cuidado de que si se imponen en la normativas una cantidad de mezcla específica -por ejemplo E10 y B5-, se disponga de previsiones suficientes en cuanto a proyecciones de la demanda futura de combustibles y de la capacidad de producción del país, pues de otro modo serán necesarias importaciones de biocombustibles, y ello puede incrementar la vulnerabilidad del país en el caso de que se impongan sanciones por no cumplir las mezclas fijadas en la normativa.

Existe evidencia de que para que se promueva la implantación de biocombustibles es mejor establecer obligatoriamente un porcentaje de mezcla que conceder subsidios o cualquier otro mecanismo de reducción del precio de los biocombustibles. Las gráficas recogidas en la revisión teórica muestran que la combinación de porcentaje fijo de mezcla e incentivos fiscales es contraproducente en términos de los objetivos de política trazados; como concluyen De Gorter y Just (2008) para el caso del etanol, la eficiencia exige establecer criterios de mezcla de combustibles y eliminar los créditos fiscales a la producción y el consumo. Además, los estudios empíricos parecen apuntar, aunque no existe unanimidad, que con los incentivos fiscales existe una transferencia directa de las variaciones del petróleo sobre el precio del maíz, transferencia que no se da cuando se impone un porcentaje de mezcla determinado.

En este trabajo queda demostrado que es preciso el desarrollo de un marco normativo que asegure la promoción del uso de biocarburantes y que recoja las buenas prácticas en materia energética de otras leyes a nivel nacional. Además, y en vista de que los biocarburantes tienen contenidos energéticos inferiores a los combustibles derivados del petróleo, se debe elegir la mezcla de combustibles más adecuada y asegurar su producción en función de la estimación de las necesidades futuras.

Una política de impulso a la utilización de biocombustibles en el sector del transporte requiere, en primer lugar, analizar el estado del parque automovilístico actual (antigüedad, tipo de motor, rendimientos, etc.) y, en segundo lugar, estudiar la incidencia del uso de biocombustibles sobre los motores existentes. La incidencia debe ser analizada de una doble forma: primero, cuál es el porcentaje máximo de mezcla admisible que pueden soportar dichos motores para que no disminuya su vida útil y, segundo, los rendimientos del nuevo combustible que pueden provocar aumentos de consumo, lo que afectaría al coste de los combustibles y, por extensión, a los ingresos fiscales.

## 6. Bibliografía

- Agencia Andaluza de la Energía, AAE (2009). *Manual técnico de uso de biocarburantes en motores de automoción*. Ediciones La Meseta. España.
- Agencia Internacional de Energía, AIE (2007). *Manual de Estadísticas Energéticas*. Publicaciones de la OCDE. Francia.
- Agencia Internacional de Energía, AIE (2010). *Sustainable Production of Second-Generation Biofuels: Potential and perspectives in major economies and developing countries*. Publicaciones de la OCDE. Francia.
- Ajila, V. y Chilingua, B. (2007). *Análisis de la Legislación sobre Biocombustibles en América Latina*. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE). Ecuador.
- Alexander, C. y Sadiku, M. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Tercera Edición. Editora McGraw-Hill. México.
- Bhattacharyya, S. (2011). *Energy economics: concepts, issues, markets and Governance*. Springer-Verlag London Limited. Inglaterra.
- Çengel, Y. y Boles, M. (2009). *Termodinámica*. Sexta Edición. Editora McGraw-Hill. México.
- Charles, C., Gerasimchuk, I., Bridle, R., Moerenhout, T., Asmelash, E. y Laan, T. (2013). *Biofuels – At What Cost? A Review of Cost and Benefits of EU Biofuel Policies*. International Institute for Sustainable Development. Inglaterra.
- Cruells, H. y Ferré, E. (2012). *Incentivos Fiscales y Energías Renovables*. Revista de Administración Tributaria CIAT/AEAT/IEF No.34. Argentina.
- Cruz, F. (2014). *Relación de largo plazo entre el Producto Interno Bruto y el Consumo de Energía Eléctrica de República Dominicana (1991-2011)*. Comisión Nacional de Energía. República Dominicana.
- De Gorter, H. y Just, D (2008). *Reshaping American Agriculture to Meet its Biofuel and Biopolymer Roles*. National Agricultural Biotechnology Council, p157-169. Estados Unidos de América.
- Dufey, A. (2006). *Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues*. International Institute for Environment and Development. Inglaterra.
- Dufey, A. y Grieg-Gran, M. (Editoras) (2010). *Biofuels production, trade and sustainable development*. International Institute for Environment and Development. Inglaterra.
- Dufey, A. (2011). *Estudio Regional sobre Economía de los Biocombustibles 2010: temas claves para los países de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Chile.
- Escribano, G. (2006). *Seguridad Energética: concepto, escenarios e implicaciones para España y la UE*. Real Instituto Elcano. España.

- Federe, T., Gebreegziabher, Z., Mekonnen, A., Guta, F., Levin, J. y Köhlin, G. (2012). *Biofuels, Economic Growth and the External Sector in Ethiopia: A Computable General Equilibrium Analysis*. Environment for Development DP 13-08. Etiopía.
- Fernández, J., Lucas, H. y Ballesteros, M. (2007). *Energías Renovables para todos: Biocarburantes*. Haya Comunicación. España.
- Fundación Bariloche y Comisión Nacional de Energía (2014). *Prospectiva de la Demanda de Energía de República Dominicana: 2010-2030*. Comisión Nacional de Energía. República Dominicana.
- Global Economic Prospects (GEP) (2015). *Understanding the Plunge in Oil Prices: Sources and Implications*. Capítulo 4 p155-168.
- Gómez, F. (2010). *Estado actual y perspectivas de los biocombustibles en República Dominicana*. Comisión Nacional de Energía.
- Guerrero, R., Marrero, G. y Puch, L. (2012). *Economía de los biocombustibles líquidos*. Cuadernos Económicos de ICE N°83, p141-163. España.
- Guinó, A. (2014). *Impacto de los precios del petróleo sobre la economía catalana y española*. Universidad Autónoma de Barcelona. España.
- Horn, G. (2010). *Energy today: Biofuels*. Chelsea House Publishers. Estados Unidos.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE (2006). *Manuales de Energías Renovables: Biocarburantes en el sector transporte*. España.
- Krugman, P. y Obstfeld, M. (2006). *Economía internacional: teoría y política*. Séptima Edición. Pearson Educación, S.A. España.
- López, J. (2008). *El crecimiento económico sostenible de comunidades agrícolas a través de biocombustibles*. Revista Ecosostenible N° 46, p14-24. España.
- Lozano, Y. (2009). *Viabilidad de los biocombustibles: biodiesel y bioetanol*. Universidad de Castilla-La Mancha. España.
- Mankiw, G. (2012). *Principles of Economics*. Sexta Edición. South-Western, Cengage Learning, Estados Unidos de América.
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia, MME (2007). *El Programa de los Biocombustibles en Colombia*.
- Monasterio, E. (2006). *Los biocarburantes y la fiscalidad como una herramienta necesaria para su promoción*. Zergak: Gaceta Tributaria del País Vasco N° 32, p151-167. España.
- Moschini, G., Lapan, H., Cui, J. y Cooper, J. (2010). *Assessing the Welfare Effects of US Biofuel Policies*. AgBioForum, 13(4) Pp 370-374. Estados Unidos de América.
- Moschini, G., Cui, J. y Lapan, H. (2012). *Economics of Biofuels: An Overview of Policies, Impacts and Prospects*. Bio-based and Applied Economics 1 (3) Pp 269-296. Estados Unidos de América.

- Von Lampe, M. (2008). *Biofuel Support Policies: An Economic Assessment*. (OECD).
- Peskett, L., Slater, R., Stevens, C. y Dufey, A. (2007). *Biofuels, Agriculture and Poverty Reduction*. Overseas Development Institute. Inglaterra.
- Pinto, F. (2008). *La Apropiación Social y Económica de la Tecnología de Biocombustibles a la luz de los Objetivos Estratégicos de Latinoamérica en Energía*. Instituto de Gestión Internacional, Universidad de Flensburg. Alemania.
- Pistonesi, H., Nadal, G., Bravo, V. y Bouille, D. (2008). *Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: Elementos para la formulación de políticas públicas*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Chile.
- Rajagopal, D. y Zilberman, D. (2007). *Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels*. Banco Mundial, Policy Research Working Paper 4341. Estados Unidos de América.
- Rivas, S. (2012). *Los biocombustibles y la diversificación de la matriz energética dominicana*. Taller de Biocombustibles. Organización de Estados Americanos (OEA).
- Starbuck, J. y Harper, G. (2009). *Run Your Diesel Vehicle on Biofuels: A Do-It-Yourself Guide*. Editora McGraw-Hill. Estados Unidos de América.
- Timilsina, G., Csordás, S. y Mevel, S. (2011). *Under What Conditions Does a Carbon Tax on Fossil Fuels Stimulate Biofuels?* Banco Mundial. Estados Unidos de América.
- Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2014). *Costo Fiscal de Subsidios y Exenciones Tributarias al Consumo de Gasolina y ACPM*. Ministerio de Minas y Energía. Colombia.
- United States Governmental Accountability Office (GOA) (2009). *Biofuels: Potential Effects and Challenges of Required Increases in Production and Use*. GOA-09-446. Estados Unidos.
- Uriarte, F. (2010). *Biofuels From Plant Oils*. ASEAN Foundation. Indonesia.
- Van Thuijl, E. y Deurwaarder, E. (2006). *European biofuel policies in retrospect*. Energy research Centre of the Netherlands. Holanda.
- Yáñez, J. (2011). *Tributación de los combustibles*. Revista de Estudios Tributarios N° 5, Centro de Estudios Tributarios, Universidad de Chile. Chile.

## 7. Anexos

### Anexo 1. Producción de Biocombustibles líquidos: Características y Estado del Desarrollo de las Distintas Tecnologías

Tipo de biocombustible	Características	Desarrollo en término de I+D+i
Bioetanol 1G	Utilización directa en algunos motores de combustión preparados para ello o mezcla con combustibles fósiles (E10).	Fase de competición, se producen sin ayudas en algunos casos, aunque a menudo existen medidas de promoción a la producción.
	Más utilizado actualmente a nivel mundial.	
	Se obtiene de productos agrícolas también destinados a la alimentación.	
Biodiésel 1G	Segundo más utilizado a nivel mundial.	Fase de competición. Tanto por costes y volumen de producción, se considera al bioetanol 1G en una situación más avanzada que el biodiésel 1G.
	Se obtiene a partir de aceites vegetales procedentes de semillas oleaginosas de soja, colza, girasol, palma.	
Etanol ligno-celulósico 2G	Los azúcares necesarios para su producción se obtienen a partir de biomasa celulósica.	Aún muy lejos de ser competitivo. Fase precomercial con mínima introducción en el mercado.
	La producción de su biomasa es más sostenible, abundante y barata y no compite con las cosechas alimenticias.	
Biodiésel 2G	Biodiésel sintético o avanzado que se produce a partir de la biomasa ligno-celulósica.	En una posición de introducción en el mercado más avanzada que el etanol ligno-celulósico, aunque aún muy lejos de ser competitivo.
Hidrógeno de biomasa 3G	Se basa en la obtención de hidrógeno a partir de la biomasa.	Fase pionera, aunque el proceso con hidrógeno puede que se encuentre más cerca de ser introducido en el mercado.
Biodiésel de microalgas 3G	Biocombustible procedente de las algas.	Fase pionera, la tecnología se encuentra alejada aún de la puesta en funcionamiento de prototipos.
	El esfuerzo principal se centra en las microalgas, dada su alta concentración de lípidos.	

Fuente: Guerrero et al (2012).

### Anexo 2. Comparativo de materias primas para producción de biodiesel

#### BIODIESEL

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (gal/ha/año)	Empleos Agric+ind/ha/año
Palma	5.550	1.466	0,27
Cocotero	4.200	1.110	0,52
Higuerilla	2.600	687	0,64
Aguacate	2.460	650	0,51
Jatropha	1.559	412	0,30
Colza	1.100	291	0,40
Maní	990	262	0,40
Soya	840	222	0,37
Girasol	890	235	0,40

Fuente: MME (2007).

### Anexo 3. Comparativo de materias primas para producción de etanol

#### ETANOL

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (gal/ha/año)	Empleos Agric+ind/ha/año
Caña de azúcar	9.000	2.378	0.18
Yuca	4.500	1.189	0.60
Remolacha	5.000	1.321	0.65
Sorgo dulce	4.400	1.162	0.20
Maíz	3.200	845	0.41

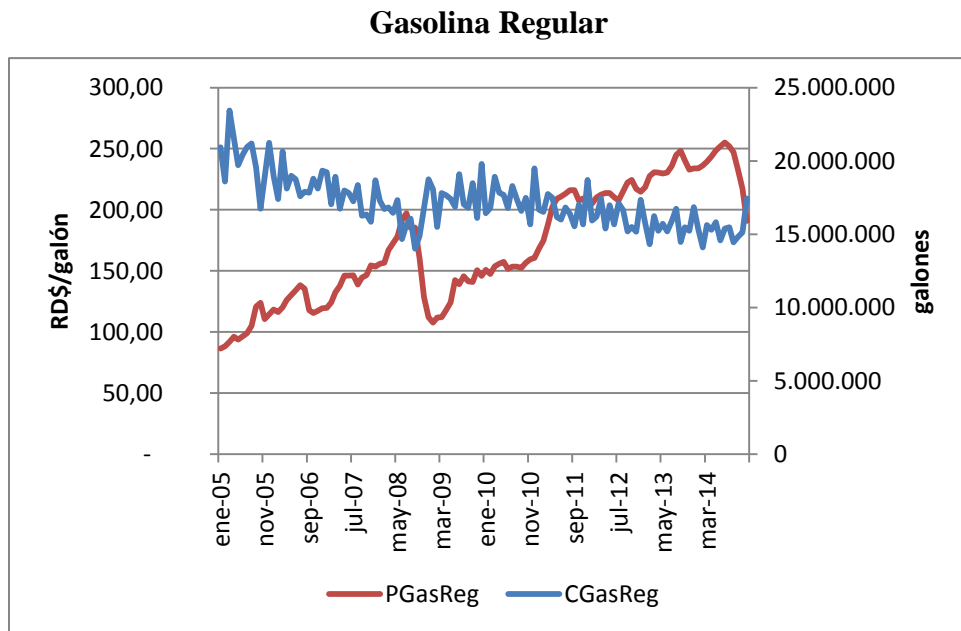
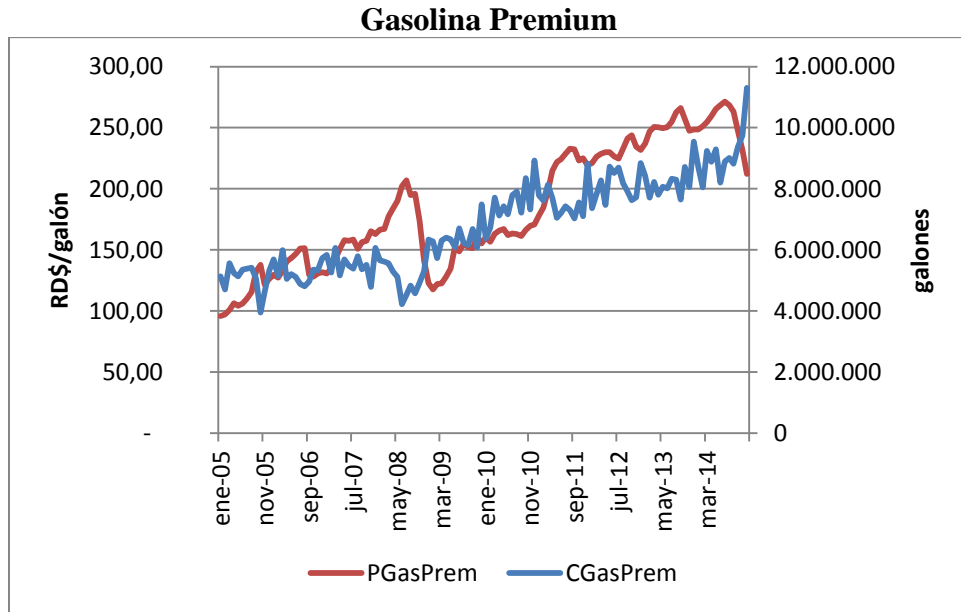
Fuente: MME (2007).

### Anexo 4. Comparativo de poder calorífico de biocombustibles y derivados de petróleo

Combustible	Poder Calorífico (PC) (MJ/litro)	PC como proporción de derivados de petróleo (%)	Proporción de biocombustible requerido para mantener el 10% de contenido energético de los derivados de petróleo (%)
Etanol	21,28	64,80	14,6
Biodiesel	33,10	90,50	10,9

Fuente: IISD (2013).

## Anexo 5. Evolución del precio promedio mensual y del consumo de combustible

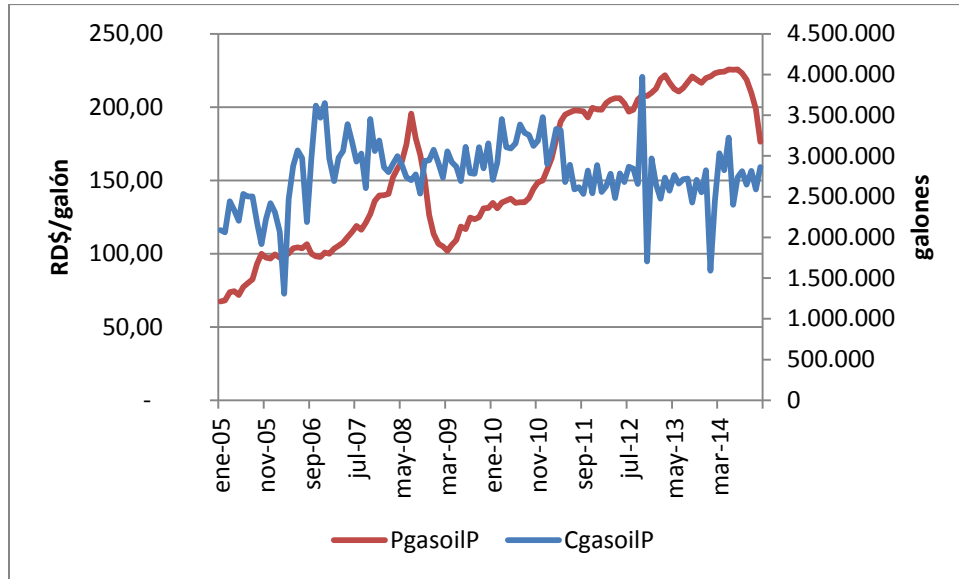


Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas del Ministerio de Industria y Comercio.

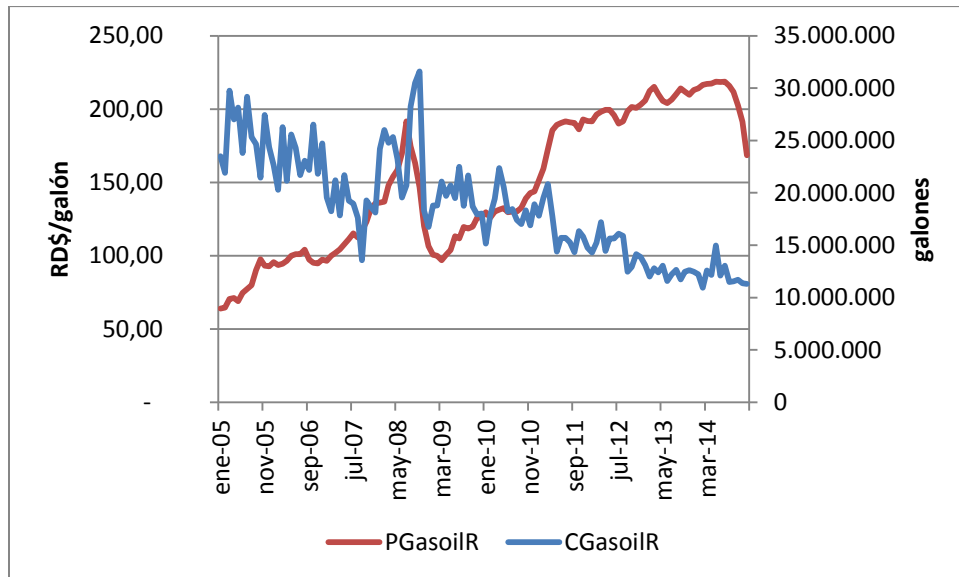


**Anexo 6. Evolución del precio promedio mensual y del consumo de combustible (cont.)**

**Gasoil Premium**



**Gasoil Regular**



Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas del Ministerio de Industria y Comercio.