



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Evolución de los Biocombustibles en Colombia y su incidencia sobre el precio de los alimentos**

**Martha Helena Sánchez Fernández**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía  
Bogotá, Colombia

2015



# **Evolución de los Biocombustibles en Colombia y su incidencia sobre el precio de los alimentos**

**Martha Helena Sánchez Fernández**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Ciencias Económicas**

Director:

Ph.D., Manuel José Antonio Muñoz Conde

Línea de Investigación:

Teoría y Política Económica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Económicas, Escuela de Economía

Bogotá, Colombia

2015



*A mi Papá que es mi ángel en el cielo, a mi Mamá por su paciencia y apoyo, a mis amigos por ser mi segunda familia.*



## **Agradecimientos**

Agradecimiento especial a la Maestría en Ciencias Económicas, por ser el escenario que afinó mi formación como Economista, de manera crítica y humana; en especial a Ariatna y Gloria de la secretaría de la Maestría por su apoyo y guía constante. De manera especial agradezco al profesor Manuel Muñoz por su paciencia y comprensión en estos años, no solo para la construcción de esta investigación, sino como parte fundamental en mi formación.

A mi equipo de trabajo en el DANE por su apoyo y colaboración, en especial a Germán Pérez Hernández, ya que su enorme conocimiento del sector industrial colombiano fueron fundamentales para el desarrollo de la investigación. A los investigadores de Cuentas Nacionales, Temáticos del Sector Industrial y de Comercio Exterior por responder a mis inquietudes y guiarme durante el proceso.

A todos los profesionales que desde la Federación Nacional de Biocombustibles y Asocaña, aportaron con su conocimiento, no solo al desarrollo de la investigación sino para que pudiera entender de lleno el comportamiento del sector.



## Resumen

La industria de los biocombustibles ha evolucionado con el fin de reducir los efectos ambientales nocivos de la industria de los combustibles fósiles, así como para solventar las crisis generadas por el aumento en los precios del petróleo, pero dicha industria es fuertemente criticada por utilizar como insumo principal alimentos de la canasta básica de las familias, provocando especulación en los precios de los productos e impactos de índole social. La presente investigación, mediante revisión de literatura, análisis estadístico y econométrico, pretende determinar si la evolución de la industria de los biocombustibles en Colombia, incide de manera directa en el comportamiento de los precios de los alimentos.

**Palabras clave: Biocombustibles, Precios de Alimentos, Seguridad alimentaria.**

## Abstract

The biofuels industry has evolved in order to reduce the harmful environmental effects of fossil fuel industry and to address the crises generated by the increase in oil prices, but the industry is heavily criticized for using as input main foods of the consumption basket of families, causing speculation in the prices of products and impacts social. This research, through literature review, statistical and econometric analysis seeks to determine whether the development of the biofuels industry in Colombia, directly affects the behavior of food prices.

**Keywords: Biofuels, Food Prices, Household food security.**

**Clasificación Jel: Q11, Q16, Q18.**



# Contenido

	Pág.
<b>Resumen</b> .....	<b>IX</b>
<b>Lista de ilustraciones</b> .....	<b>XIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>1. Antecedentes y Justificación</b> .....	<b>3</b>
1.1 Justificación .....	5
<b>2. Planteamiento del problema</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Objetivos</b> .....	<b>9</b>
3.1. Objetivo general .....	9
3.2. Objetivos específicos .....	9
<b>4. Marco Referencial</b> .....	<b>11</b>
4.1 Marco Teórico .....	11
4.2 Marco Normativo .....	13
4.3 Marco conceptual .....	13
<b>5. Rentabilidad de la producción de Biocombustibles en Colombia</b> .....	<b>15</b>
5.1. Biocombustibles: orígenes, contextualización y evolución del mercado .....	15
5.1.1 Bioetanol .....	17
5.1.2 Biodiesel .....	18
5.2 Producción de Petróleo vs Biocombustibles .....	19
5.3 Mercado en Colombia .....	25
<b>6. Producción, comercio y consumo</b> .....	<b>31</b>
6.1 Principales insumos .....	31
6.1.1 Cultivo de Caña para el Bioetanol y para Azúcar .....	32
6.1.2 Cultivo de Palma de aceitera para el Biodiesel .....	39
<b>7. Costos económicos, sociales y culturales</b> .....	<b>43</b>
7.1 Utilización de los factores de producción .....	43
7.2 Consideraciones ambientales .....	45
7.3 Condiciones de vida de la población .....	49
7.4 Seguridad alimentaria .....	53
<b>8. Metodología</b> .....	<b>59</b>

<b>9. Resultados .....</b>	<b>65</b>
<b>10. Conclusiones .....</b>	<b>69</b>
<b>A. Anexo: Marco Normativo.....</b>	<b>71</b>
<b>B. Anexo: Gráficas de las variables y pruebas de Estacionareidad ADF y PP (Pruebas de raíz unitaria) .....</b>	<b>73</b>
<b>C. Anexo: Estimación del modelo VEC.....</b>	<b>75</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>81</b>

## Lista de ilustraciones

	<b>Pág.</b>
<b>Ilustración 4-1</b> Representación Bienes sustitutos y complementarios perfectos.....	11
<b>Ilustración 5-1</b> Esquema de Producción de Bioetanol.....	17
<b>Ilustración 5-2</b> Esquema de producción de Biodiesel.....	19
<b>Ilustración 5-3</b> Producción diaria de Petróleo OPEP. 1970 – 2013 .....	20
<b>Ilustración 5-4</b> Participación de producción de petróleo por cuenca en Colombia. 2014	21
<b>Ilustración 6-1</b> Eficiencia Energética de las Materias primas para la producción de Bioetanol y Biodiesel .....	32
<b>Ilustración 6-2</b> Uso de plantaciones de caña de azúcar en Colombia. 2013 .....	33
<b>Ilustración 6-3</b> Producción, Ventas y Consumo de caña de azúcar en Colombia. 2005 - 2014 .....	34
<b>Ilustración 6-4</b> Variaciones en la producción e Importaciones de azúcar y producción de Bioetanol .....	35
<b>Ilustración 6-5</b> Estacionalidad de los precios al consumidor de la panela y del azúcar en Colombia. 2008 – 2011 .....	36
<b>Ilustración 6-6</b> Estacionalidad de los precios al productor del azúcar en Colombia.....	37
<b>Ilustración 6-7</b> Variación mensual en el precio del Alcohol Carburante en Colombia. ...	38
<b>Ilustración 6-8</b> Producción y ventas de aceite de palma en Colombia.....	41
<b>Ilustración 6-9</b> Importaciones, exportaciones y producción de aceite de palma en Colombia 2008 - 2012 .....	41
<b>Ilustración 7-1</b> Huella Hídrica de Sector Agropecuario en Colombia 2.008 .....	46
<b>Ilustración 7-2</b> Empleo generado por la industria de biocombustibles 2013 .....	52
<b>Ilustración 7-3</b> Comportamiento de los precios de los Alimentos, Bienes regulados y Total en Colombia .....	57
<b>Ilustración 9-1</b> Criterio de elección de rezagos .....	65
<b>Ilustración 9-2</b> T calculado modelo VEC .....	66

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 5-1</b> Variedad de Materias primas en la producción de biocombustibles .....	16
<b>Tabla 5-2</b> Top 15 Países productores de Biocombustibles. 2011 .....	25
<b>Tabla 5-3</b> Capacidad productiva de Bioetanol en Colombia. 2011 - 2014 .....	26
<b>Tabla 5-4</b> Plantas de producción de Biodiesel en Colombia. 2013.....	29
<b>Tabla 6-1</b> Agrupación de los departamentos y su número de municipios cultivadores de Palma de aceite, según zonas palmeras. 2012 .....	40
<b>Tabla 6-2</b> Evolución fruto procesado 2008 - 2012.....	40
<b>Tabla 7-1</b> Superficie total de uso del suelo, según uso. 2012 – 2013 .....	45
<b>Tabla 7-2</b> Huella Hídrica de los principales cultivos energéticos.....	47
<b>Tabla 7-3</b> PIB Agropecuario por rama de actividad 2001-2012.....	52
<b>Tabla 7-4</b> Comportamiento del PIB en Colombia por principales ramas de actividad a precios constantes. 2003 - 2009 .....	57

# Introducción

La generación de combustibles a partir de alimentos se convierte en una manera de salvar al mundo de una posible tragedia ambiental que se vendría con el calentamiento global y por las crisis que genera las volatilidades en los precios del petróleo, situaciones de las cuales ya se sufren consecuencias. Por ello, la industria de biocombustibles ha suscitado polémica, advirtiendo que pueden evitar hacer más daño a la capa de ozono, pero por otra parte con la utilización de áreas de cultivo de alimentos para producir etanol o biodiesel, podría afectar al seguridad alimentaria, incrementando el precio de los alimentos, siendo evidente que detrás de este nuevo recurso existe un problema de orden social que cobra un enorme sentido.

Por lo anterior, la presente investigación pretende analizar la relación existente entre la industria de los biocombustibles en Colombia, y su incidencia en el precio de los alimentos de la canasta básica de las familias en el país. Con este fin, se realiza un estudio exploratorio y conceptual que expone las virtudes y posibles consecuencias de la industria, que si bien reporta beneficios económicos, podría vulnerar la seguridad alimentaria de la población. De igual manera se plantea un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR), así como un análisis de causalidad de Granger para determinar si existe relación estadística causal entre las variables estudiadas.

Los datos tanto para la revisión y comparación conceptual, así como para la medición del problema, se obtuvieron de: Asocaña, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Federación Nacional de Biocombustibles y el Banco de la República. Se produjo una serie mensual de 7 años (2008 -2014), con 84 observaciones por cada una de las variables seleccionadas para el modelo y la prueba de causalidad.

Este estudio se divide en cinco partes: primero se abordará la rentabilidad de la industria de los biocombustibles, luego la cadena del sector (producción, comercialización y consumo), seguido de los costos económicos, sociales y finalmente se presenta los resultados del modelo econométrico y los resultados del mismo.



# 1. Antecedentes y Justificación

La evidencia empírica proveniente de los países en desarrollo indica que la producción creciente de biocombustibles denota un efecto negativo sobre el precio de los alimentos que intervienen en la cadena, afectando directamente la seguridad y la soberanía alimentaria de las familias más pobres.

Estos conceptos de seguridad y soberanía alimentaria (Food Safety y Food Security)<sup>1</sup> se han hecho comunes gracias a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), por el sin número de estudios concernientes a la preocupación existente dado el incremento de los precios de los alimentos frente a la creciente demanda de productos agrícolas para la generación de biocombustibles.

Entre las investigaciones realizadas para estudiar la industria de los biocombustibles frente a la producción de alimentos y seguridad alimentaria, se encuentra la elaborada por Rodríguez (2007) en donde realiza un estudio exploratorio sobre los Biocombustibles y la seguridad alimentaria, encontrando que no todos los productos agrícolas que sirven como insumo para la elaboración de biocombustibles tienen la misma importancia desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. Igualmente, desagrega indicadores de los requerimientos de la tierra para producir bioetanol, relacionando la rentabilidad del producto y el posterior acceso a los alimentos, mediante una comparación entre la demanda de maíz para producir etanol y la demanda para consumo humano en los Estados Unidos, observando que este diferencial se traslada al precio del maíz.

Por otro lado, Laine (2008) en su estudio sobre biocombustibles y alimentación humana, indica que el valor estimado para el requerimiento de tierra fértil destinado a la sustitución total de petróleo por biocombustibles (aproximadamente el 30% del total disponible), no

---

<sup>1</sup> El concepto Food safety en inglés se refiere a la inocuidad de los alimentos, a la garantía de su salubridad para los consumidores, mientras que Food security designa la disponibilidad suficiente de alimentos. En castellano estos términos se traducen sin distinción alguna como Seguridad Alimentaria.

alcanza a comprometer el requerimiento de tierra fértil estimado para la alimentación humana (a nivel global el 10% disponible).

Igualmente, Guevara, Pareja y Sevilla (2008) basados en un estudio sobre la formulación de políticas públicas en biocombustibles para Latinoamérica<sup>2</sup>, encontraron que para el Perú la relación entre la producción de biocombustibles y la producción y el consumo de alimentos (en términos de proteínas para una dieta balanceada grasas, comestibles y energía alimentaria)<sup>3</sup> no existe vulnerabilidad al presentarse variación en los precios, entre otras razones porque históricamente estos productos se importan en ese país.

Así mismo, Núñez y Ayala (2009), utilizaron la Dinámica de Sistemas para conocer los efectos que la producción de Etanol genera en los cultivos de maíz en México y su efecto en los niveles normales de precios, encontrando que existe una relación entre las dinámicas de mercado de maíz de México y de los Estados Unidos, observando que en México se cultiva maíz blanco en condiciones óptimas para el consumo humano, mientras en Estados Unidos se cultiva maíz amarillo, que por sus propiedades es mejor para el consumo pecuario e industrial. Las comparaciones se realizan tomando variables de producción de los Estados Unidos al ser México un país tomador de precios.

Por otro lado, Pérez (2010) realiza un estudio sobre la incidencia del cultivo de palma africana sobre la soberanía alimentaria de los habitantes del Departamento de Bolívar en Colombia, concluyendo que el cultivo de palma restringe este derecho a través de tres efectos complementarios, a través de la transformación del campesino, productor y recolector sin tierra a asalariado y jornalero mal pago; a través de la limitación de acceso a la tierra, a los territorios hídricos y boscosos y a los territorios colectivos para cazar, recolectar o pescar; y a través del cambio en patrones de consumo, trayendo de otras regiones alimentos con diferentes sabores, especies y formas y a precios más elevados. Así mismo, concluye que hay suficiente evidencia para considerar que las políticas de promoción de biocombustibles han afectado la seguridad alimentaria a través del alza de precios de alimentos básicos (azúcar, panela y aceite), produciendo efecto ingreso, desplazando la curva de demanda hacia abajo disminuyendo el consumo de estos bienes o de otros bienes básicos de la canasta familiar.

---

<sup>2</sup> Estudio desarrollado por la CEPAL para el Perú.

<sup>3</sup> En este estudio se consideró la palma de aceite y la caña de azúcar como cultivos óptimos en el país.

Partiendo de lo anterior, se observa que son encontrados los resultados de las investigaciones realizadas acerca de si realmente la producción de biocombustibles genera efectos directos negativos para la seguridad alimentaria, generando incremento en los precios de algunos de los alimentos, ya que si bien las dinámicas de consumo de algunos países dependen de la producción de ciertos alimentos que a la vez son utilizados para la industria, no en todos los casos esto representa un efecto adverso para la economía familiar, como lo que evidencia el caso peruano, en donde la producción de caña y de palma no representa una amenaza para la seguridad alimentaria, pues estos productos tradicionalmente se han importado. Caso contrario es el presentado en México, donde el maíz representa un alimento de la canasta básica y dónde se ha demostrado cómo los precios de este producto si se han elevado de manera considerable. Es decir, el impacto no es el mismo en todas las economías, depende de las dinámicas de consumo y de otros factores asociados a él.

## **1.1 Justificación**

Colombia es un país rico en petróleo, cada día son más los hallazgos que se encuentran de pozos petroleros y de zonas nunca antes exploradas, además, las reservas de este combustible son enormes. Sin embargo, se han descubierto nuevas alternativas de generación de combustibles a partir de recursos renovables, obtenidos de algunos alimentos como la papá, la caña, la remolacha, la zanahoria, la palma aceitera, entre otros o bien de desechos de tipo orgánico, que se convierten en una alternativa para hacer sostenible la generación de combustibles de manera limpia.

Es así como esta nueva forma de producción de combustibles a partir de recursos renovables, ha generado innumerables debates en torno a los problemas de orden económico y social que de esta industria se generan; uno de ellos es si la creciente industria de los biocombustibles genera variación en los precios de algunos de los alimentos en Colombia.

Es por lo anterior que la presente investigación tiene como fin determinar si es realmente la producción de alimentos que se destina a la generación de biocombustibles la que incide en el precio de los alimentos o si existen otras variables que realmente provocan variaciones en el precio de algunos alimentos de la canasta básica alimenticia de los colombianos



## 2. Planteamiento del problema

La producción de biocombustibles en el mundo viene creciendo de manera vertiginosa dados los beneficios económicos, tecnológicos y ambientales que proporciona la utilización de combustibles limpios, pese a los debates fundados en los costos sociales y ambientales que genera dicha industria.

En efecto, el país no ha podido asumir una posición clara acerca de las bondades o desaciertos para la economía y para la sociedad de la generación de combustibles a partir de alimentos, sin embargo, los gremios, la academia y la sociedad en general han estado frente a un constante debate, algunos de lado de la rentabilidad de la industria, otros de lado de los efectos en la economía rural y en el precio de los alimentos.

Pese a lo anterior, los gremios que representan el sector, aseguran que el área de cultivo para alimentos no se afecta y por ende no se vulnera la seguridad alimentaria; aun cuando la transformación de alimentos para producir biocombustibles es cada vez mayor, dejando en el aire la idea de que la producción agrícola para satisfacer la demanda interna de alimentos se podría estar vulnerando. Por consiguiente, serían los consumidores finales los que se verían perjudicados, asumiendo el costo de la producción con un precio más elevado del bien final.

Es así como esta investigación, pretende indagar cómo la producción de biocombustibles, ha suscitado un efecto sobre el precio de los alimentos en Colombia, que si bien genera una rentabilidad tal, poniendo al país en una ventaja competitiva en la región, ocasiona efectos sociales y económicos en las condiciones de vida de los colombianos. Para esto, se determinará si existe una relación estadística de causalidad entre la producción de biocombustibles y la variación de precios de los alimentos de la canasta básica de las familias en Colombia.



## **3. Objetivos**

### **3.1. Objetivo general**

Evaluar la incidencia en el precio de los alimentos a causa de la evolución del mercado de biocombustibles en Colombia.

### **3.2. Objetivos específicos**

Evaluar la rentabilidad de la producción de Biocombustibles en Colombia.

Identificar los porcentajes de producción de alimentos para la industria y de producción para el consumo de los hogares (alimentación) en Colombia.

Establecer si factores como el precio internacional del petróleo, la concentración en la distribución del ingreso, la escasez de alimentos (producto de mayor demanda de otros países), las crisis financieras, las conductas oligopólicas, el crecimiento de la población, entre otras, inciden realmente en la variación en los precios de los alimentos.

Conocer si en Colombia la producción de Caña y sus derivados, así como la de aceite crudo de palma y sus fragmentos destinados a la elaboración de biocombustibles, representan una amenaza para la seguridad alimentaria de las familias del país.

Explicar los costos económicos, tecnológicos y sociales que inciden en la producción de biocombustibles en Colombia.



## 4. Marco Referencial

### 4.1 Marco Teórico

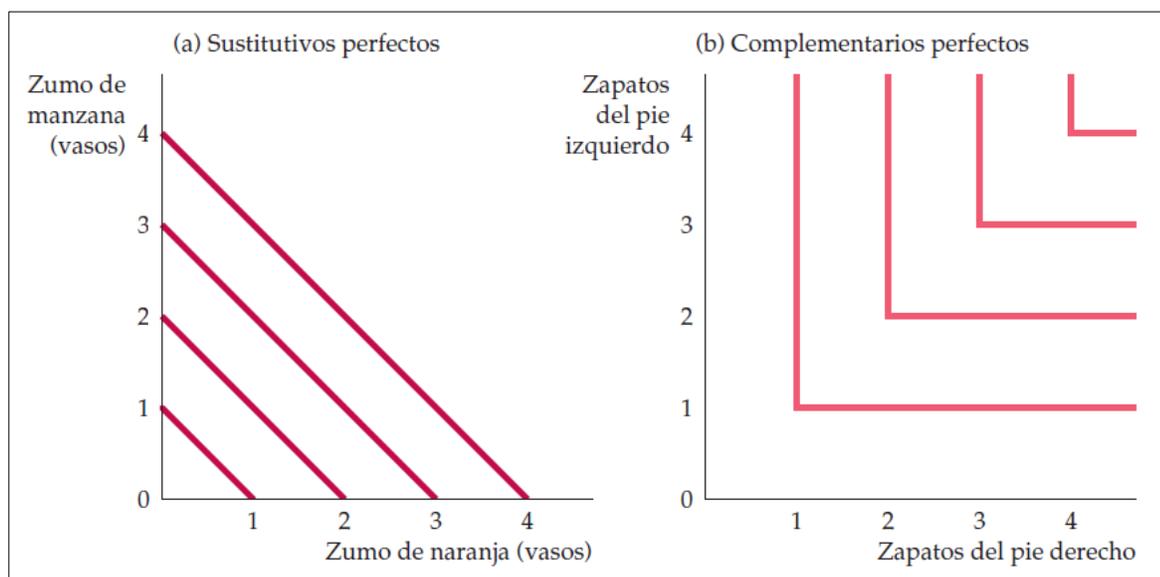
Uno de los fenómenos más estudiados frente a la industria de los biocombustibles es el posible incremento en los precios de algunos de los alimentos de la canasta básica de consumo, ya que este producto renovable, se puede convertir en un sustituto perfecto de los combustibles fósiles.

La teoría económica sobre el valor de los bienes ha estado sustentada por diferentes visiones. La teoría del consumidor tradicional sostiene que la demanda de un bien X, depende de su precio, del precio de los bienes sustitutos y complementarios y del ingreso, así como gustos y preferencias. Así mismo, la ley de oferta indica que ante un aumento en el precio de un bien y asumiendo un mercado competitivo, la cantidad ofrecida de dicho bien va a ser mayor, es decir, los productores de bienes y servicios aumentaran la producción.

En este sentido, Pyndick (2009) muestra que los bienes son sustitutivos cuando la subida en el precio de uno, provoca el aumento en la demanda del otro; poniendo como ejemplo que el cobre y el aluminio son bienes sustitutos, ya que, para usos industriales, la cantidad demandada de cobre aumentará si sube el precio del aluminio. Así mismo, los bienes se denominan complementarios cuando el aumento en el precio de uno, provoca la reducción en la cantidad demandada del otro. Así, la reducción en el precio de la gasolina provocará un aumento en la cantidad demandada de automóviles. Estos comportamientos provocarán desplazamientos en la curva de demanda, dados los aumentos en los precios de un bien sustituto o a la reducción en los precios de un bien complementario, o a variables externas como los cambios meteorológicos.

Así mismo, los bienes pueden ser sustitutos o complementarios perfectos. Esto depende del nivel de indiferencia entre el consumo de dos bienes, es decir, si la Relación Marginal de Sustitución (RMS) de uno por otro es constante.

**Ilustración 4-1** Representación Bienes sustitutos y complementarios perfectos



Fuente: Microeconomía Pindyck (2009). Pág. 86

En síntesis, dado que un factor se utiliza en la producción de una serie de bienes de primer orden, su valor se determinará por el bien que vale menos de entre los bienes que produce, este valor se determinará en el margen por la utilidad marginal de la última unidad del bien menos valioso que produce el factor.

En este sentido, la evidencia empírica sobre demanda de combustibles consideran variables como el precio del producto en cuestión, el precio de otros combustibles, el de algunos sustitutos y el Producto Interno Bruto (PIB) como medida de ingreso o actividad económica.

Son escasos los trabajos que incluyen el precio de bienes complementarios a los combustibles. En realidad, dado que lo importante es el poder adquisitivo del ingreso y que éste es disputado por una gran cantidad de productos y servicios, lo que los consumidores toman en cuenta al momento de considerar la demanda de bienes, es el precio relativo de los mismos. De igual modo, el ingreso relevante es el ingreso real. Es por esto que al momento de estimar las demandas, se considera el ingreso y los precios de los combustibles relativo a una canasta de bienes, conocida comúnmente como índice de precios al consumidor (IPC)<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Tomado de Rodríguez, M. (2006). Pág. 8.

## 4.2 Marco Normativo

La regulación del sector de los Biocombustibles ha sido dinámica y se ha venido justando a medida que cambian las circunstancias internas y externas en pro de una industria próspera en el país. La aprobación de la Ley 693 de 2001, marca los lineamientos para la entrada al país de la Industria. La promulgación de esta Ley, tuvo como propósito fundamental la diversificación de la canasta energética colombiana, de la mano del uso de energías compatibles con el desarrollo económico y social del país y además proporcionó los estímulos necesarios para la producción, comercialización y consumo. En el Anexo A, se puede observar detalladamente la normatividad para el sector.

## 4.3 Marco conceptual

**Biocombustibles:** cualquier tipo de combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, obtenidos a partir de materia orgánica de origen animal o vegetal (biomasa) y que se consideran ambientalmente amigables porque su materia prima es renovable y porque en su utilización se generan menos emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que en la de combustibles fósiles.

**Bioetanol:** compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos derivados de petróleo, gas natural o carbón, producido por la fermentación de azúcares o almidones presentes en ciertos cultivos del que puedan producirse bebidas alcohólicas. También puede producirse de celulosa o biomasa proveniente de fuentes no alimenticias como pastos o árboles.

**Biodiesel:** El biodiesel es un combustible producido a partir de materias de base renovables como los aceites vegetales que se puede utilizar en los motores diésel.

**Seguridad Alimentaria:** existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso, físico, social y económico a los alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfagan necesidades energéticas diarias y preferencias alimenticias para llevar una vida sana y activa. Seguridad alimentaria indica disponibilidad.

**Soberanía Alimentaria:** indica la facultad que cada Estado para definir políticas agrarias y alimenticias propias para la protección del mercado doméstico contra los productos que se venden a menores precios en el mercado internacional y contra el dumping<sup>5</sup>. Soberanía alimentaria indica políticas de precios fijadas por el estado.

---

<sup>5</sup> Venta por debajo de los costos de producción.



## **5. Rentabilidad de la producción de Biocombustibles en Colombia**

El mundo se encuentra frente a una enorme necesidad de incorporar diferentes materias primas a la producción de biocombustibles que sustituyan a la producción de los derivados del petróleo, utilizando como fundamento principal, los daños ambientales que ha causado el hombre por el inadecuado uso de los recursos naturales y las fluctuaciones en el precio del petróleo.

En este sentido, se ha presentado una cruzada liderada entre otros por Brasil, Estados Unidos y la Unión Europea, con el fin de apoyar activamente la producción de biocombustibles líquidos provenientes de la agricultura. Actualmente, cerca del 90% de la producción proviene de estos países pero podría expandirse en la medida que programas de producción en países como Malasia y China sean exitosos.

En este documento se especificará acerca del bioetanol y el biodiesel por ser los más importantes actualmente y los que en un futuro cercano seguirán siendo los más utilizados.

### **5.1. Biocombustibles: orígenes, contextualización y evolución del mercado**

Antes de analizar la rentabilidad generada por la producción y uso de los combustibles líquidos, vale la pena realizar un repaso acerca de la aparición de los Biocombustibles. Estos tuvieron su origen para 1900 cuando Rudolph Diesel utilizó por primera vez aceites vegetales del maní como combustible en su motor de compresión; dicha iniciativa ya estaba prevista para funcionar de esta manera y se desempeñó satisfactoriamente. Posteriormente fue Henry Ford que con el diseño de su primer automóvil el "Modelo T" en 1908 utilizaría el etanol producto de la transformación del maíz como combustible. Fue allí cuando la Standard Oil utilizó el 25% de la producción de maíz de Baltimore para transformarla en etanol pero los elevados precios del maíz sumados al incremento en los costos de transacción (almacenamiento, transporte, carga, etc.)

hicieron abandonar el negocio, entre otras razones, porque el precio del petróleo irrumpió en el mercado mucho más barato, más eficiente y con mayor disponibilidad. Aun así, la utilización se trasladó al viejo continente, en donde la primera experiencia con el uso de biocombustibles se dio en el transporte público de la línea del ómnibus de Bruselas – Lovaina en donde en plena segunda guerra mundial, los alemanes emplearon biodiesel para mover sus flotas de guerra y sus vehículos pesados al norte de África<sup>6</sup>.

Fue entonces a finales de la década del setenta donde con la crisis en los precios del petróleo disminuyó la oferta del crudo incrementando el precio del barril de manera exorbitante y por ende el precio de la gasolina. Por esta razón, fue necesario reglamentar el uso de una mezcla entre gasolina y etanol, dejando a los biocombustibles como alternativa ante el incremento en los precios internacionales del petróleo y al inminente agotamiento de los recursos, convirtiéndose en una nueva forma de generar bienes de capital a partir de recursos renovables.

Los biocombustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Los sólidos son pedazos de materia orgánica que al quemarse desprenden su energía<sup>7</sup>. Los biocombustibles líquidos son derivados de materia viva que pueden ser usados como combustibles; estos incluyen biodiesel, etanol u otros alcoholes combustibles, combustibles de aceites vegetales<sup>8</sup>. El biogás es principalmente metano producido por plantas y animales en descomposición, así como sus desechos.<sup>9</sup>

En este orden, los biocombustibles obtenidos a partir de oleaginosas y de transformación de azúcares y almidones se denominan biocombustibles tradicionales o de primera generación. En términos generales, son aquellos cuyas tecnologías están disponibles comercialmente para cualquier escala de producción. También se encuentran los biocombustibles avanzados o de segunda generación, siendo los que todavía no están disponibles a escala comercial y se consideran como el futuro tecnológico hacia el que avanza la producción de biocombustibles. En la tabla 5-1 se muestran los principales productos utilizados en la producción de biocombustibles:

**Tabla 5-1** Variedad de Materias primas en la producción de biocombustibles

---

<sup>6</sup> Tomado de <http://www.acrguatemala.com/etanol.shtml> Asociación de Combustibles renovables de Guatemala.

<sup>7</sup> Este tipo de biocombustibles son los que han usado ancestralmente.

<sup>8</sup> Otro de los combustibles incluidos son los denominados “Serie P” que mezcla etanol, sobras de gas natural y residuos sólidos

<sup>9</sup> Tomado de “Evaluación de la política de biocombustibles en Colombia” García y Calderón (2010)

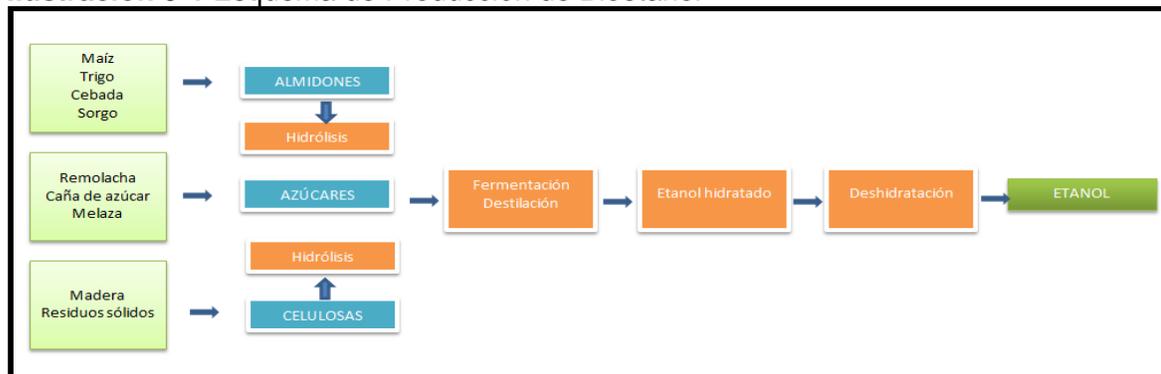
PARA BIOETANOL	PARA BIODIESEL
Caña de azúcar	Aceites usados y grasas residuales
Frutas	Aceite vegetal residual
Girasol	Palma de Aceite
Maíz	Maní
Papas	Girasol
Remolacha	Jatropha
Sorgo	Ricino
Trigo	Algas
Yuca	Pongamia
Plátano	Residuos sólidos
Zanahoria	Cocotero
	Higuerilla
	Aguacate
	Soya

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.1 Bioetanol

Como se mencionaba anteriormente, existe una clasificación de los biocombustibles, según la etapa tecnológica en la que se encuentren. El bioetanol de primera generación (el comercialmente disponible a partir de azúcares), surge de un proceso de fermentación, que consiste en que una vez extrae el azúcar se combina con levaduras donde se fermentan, luego, estas levaduras secretan enzimas que dirigen el azúcar descomponiéndolo en ácido láctico, hidrogeno, dióxido de carbono y bioetanol. Solo cuando se usan cultivos ricos en almidón como el maíz, se requiere un paso adicional previo a la fermentación para descomponer las moléculas de almidón en azúcares, lo cual añade un requerimiento de energía extra a la producción de bioetanol. Luego de la fermentación, el producto se debe destilar para remover la levadura y los subproductos para deshidratarlo y producir soluciones al 5% y 12% concentradas a 95% y 99,8%. En la Ilustración 5-1, se presenta un esquema general de la producción de Bioetanol. (Duffey 2011)

**Ilustración 5-1** Esquema de Producción de Bioetanol



Fuente: Elaboración propia

El bioetanol se puede mezclar con gasolina o ser usado de manera directa en motores especialmente acondicionados para ello (Flexi Fuel Vehicules o FFV). Las mezclas que contienen un 5 y 10% de biodiesel son denominadas E5 y E10 respectivamente. (Duffey et al)

El bioetanol de segunda generación puede incrementar el rendimiento de los biocombustibles con materias primas de primera generación, pero dados los altos costos que representan al competir con la producción de alimentos, ha llevado a la necesidad de investigar nuevos procesos, que entre otros incluyen la producción de bioetanol a partir de otros compuestos como celulosa o hemicelulosa. Por lo general son las plantas y los árboles los que poseen mezclas de estos dos componentes, lo que permite que con esta tecnología cualquier tipo de biomasa pueda ser utilizada como materia prima, incluyendo los desechos forestales y de las cosechas. (Duffey Et al).

### **5.1.2 Biodiesel**

El biodiesel que se encuentra actualmente disponible en el mercado, se produce a partir de la combinación de aceites vegetales, grasas animales o residuos de aceites de cocina<sup>10</sup>. El proceso de producción se realiza mediante la esterificación que requiere una mezcla de 80 – 90% de aceite, 10 – 20% de alcohol y un ácido a catalizador base que se calienta para obtener una cantidad equivalente de aceite original. Algunos tipos de biodiesel pueden ser utilizados sin mezclar o en mezclas de altas proporciones, modificando el motor del vehículo<sup>11</sup>. Existen más de 300 especies diferentes que pueden ser utilizadas como materias primas en la producción de aceites vegetales, pero son en definitiva las condiciones climáticas, el rendimiento del aceite y la mecanización de la producción, los factores que determinan el potencial de las materias primas a utilizar, dentro de las cuales la palma de africana, la colza, la soya y el girasol son las más utilizadas.

Las mezclas que contienen 5% de biodiesel son denominadas B5, cuya abreviación corresponde al volumen de biodiesel que se utiliza en la mezcla: B100 en el caso de utilizar sol biodiesel o B15, B30 o B50 indicando en el número el volumen contenido en la

---

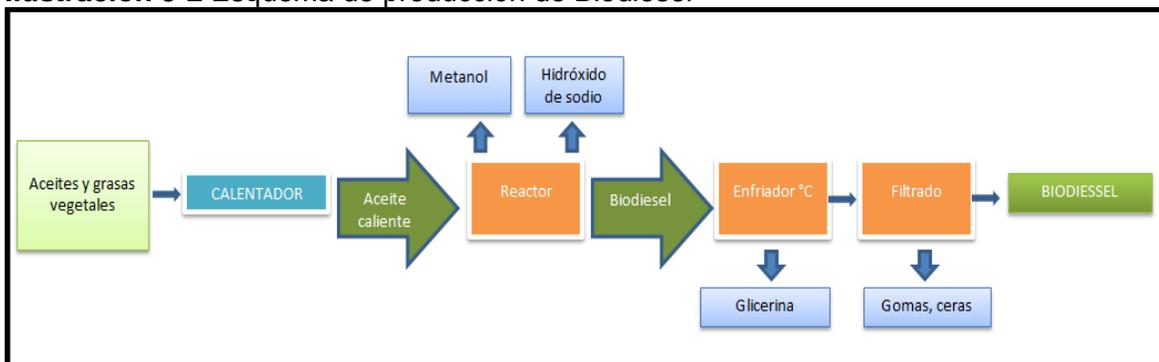
<sup>10</sup> Una nueva generación en las materias primas para producir biodiesel incluye las microalgas.

<sup>11</sup> Existen más de 300 especies diferentes que pueden ser utilizadas como materias primas en la producción de aceites vegetales, pero son en definitiva las condiciones climáticas, el rendimiento del aceite y la mecanización de la producción, los factores que determinan el potencial de las materias primas a utilizar, dentro de las cuales la palma de africana, la colza, la soya y el girasol son las más utilizadas.

mezcla. Igual que el bioetanol, existe una denominación para el biodiesel de segunda generación en el que se involucran tecnologías que producen biodiesel directamente a partir de la biomasa no oleaginosa, por ejemplo: la tecnología “*Biomasa a líquido*” (BTL) que utiliza el proceso Fisher-Tropsch, que involucra la gasificación de madera, paja o residuos municipales para producir biodiesel. (Duffey et al).

El biodiesel se puede transformar de forma segura por ser biodegradable, con toxicidad mínima, sin embargo, se ha observado que descompone el caucho natural, por lo que es necesario transformarlo en caso de utilizar mezclas altas en contenido de biodiesel. Igualmente, tiene mayores propiedades lubricantes y mayores índices de cetano que el diésel de poco azufre. La ilustración 1-2, presenta un esquema general de la producción de Biodiesel.

**Ilustración 5-2** Esquema de producción de Biodiesel



Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Producción de Petróleo vs Biocombustibles

### Petróleo

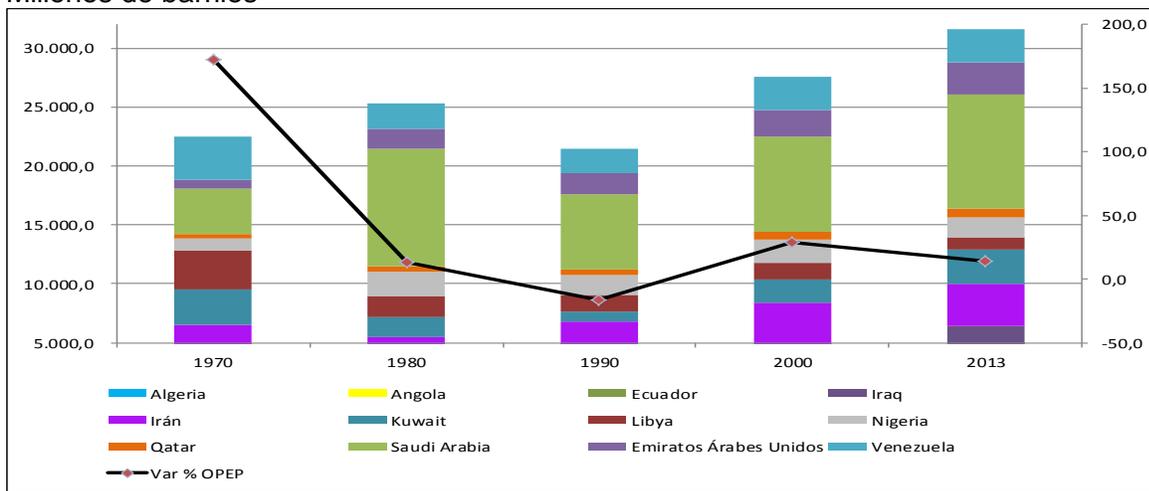
Los biocombustibles, son criticados por desplazar cultivos destinados a la alimentación y por no contribuir en gran medida a combatir el calentamiento global. Sin embargo, se han convertido en una alternativa aunque la energía producida por la agricultura y por la obtenida de fósiles que representa el 80% de la energía consumida en el mundo<sup>12</sup>.

Según estimaciones hechas en 2013 por la OPEP (Organización de Países exportadores de Petróleo), más de las tres cuartas partes de las reservas mundiales probadas de petróleo se encuentran en los países miembros, añadiendo para ese periodo un total de

<sup>12</sup> El principal productor de Etanol es Brasil con el 45% de la producción mundial, Estados Unidos representa el 41%; China el 6%; la Unión Europea el 3%; la India el 1%, de acuerdo a cifras reportadas por el Ministerio de Agricultura de Colombia en 2010.

1.206 billones de barriles a sus reservas totales del crudo, siendo los países ubicados en el Oriente medio los que contribuyen con el 81% de las reservas totales<sup>13</sup>. Para 2012, Venezuela controlaba casi una quinta parte de todas las reservas probadas del mundo, con 298.000 millones de barriles de crudo. Arabia Saudí le sigue con 266.000 millones de barriles (15,9% del total), seguidos por Canadá, Irán e Irak. Sólo estos cinco países dominan más del 60% del total del petróleo con que cuenta el planeta. En la ilustración 5-3 se observa la producción diaria de los países miembros de la OPEP.

**Ilustración 5-3** Producción diaria de Petróleo OPEP. 1970 – 2013  
Millones de barriles



Fuente: Anual Statistical Bulletin - OPEP 2013

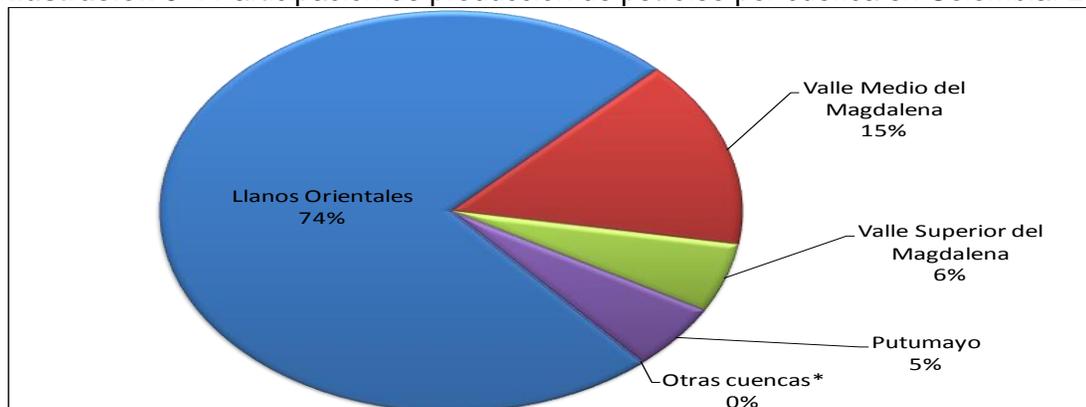
En la actualidad, se estima que Colombia posee 3.100 millones de barriles en reservas de petróleo entre probadas, probables y posibles<sup>14</sup> alcanzando en los últimos cuatro años reservas por 1.006 millones de barriles que alcanzarían a suplir el mercado interno por una década. Mientras que en el 2010 la producción de miles de barriles de petróleo diarios (KBDP) era de 785 mil barriles, para el 2014 se encontraba en 1.013 KBDP. Este incremento inusitado en la producción se debe al auge petrolero mundial reflejado en los hallazgos de terrenos nunca antes explotados, aumentando el número de hectáreas exploradas por las compañías petroleras en el territorio nacional, que pasó de tener menos de siete millones de hectáreas exploradas en 2006 a veintidós millones en el 2010.

<sup>13</sup> Según la OPEP el país que más contribuye es Arabia Saudita con 133.000 millones de barriles al año.

<sup>14</sup> Las reservas probadas (P1 y P2) son las que arrojan las instalaciones en pie, las probables los hallazgos sin pozo y las posibles las que necesitan más trabajo para desarrollarlas.

En la ilustración 5-4 se observa la participación de la producción de petróleo por cuenca en Colombia.

**Ilustración 5-4** Participación de producción de petróleo por cuenca en Colombia. 2014



Fuente: Tomado del IEP-ACP. 2014

De esta manera se observa que son cada vez más las compañías petroleras que se trasladan a los países en vía de desarrollo para hacer exploración y explotación de incorporando capital extranjero en el sector, accediendo a múltiples privilegios (un ejemplo de ello son los beneficios de tipo cambiario que se les concede con tan solo constituir una sucursal de la de la sociedad extranjera en el país de llegada)<sup>15</sup>.

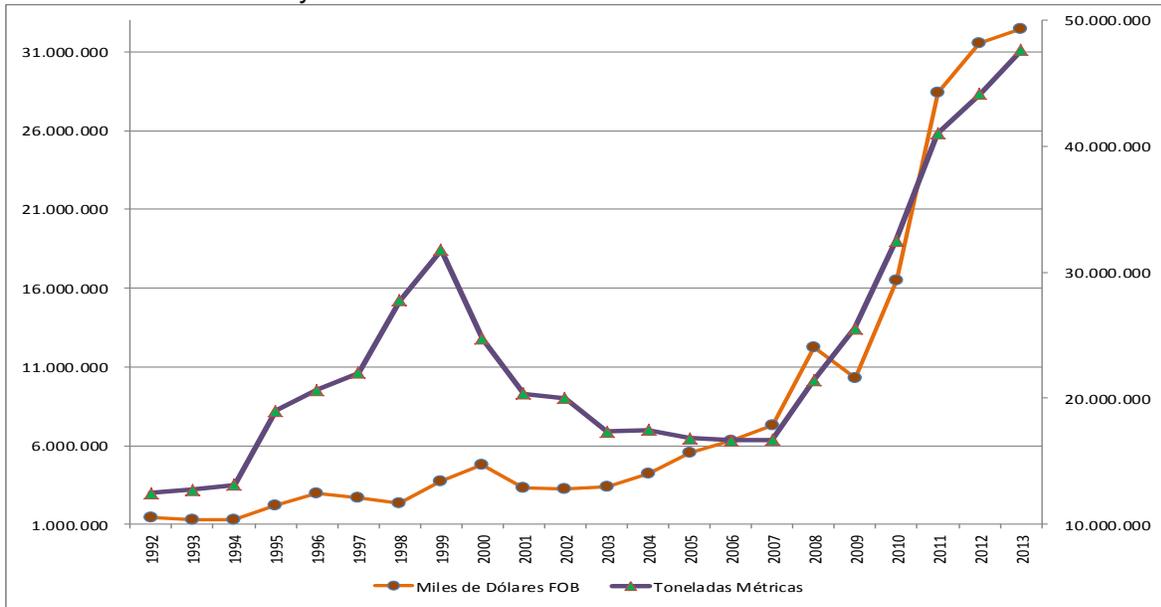
Gracias al poder económico de las compañías, estas influyen enérgicamente en las economías de los países productores, razón por la cual algunos países de Latinoamérica han decidido nacionalizar el petróleo. Una muestra clara la presenta Argentina quien fuera el primer país del mundo que decidiera nacionalizar este recurso, seguida por otros países de la región como México y Brasil, provocando una tendencia generalizada en la zona, favorecida por la creación de la OPEP en la que Venezuela juega un papel fundamental<sup>16</sup>

Los aspectos anteriores, reflejan el repunte de las exportaciones, las inversiones y las regalías que concede el sector. En la ilustración 5-5 se observa la evolución en las exportaciones de petróleo y sus derivados en Colombia.

<sup>15</sup> Las empresas petroleras con mayor participación en Colombia por producción de barriles diarios son: Ecopetrol, Meta Petroleum, Occidental de Colombia, Mansarovar Energy Colombia, Ceocolsa, Equion Energía, Gran tierra Energy, Petrominerales Colombia, Hocol S.A., Geopark Colombia, Petrobras Colombia, entre otras

<sup>16</sup> Algunas de estas compañías transnacionales que operan en Latinoamérica son la Exxon, Chevron, BP, Oxy, Maxus, Shell, Triton, Harken, Elf Aquitaine, Repsol, Lasmo, Petro Canadá, Canadian petroleum Petrobras, entre otras.

**Ilustración 5-5** Exportación de petróleo y sus derivados en Colombia. 1.992 – 2.013  
Miles de Dólares FOB y toneladas métricas



Fuente: Elaboración propia datos DIAN-DANE Cálculos: DANE

Para el año 2008 se presenta un punto de inflexión donde las exportaciones pasaron de 21.413.599 a 31.228.933 miles de dólares FOB en el 2012, la inversión extranjera directa aumentó de 2.954 millones de dólares a 12.823 millones de dólares y las regalías del sector de 5 billones a 22 billones<sup>17</sup>, permitiendo que Colombia se ubique en un sector privilegiado en el contexto petrolero regional compitiendo de cerca con Venezuela y Brasil.

Es claro que para el país resulta favorable convertirse en un nuevo competidor del sector en el mercado mundial, pero así como la industria petrolera reportó altos ingresos a la nación también hay otros sectores que se ven afectados provocando en la economía periodos de la enfermedad holandesa acentuados por situación de política monetaria de los Estados Unidos, donde se prolongaron los periodos de revaluación en 2010.

### Biocombustibles

La producción de biocombustibles ha comportado favorablemente desde el año 2006, donde cerca de los 40 mil millones de litros producidos fueron elaborados por Brasil y los Estados Unidos, sumando el 90% de la producción del periodo. Asimismo, del 6,5 mil millones de litros de biodiesel, el 75% fueron producidos por la Unión Europea, pero sin

<sup>17</sup> Cifras reportadas por la Dirección Nacional de Hidrocarburos del Ministerio de Minas y Energía 2013.

duda Brasil es el productor más competitivo y con mayor experiencia en la producción de etanol<sup>18</sup>. Este país emplea cerca de la mitad de la caña de azúcar que cultiva para producir etanol y su consumo es obligatorio. Otros países en desarrollo están iniciando programas de biocombustibles a base de caña de azúcar y palma y otras especies ricas en aceites como la *Jatropha* y de *Pongamia*<sup>19</sup>.

Brasil, Argentina y Colombia son los países de la región que figuran entre los principales productores de biocombustibles en el mundo. Actualmente, Colombia tiene cinco plantas que ya están produciendo etanol con fines industriales<sup>20</sup>, igualmente hay cinco proyectos de Biodiesel que han iniciado operaciones gradualmente. Con estas diez plantas el país producirá dos millones de litros diarios de biodiesel y un millón de litros diarios de etanol, que en términos comerciales apenas representa el nacimiento de una pequeña industria en la región si comparamos con las plantas, la producción y los ingresos generados por esta misma industria en Brasil.

Al presentarse el aumento en los precios del petróleo en los años 70s y 80s, Brasil incorporó una eficiente industria, iniciativa que es considerada como ejemplo a nivel mundial por el uso comercial dado a la biomasa para producir energía, además de los esfuerzos en investigación y desarrollo para mejorar la productividad de la caña de azúcar con fines energéticos, fabricas adaptadas para la producción de azúcar y/o etanol. La producción de bioetanol en Brasil está destinada principalmente al consumo doméstico, en donde el bioetanol alcanza más del 50% del consumo brasileño de gasolina en el transporte y cerca del 15% de la producción se destina a la exportación. (REN 2009)

Pero no solo Brasil se destaca en la región desarrollo de los biocombustibles, siendo Colombia el segundo latinoamericano que más participa en la producción de bioetanol, contribuyendo con menos del 1% de la producción mundial y durante el 2009 alcanzó niveles de producción de 315 millones de litros en base a caña de azúcar<sup>21</sup>.

---

<sup>18</sup> Brasil el mayor productor de Biocombustibles en el mundo generando pequeños oligopolios en toda la región que se han corroborado al observar como Petrobras que es la compañía más grande del sector en este país está comprando las empresas emergentes en Suramérica.

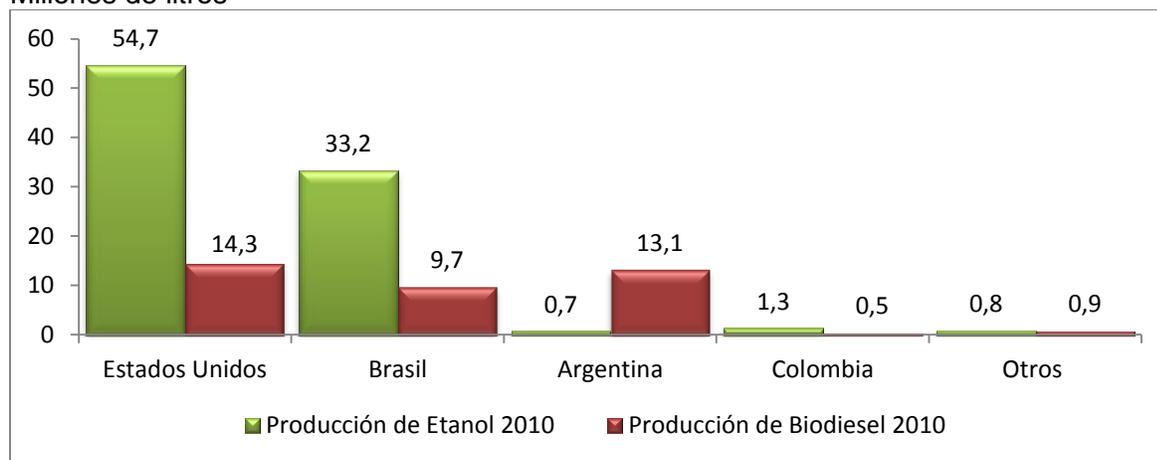
<sup>19</sup> La producción de Brasil y de los Estados Unidos suman el 80% de la oferta mundial. Así en Brasil, el total de la sustitución de los combustibles a base de petróleo llega actualmente a una poco más del 20% mientras que en Estados Unidos es apenas del 1,8%.

<sup>20</sup> Bioenergy es la planta más reciente instalada en el año 2013, pero que inició su operación productiva en 2015. Es la única planta en Colombia que produce 100% Etanol.

<sup>21</sup> Actualmente Colombia experimenta con yuca, papa y sorgo, siendo este primer insumo el que ha presentado mejores rendimientos.

Algunos países del caribe como Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Trinidad y Tobago; han tenido producciones constantes de etanol en los últimos años, desarrollando su producción bajo el amparo del acceso preferencial para sus exportaciones de bioetanol rehidratado hacia los Estados Unidos, el cual se importa previamente deshidratado desde Brasil. En la ilustración 5-6 se observa el porcentaje de producción de etanol y biodiesel de los principales productores en América Latina.

**Ilustración 5-6** Porcentaje de Producción de Etanol y Biodiesel en América. 2010  
Millones de litros



Fuente: DANE – Federación Nacional de Biocombustibles

Igualmente, se observan otros países que han iniciado su proceso de producción con balances favorables, es el caso de, Argentina, Uruguay, Perú y Paraguay, al lado de otros casos como el de México que aunque cuentan con una alta capacidad tecnológica para producir etanol mediante caña de azúcar, no cuentan con una capacidad de producción de bioetanol para satisfacer la demanda interna. En el caso de Chile, han optado por la producción de biocombustibles de segunda generación, dadas sus ventajas comparativas, experimentando con algas y celulosa, esperando suplir la demanda interna a través de importaciones. Otros países relevantes en la producción de Bioetanol son China con 2,1, Alemania con 1,5 billones de litros, Canadá con 1,4, Francia con 1,1, España con 0,6, entre otros. (Ver tabla 5-2)

En cuanto al biodiesel las cosas no parecen ser distintas, aunque su producción es relativamente pequeña comparada con la de bioetanol pero su mercado es igualmente concentrado. Para el 2011, la mitad de la producción mundial fue de solo cinco países (Alemania, Brasil, Argentina, Francia y Estados Unidos) y entre otros productores

importantes se encuentran Tailandia, Malasia, Colombia, España e Italia. En la tabla 5-2 se observa el ranking con los 15 países productores de Biocombustibles a nivel mundial.

**Tabla 5-2** Top 15 Países productores de Biocombustibles. 2011  
Top 15 Países productores de Biocombustibles  
Billones de litros diarios

País	Bioetanol	Biodiesel	Total
1. Estados Unidos	49	1.2	50.2
2. Brasil	28	2.3	30.3
3. Alemania	1,5	2.9	4.4
4. Francia	1,1	2.0	3.1
5. China	2,1	0.2	2.3
6. Argentina	0,1	2.1	2.3
7. España	0,6	1.1	1.7
8. Canadá	1,4	0.2	1.6
9. Tailandia	0,4	0.6	1.0
10. Italia	0,1	0.8	0.9
11. Indonesia	0,1	0.7	0.8
12. Bélgica	0,3	0.4	0.7
13. Polonia	0,2	0.5	0.7
14. Reino unido	0,3	0.4	0.7
15. Colombia	0,4	0.3	0.7
<b>Total Mundial</b>	<b>86</b>	<b>19</b>	<b>105</b>
<b>Total Unión Europea</b>	<b>4,5</b>	<b>10</b>	<b>14,5</b>

Fuente: Renewables 2011 – Global Status report

Guatemala no cuenta con producción de biodiesel pero tiene todo el potencial por sus abundantes cultivos de jatropha y palma africana. Ecuador sin embargo, muestra sus primeros avances con la producción de biodiesel a base de aceite de palma, encontrando obstáculos frente al precio internacional. México por su parte, produce una cantidad limitada de biodiesel debido a las restricciones en el uso de sus cultivos.

### 5.3 Mercado en Colombia

El consumo de biocombustibles a nivel mundial ha sido apoyado por políticas estatales y con regulación y apoyo al sector productor. En Colombia no somos ajenos a estas políticas, a partir del año 2001, empezó a construirse la Política Nacional de Biocombustibles (PNBC) estableciendo las primeras normas sobre el uso de etanol para el transporte, así como el estímulo a la producción, comercialización y consumo, obligando a incorporar un porcentaje de mezcla en los combustibles vendidos en las principales ciudades para expandirla luego al resto del territorio nacional. Posteriormente se estableció que el uso de Diesel también debía contener biocombustibles de origen animal o vegetal en las cantidades especificadas por el Ministerio de Minas y Energía (MME). De esta manera, Colombia posee ventaja comparativa en relación a otros países por su ubicación geográfica la cual propicio las condiciones climáticas, de suelos y amplias

zonas tropicales para la expansión de cultivos como la palma de aceite y la caña de azúcar que son los principales insumos para la producción de biocombustibles.

Desde la implementación del PNBC, las agroindustrias en Colombia han incrementado las iniciativas de Investigación y desarrollando nuevas plantas de Bioetanol y Biodiesel, en pro de la obtención de nuevos cultivos con fines energéticos. Tan solo en el año 2011 se consumieron en el país 845 millones de litros de biocombustible incentivados por la obligatoriedad en la mezcla establecida por el MME que fluctuaron entre E8 y E10 para el caso de la gasolina y el B7 y B10 para el ACPM, según la región.

### Bioetanol

La producción de etanol en Colombia ha estado impulsada por los grandes ingenios azucareros del suroccidente colombiano, focalizando la distribución en sentido sur-norte; estas compañías utilizan su producción de caña que luego es convertida en Etanol y vendida a las empresas mayoristas de combustibles quienes se encargan de realizar la mezcla<sup>22</sup>.

Según Fedesarrollo (2013), en los departamentos de Cauca, Valle, Risaralda y Caldas se concentra la mayoría de hectáreas sembradas de caña de azúcar, de las cuales 24% corresponde a tierras de ingenios y el 76% restante a más de 2.000 cultivadores de caña y estos a su vez abastecen a los 13 ingenios de la región: La Cabaña, Manuelita, Carmelita, María Luisa, Mayagüez, Providencia, Pichichí, Risaralda, San Carlos, Tumaco, Riopaila – Castilla e Incauca. En la tabla 5-3 se muestra la capacidad productiva del Bioetanol en Colombia.

**Tabla 5-3** Capacidad productiva de Bioetanol en Colombia. 2011 - 2014  
Miles de litros diarios

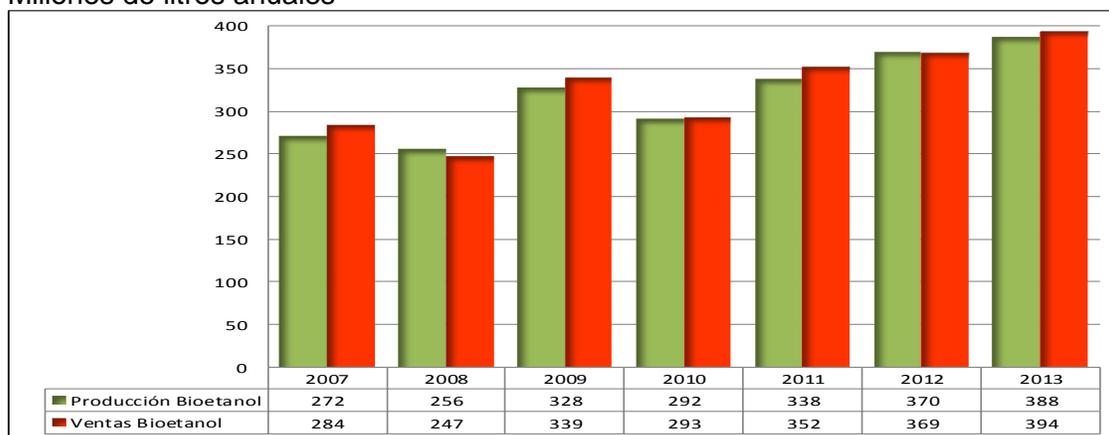
Empresa	2011	2012	2013	2014
Incauca	350	350	350	350
Providencia	300	300	350	350
Manuelita	250	250	250	250
Mayagüez	250	250	350	350
Risaralda	100	100	100	100
Riopaila - Castilla				400
Carmelita				
Pichichi				
Bioenergy			480	480
<b>Total</b>	<b>1.250</b>	<b>1.250</b>	<b>1.880</b>	<b>2.880</b>

Fuente: Asocaña – Bioenergy

<sup>22</sup> Actualmente, el Etanol sale de los ingenios desnaturalizado al 2%

La producción de Bioetanol en Colombia fue aproximadamente de 338 millones de litros en el año 2013, esto significa un aumento de 51,6% respecto a la producción de 2008 en el cual se produjeron 256 millones de litros. Comparado con el 2013, la producción llega a ser del 32,9% mayor que la reportada en el 2010. En la ilustración 5-7 se puede observar una comparación entre la producción y ventas de Bioetanol en Colombia.

**Ilustración 5-7** Producción y ventas de Bioetanol en Colombia. 2007 – 2013  
Millones de litros anuales



Fuente: Elaboración propia. Datos Fedebiocombustibles.

Asocaña (2012) refiere que para el año 2011, se produjeron 2,3 millones de toneladas métricas de volumen crudo (TMVC) de azúcar a partir de 22,7 millones de toneladas de caña. De alcohol carburante se produjeron 337 millones de litros, destinados a mezcla con gasolina en proporción E8 (8% de etanol – 92% de gasolina), de acuerdo con el mandato establecido por el gobierno.

## Biodiesel

En Colombia el principal insumo para la producción es el aceite de palma por presentar los mayores rendimientos frente a otros aceites y por la mayor eficiencia energética que representa. Según Fedebiocombustibles, en el país todas las regiones (centro, norte, oriente y occidente), resultan aptas para la producción de palma aceitera, por contar con las características apropiadas para el rendimiento del cultivo: suelos planos y fértiles, alta precipitación y luminosidad y afluencia de fuentes hídricas<sup>23</sup>.

La producción de biodiesel en Colombia es reciente, la primera planta abrió en 2008, y al ser la palma el insumo principal para la producción, fue necesario adaptar las tierras cultivadas para aprovechar su potencial energético y económico. El desarrollo de la

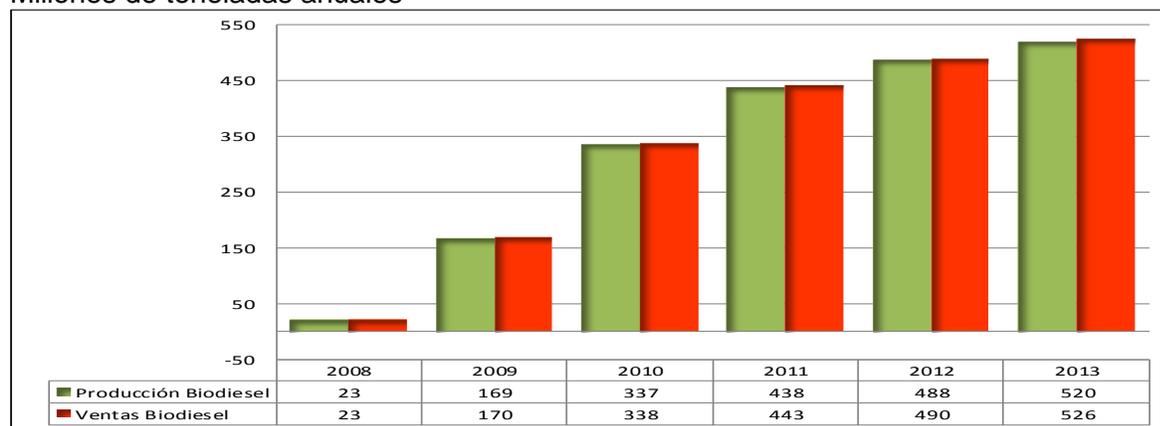
<sup>23</sup> En Colombia para el 2011, el rendimiento por hectárea sembrada fue de 16,58 toneladas.

industria se ha focalizado en la Costa Atlántica alrededor de las grandes plantaciones de palma en Bolívar y Cesar.

La producción en Colombia es de norte-sur, aunque en años recientes se han instaurado proyectos en los llanos orientales destinados a suplir la demanda de biodiesel en la zona centro del país. También existen algunos proyectos que buscan producir biodiesel a partir del aceite de la jatropha. Esta planta puede tener un futuro promisorio en el país y podría convertirse en motor de expansión de la frontera agrícola hacia la llanura alta de Vichada y Meta. En la ilustración 5-8 se observa que desde el año 2008 la producción y ventas de Biodiesel en Colombia ha aumentado de manera significativa, dados los cambios de normatividad, por la dinámica de crecimiento que ha tenido el uso de combustibles limpios y las perspectivas del sector.

**Ilustración 5-8** Producción y ventas de Biodiesel en Colombia 2008 – 2013

Millones de toneladas anuales



Fuente: Elaboración propia. Datos Fedebiocombustibles

La producción de biodiesel en Colombia fue aproximadamente de 526 mil toneladas en el año 2013, mostrando un aumento del 207,6% con respecto a la producción en el 2008, alcanzando un total de 169 mil toneladas. Con relación al año 2010, el aumento es más significativo, ya que la producción fue de 338 mil toneladas, lo que muestra una variación anual de 54,3% del 45% con relación al 2013. El país ha venido explorando diferentes formas de incentivar la producción, logrando que cada vez sean mayores las áreas destinadas para los cultivos y la instauración de plantas de procesamiento del producto, tal como se puede observar en los registros mostrados en la tabla 5-4.

**Tabla 5-4** Plantas de producción de Biodiesel en Colombia. 2013  
Toneladas – Galones por año

Región	Empresas	Toneladas/Año	Galones/Año	Fecha de inicio de producción
Norte	Oleoflores	60.000	18.180.000	enero de 2008
Central	Ecodiesel	115.000	34.845.000	junio de 2008
Oriental	BioD S.A.	115.000	34.845.000	febrero de 2009
Norte	Biocombustibles sostenibles del caribe S.A.	100.000	30.300.000	marzo de 2009
Oriental	Aceites Manuelita	120.000	36.360.000	julio de 2009
Norte	Romil de la costa	10.000	3.030.000	marzo de 2012
Norte	Biodiesel de la costa	10.000	3.030.000	abril de 2012
Norte	Odin Energy	36.000	10.908.000	enero de 2013
Oriental	Biocastilla	15.000	4.545.000	enero de 2014
<b>Total capacidad instalada</b>		<b>581.000</b>	<b>176.043.000</b>	

Fuente: Fedepalma

Son entonces los biocombustibles una alternativa viable por la rentabilidad que generan, ya que (en economías de pequeña y mediana escala) no solo garantizan al pequeño productor de alimentos la venta de sus cosechas, los costos de transacción se hacen más bajos porque se lleva el alimento (materia prima) directamente a la planta y lo mejor de todo es que no produce daño al medio ambiente; caso contrario a la generación de combustibles fósiles que requieren de investigaciones exhaustivas en los suelos para encontrar el mineral, aumentan los costos de transacción porque se deben instalar pozos y poliductos en las zonas de exploración y explotación (atentando contra el medio ambiente) donde se hace llegar por esta vía a las plantas donde finalmente se almacena y luego se transporta al productor mayorista. Todo lo anterior sumado a la volatilidad de los precios internacionales de petróleo que contribuyen aún más a que los biocombustibles se conviertan en una alternativa limpia y rentable en la que se estima que podría llegar a participar con el 8% de la energía necesaria para el transporte mundial en el año 2020.



## 6. Producción, comercio y consumo

Los también llamados agrocombustibles aparecieron no solo frente a la necesidad de mermar el impacto ambiental producido por los combustibles fósiles sino con el ánimo de combatir el incremento en los precios mundiales de petróleo. Con este propósito, se fueron desarrollando nuevas formas de producir energía para el uso del transporte y la mejor alternativa, la más rentable y la más amigable con el medio ambiente, fue la de evolucionar el uso que se le da a algunos cultivos hoy llamados energéticos.

El sistema energético de Colombia se vio amenazado por la posibilidad de perder autosuficiencia en petróleo en la época de los 70s y luego con la crisis económica de 2009; en las dos ocasiones se realizaron ajustes en la matriz energética y se giró el panorama a las nuevas formas de producir energía. Esta diversificación de los recursos dio cara a masificar el consumo de gas natural y en la implementación en el mercado interno de los biocombustibles. Dichos cambios trajeron la participación privada teniendo que poner en marcha mecanismos de regulación en las instituciones que se ocupan del sector energético, dando pie a la creación de organismos de control<sup>24</sup>. (UPME 2009)

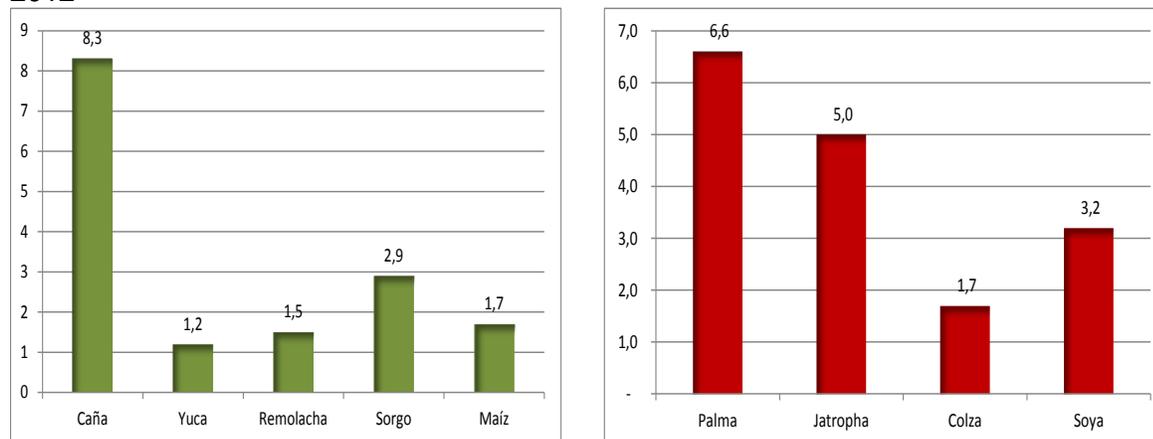
### 6.1 Principales insumos

Como se mencionó en el capítulo 1, los insumos más utilizados en la producción de biocombustibles son la caña de azúcar y la palma aceitera. Estos cultivos se han ido desarrollando y tecnificando para el uso exclusivo como combustible para máquinas y transporte, es así como en Colombia estos cultivos son cada vez más extensos y tecnificados. En la ilustración 6-1 se muestran los productos con mayor eficiencia energética en la producción de biocombustibles.

---

<sup>24</sup> Los organismos de control que se crearon para regular el sector fueron la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la Comisión de Regulación de la Energía y Gas (CREG) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

**Ilustración 6-1** Eficiencia Energética de las Materias primas para la producción de Bioetanol y Biodiesel 2012



Fuente: Ministerio de Minas y Energía 2012

### 6.1.1 Cultivo de Caña para el Bioetanol y para Azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), es una especie originaria de Nueva Guinea en el sureste asiático, que se expandió por el mundo para la producción de azúcar y cerca del 80% del azúcar que se produce en el mundo proviene de esta planta. Igualmente, hoy día se utilizan los productos y subproductos para la elaboración de papel y del mismo etanol. El mayor productor mundial es Brasil.

#### Aspectos productivos

El sector azucarero colombiano se encuentra ubicado en el Valle geográfico del Rio Cauca, que abarca 47 municipios desde el norte del departamento del Cauca hasta el sur del departamento de Risaralda. En esta región hay 225.560 hectáreas sembradas de caña de azúcar, de las cuales, el 25% corresponde a tierras propia de los ingenios y el 75% restante a 2,750 cultivadores de caña Ministerio de Agricultura (2013).

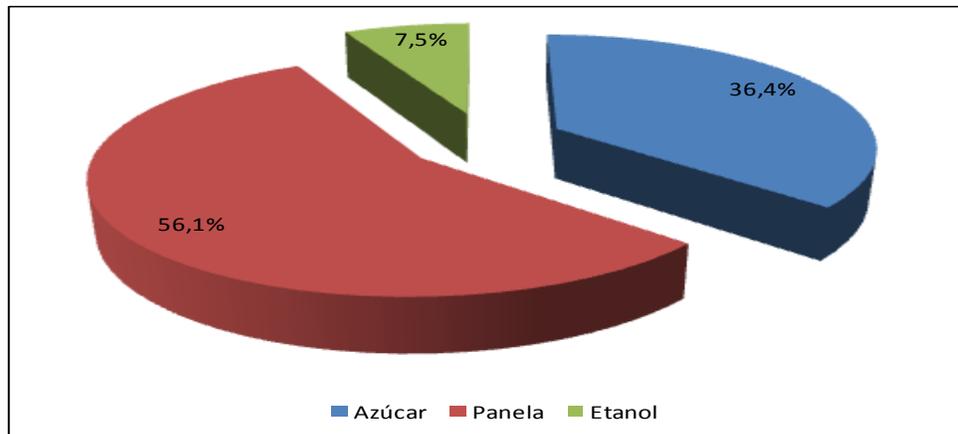
Según el Ministerio de Agricultura de Colombia, del total de cultivos de caña de azúcar (426.051 ha) más del 50% es usado para la producción de panela (227.222 ha) mientras el 40% es usado para la producción de azúcar (170.000 ha) y tan solo el 7% (28.727 ha) para etanol. Así, la producción de alcoholes carburantes a base de caña de azúcar se plantea como un alivio para los empresarios del azúcar que no requiere un incremento de la superficie del área sembrada, siendo una alternativa más rentable y estable que el mercado externo, cuyos precios son altamente fluctuantes. Se estima que

cerca del 40% del azúcar dirigido a la exportación se reorienta a la fabricación de alcohol carburante, permitiendo incrementar el ingreso del sector azucarero.

El sector azucarero en Colombia está conformado por 14 ingenios y más de 2.700 cultivadores de caña independientes, que poseen el 75% del área cultivada en caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Igualmente cuenta con cinco destilerías de alcohol, que han dispuesto los cinco ingenios. Asocaña estima que para el 2013 se invirtieron más de \$180 millones de dólares en sus destilerías, con una capacidad instalada de 1.250.000 litros de alcohol diarios.

La producción actual de etanol a base de caña de azúcar, se realiza con cultivos sembrados antes del año 2000, cuyo producto entonces se destinaba a los mercados externos. Actualmente, Colombia sigue siendo exportador neto de azúcar de caña, lo cual asegura el abastecimiento de la demanda interna sin afectar la seguridad alimentaria, igualmente se determina que el uso para el cultivo de caña y sus derivados en es mayor para el azúcar y panela en su conjunto que para el uso con fines de producir etanol, tal como lo muestra la ilustración 6-2.

**Ilustración 6-2** Uso de plantaciones de caña de azúcar en Colombia. 2013

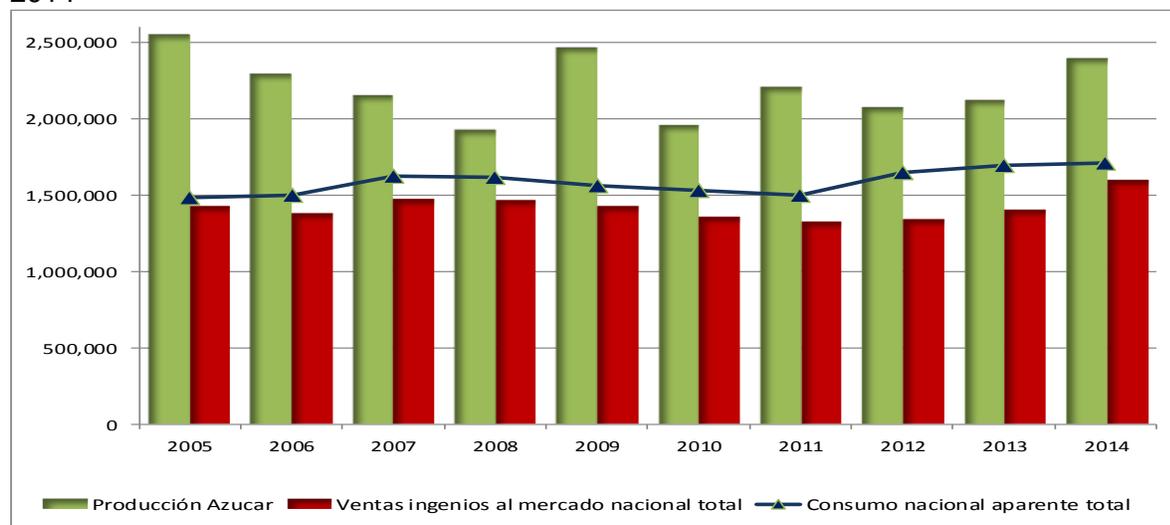


Fuente: Proexport Colombia

Según la FAO (2013), Colombia tiene la mayor tasa de rendimiento (122,47 ton/ha) entre los principales productores de caña de azúcar, superando a Brasil (79,2 ton/ha), India (68,7 ton/ha) y China (71,2 ton/ha). De igual forma es el más eficiente productor de azúcar con una tasa de 14,6 ton/ha, seguido por Australia con 11,5 ton/ha y Brasil con 9,5 ton/ha. Finalmente Colombia tiene una de las mayores productividades de etanol con 9.000 Lt/ha/año, superando a Brasil y Ecuador en un 50% y 55% respectivamente.

Al revisar la cadena económica de caña para Bioetanol y para Azúcar como alimento presentado en la ilustración 6-3, se observa que la producción para el consumo de los hogares como alimento, ha permanecido estable, con una mínima desaceleración en el año 2010, como consecuencia de la crisis económica sufrida en 2009, sin embargo, la producción ha mantenido un ritmo estable frente a las necesidades del consumo interno. Solo una pequeña porción del consumo se ha tenido que suplir por medio de importaciones. Esto deja ver como la producción interna alcanza a satisfacer la demanda de los hogares en el país.

**Ilustración 6-3** Producción, Ventas y Consumo de caña de azúcar en Colombia. 2005 - 2014



Fuente: Elaboración propia con datos de Asocaña

Igualmente, al revisar los cambios presentados en la producción de azúcar, se observa que en los periodos en que la producción ha tenido variaciones negativas, las importaciones del producto se incrementan sin que esto afecte el consumo doméstico como se observó en la ilustración 6-3. Sin embargo, en los periodos en los que las importaciones de azúcar ha tenido variaciones positivas, la producción de bioetanol también se incrementan, mostrando estabilización en el año 2010 cuando se decretaron políticas para combatir la crisis del año anterior<sup>25</sup>.

El mercado azucarero tuvo su mayor época de expansión entre 2008-2009 debido al incremento en las exportaciones y entre 2005-2006, por la entrada en funcionamiento de

<sup>25</sup> Una de las medidas adoptadas y talvez la más importante, fue el cambio en la reglamentación de la mezcla, pasando del 10% al 8%.

las cinco plantas de Etanol. Para el año 2008 tuvo un leve descenso con respecto al año 2007, debido al bajo precio del azúcar en el mercado internacional, el aumento en los costos de producción, el prolongado invierno y el paro de los corteros. Así mismo, mientras las exportaciones se incrementan de 2008 a 2009 en un 120%, la producción aumentó en 28%, cuando los precios internacionales superaron el valor de 16 centavos de dólar, situación que representó para los ingenios un mayor margen de utilidad al destinar la caña de azúcar para la producción de azúcar para exportar en lugar de dedicarla a la producción de alcohol carburante. Dicha producción reportó un incremento entre 2009 y 2008 en un 28% mientras las ventas al mercado interno disminuyeron 2%, entre otras por la modificación reglamentada por el gobierno sobre la mezcla de alcohol carburante. (Ver ilustración 6-4)

**Ilustración 6-4** Variaciones en la producción e Importaciones de azúcar y producción de Bioetanol



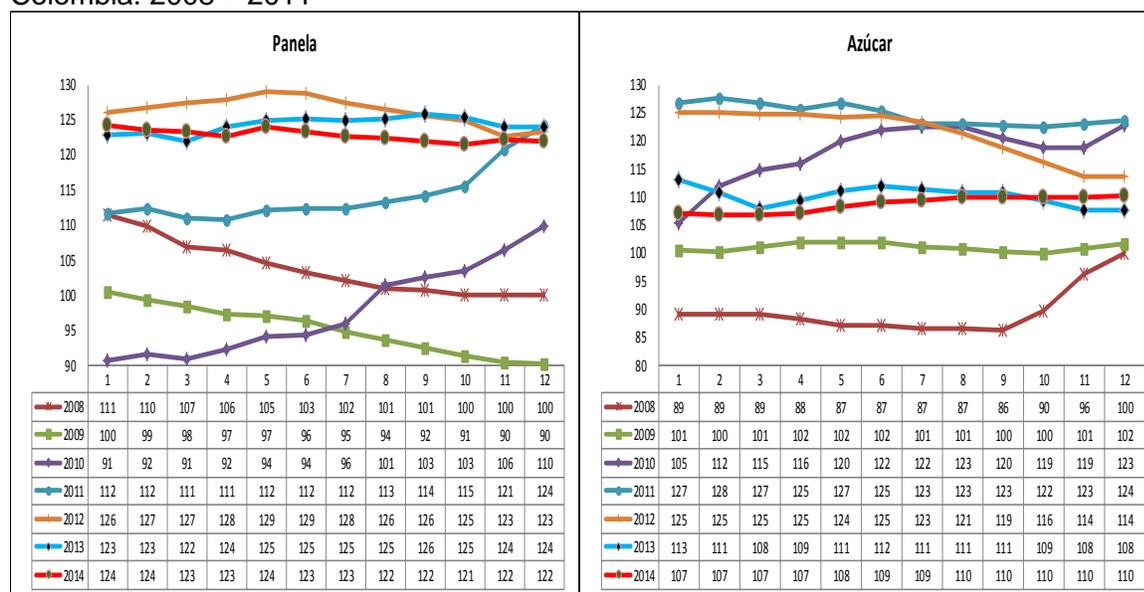
Fuente: Elaboración propia con datos DANE

### Precios del Azúcar y el Alcohol carburante

El azúcar, al ser un edulcorante de uso diario y cuyo sustituto principal es la panela, que también proviene de la caña de azúcar, resulta uno de los productos básicos de la canasta familiar de los colombianos, lo que conlleva a que el precio de uno incida de manera directa sobre el otro. Dado que el precio del azúcar en Colombia se rige por los precios internacionales, el negocio de los derretideros pierde su principal incentivo porque resulta más rentable vender azúcar. En este contexto, para el año 2000, se tuvo que retirar del mercado 536.301 toneladas de azúcar. La estabilización llegó a medida que la producción de Bioetanol se fue desarrollando y perfeccionando.

En este sentido, la evolución de los precios de estos sustitutos, muestra algunos cambios estructurales. Los precios de la panela siempre han tenido un comportamiento estable, incluso con las crisis de producción en el 2010, efecto de la crisis para los paneleros colombianos, sin embargo, a partir del 2012 se nota un comportamiento estable, casi igual para los últimos meses de 2011 a 2014, situación que no afecta el consumo de los hogares. Este comportamiento se observa en la ilustración 6-5.

**Ilustración 6-5** Estacionalidad de los precios al consumidor de la panela y del azúcar en Colombia. 2008 – 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de IPC – DANE

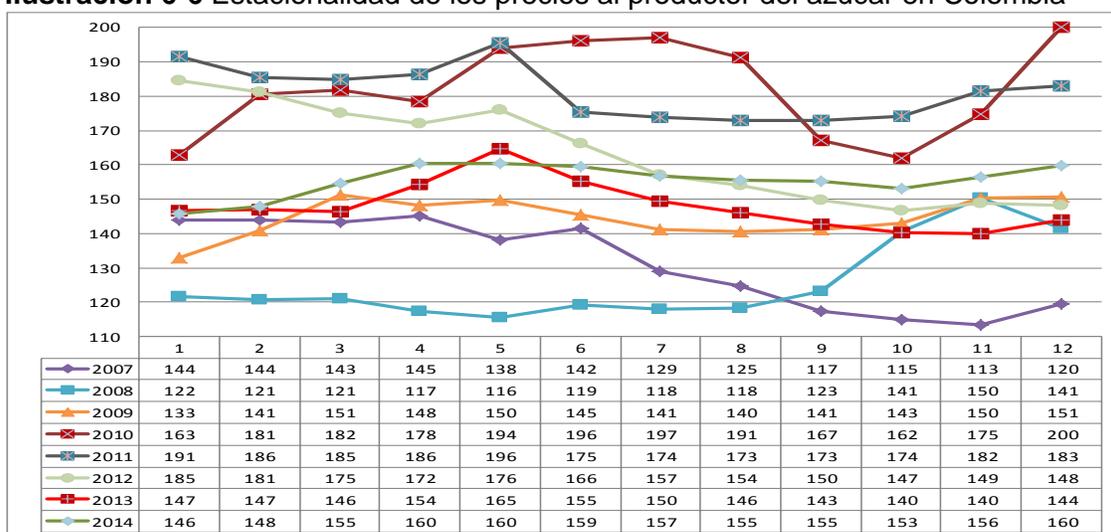
Frente a los precios del azúcar, el comportamiento es distinto, mostrando inestabilidad y aumento acelerado, producto del aumento de los precios internacionales del azúcar. Así mismo, las distancias entre 2008 y 2011 en los precios de los productos, muestra que mientras disminuían los precios de la panela, los del azúcar aumentaban en el 2008 y para el 2009 a partir del sexto mes del año, los precios de la panela presentaron un descenso importante mientras los del azúcar permanecían estables, esto por la reconversión de los precios internacionales por la crisis del 2009. Sin embargo, se observa un comportamiento más fluctuante entre los precios de la panela (por ser un sustituto perfecto del azúcar), contrario a lo que observado con el azúcar que mantiene una dinámica de precios estable, excepto por los periodos en que el sector ha presentado crisis. Lo anterior se puede observar con mayor detalle en la ilustración 6-5.

Analizando el mercado desde el punto de vista de los productores, se observa que entre los años 2008 y 2010 se presentaron las mayores alzas en el precio del azúcar, así

mismo, fue más rentable exportar el producto que producir etanol. La producción de azúcar de caña ha permanecido estable, excepto por los periodos comprendidos entre 2007 y 2009 previendo la crisis económica, sin embargo, para el año 2010 y 2011 se estabiliza nuevamente la producción y los precios. Igualmente la producción de etanol a base de caña es mínima comparada con la producción de azúcar para la alimentación, ratificando que el consumo de la canasta básica no se afecta de ninguna manera. Lo anterior se observa en la ilustración 6-6.

Es importante resaltar que no existe ninguna evidencia aparente de que el consumo de azúcar se haya visto afectado, sin embargo, es claro que existen bienes sustitutos que por condiciones de ingreso si pueden alterar los patrones de consumo mas no vulnerar la seguridad alimentaria o causar deficiencias alimentarias; esto partiendo de una canasta básica que supla la dieta balanceada de las familias, especialmente de los miembros que sean menores de edad o adolescentes en crecimiento.

**Ilustración 6-6** Estacionalidad de los precios al productor del azúcar en Colombia



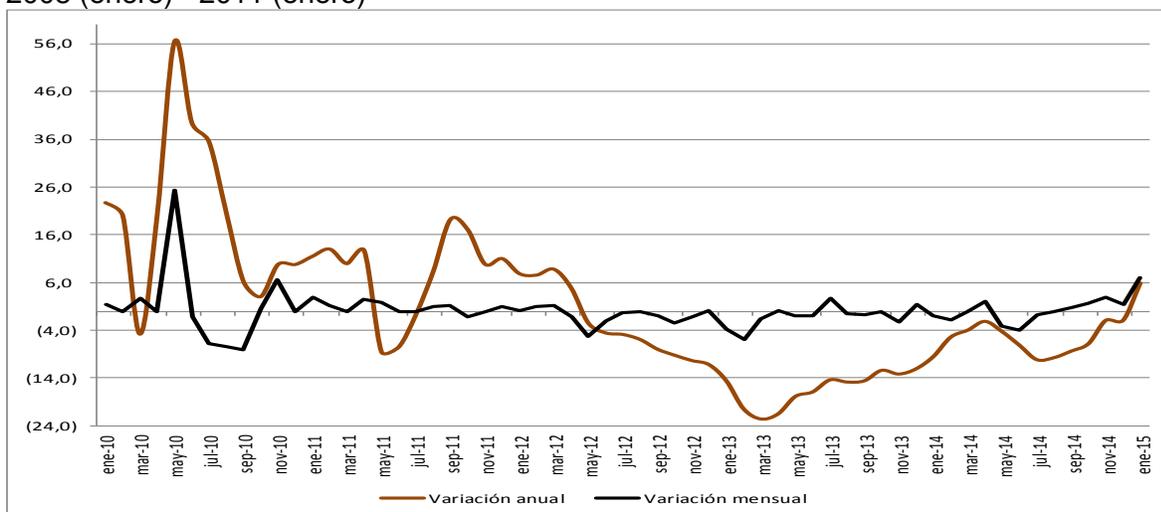
Fuente: Elaboración propia con datos de IPP – DANE

Colombia no interviene activamente en el mercado internacional del azúcar, por recibir subsidios a menor escala a la producción, en comparación a países como Estados Unidos o la Unión Europea. En ocasiones el mercado interno sufre sobreoferta, provocando menores precios domésticos. Por tanto, el riesgo del menor atractivo para el mercado externo por precios bajos, es que el precio interno disminuya, hasta alcanzar niveles que conviertan al negocio de nuevo atractivo para el país. Esto convierte Colombia en un país tomador de precios, lo que implica que el costo de importación sea un techo de precios del mercado interno.

Si se compara el precio interno en Colombia con el precio interno de otros países con un mercado azucarero fuerte, Colombia mantiene un rango medio de los precios frente al registrado en el resto de países productores de azúcar y así mismo es de esperar que el aumento de precios al productor provoque un aumento de precios de los productos que se elaboran con azúcar y que además la intermediación agregue elementos ajenos al comportamiento de los precios al salir de los ingenios.

Frente al comportamiento de los precios del Alcohol carburante, se observan variaciones importantes en periodos del año 2009 y 2010 dados los cambios en la reglamentación de la mezcla, cambiándola del 10% al 8%. Sin embargo, a partir del año 2011 se registra un comportamiento estable de los precios, especialmente en marzo de 2013 donde el precio disminuyó en \$1998 por galón. Esos cambios se pueden apreciar en la ilustración 6-7.

**Ilustración 6-7** Variación mensual en el precio del Alcohol Carburante en Colombia. 2008 (enero) - 2011 (enero)



Fuente: Elaboración propia con datos de Ministerio de Minas y Energía

Para aumentar el porcentaje de mezcla de Bioetanol en la gasolina para el mercado nacional y desarrollar una industria exportadora de bioetanol, se debe aprovechar de mejor manera la disponibilidad actual de tierras. Según el IGAC, en 2012 existían más de 34 millones de hectáreas destinadas a la ganadería extensiva subtituladas con menos de 0,5 animales por hectárea, la mayoría de estas se encuentran en zonas aptas para la producción de diferentes cultivos, de allí que exista disponibilidad extensiva de tierras para desarrollar cultivos con destino a los biocombustibles sin afectar la seguridad alimentaria de la población.

### 6.1.2 Cultivo de Palma de aceitera para el Biodiesel

La palma (*Elaeis guineensis*), es originaria de África occidental, del golfo de Guinea, es una especie tropical que se ha convertido en uso de los cultivos oleaginosos más importantes del mundo. Del fruto y la semilla se extrae el aceite de palma y de palmiste respectivamente, que tienen muchos usos, entre ellos como aceite de cocina, para usos industriales y hoy día para la producción de biodiesel. La producción de aceite de palma representa el 36% de la producción mundial de aceites vegetales. Malasia e Indonesia son responsables del 86% de la producción mundial de aceite de palma, siendo Colombia el mayor productor del continente americano y cuarto en el mundo, con el 62% de la producción continental<sup>26</sup>. (De Souza 2010).

La palma de aceite es un cultivo cuya vida útil puede llegar a ser hasta de cincuenta años, aunque a partir de los veinticinco o treinta años se dificulta su cosecha por la altura del tallo que llega a alcanzar los 20 metros, por lo que muchas veces dejan de ser rentables. Los frutos se comienzan a producir a partir de los dos años y medio de plantado y a los cinco años llega al máximo de producción. El aceite se extrae de los frutos maduros que presentan coloración rojiza – amarillenta y se estima que se obtienen entre 2.600 y 2.800 litros de biodiesel por hectárea. La producción inició de forma modesta en 2007 esperando iniciar con una mezcla al 5% y cuya capacidad debería acercarse a unas 800 mil toneladas al año.

#### Balance palmero

La cadena productiva del Biodiesel se divide en tres etapas: agrícola, industria y de servicios. En la primera fase se encuentran los cultivadores de palma africana o aceitera, pasando por los que practican métodos artesanales y empíricos hasta los que poseen cultivos de grandes extensiones y que cuentan con tecnologías avanzadas. Conjuntamente se encuentran los proveedores quienes se encargan de suministrar los insumos a los cultivadores tales como semillas, plántulas, agroquímicos y fertilizantes.

El sector industrial se encarga, de extraer el aceite crudo de palma, actividad que generalmente se lleva a cabo en centros de acopio cercanos a los cultivos. Este subproducto de la palma se puede utilizar en la industria cosmética, la producción de alimentos y de concentrados para animales. En segunda instancia, el proceso es el de la

---

<sup>26</sup> La producción inició de forma modesta en 2007, esperando iniciar con una mezcla al 5% y cuya capacidad debería acercarse a unas 800 mil toneladas al año.

producción de biodiesel a través del proceso de transesterificación. Finalmente, el sector servicios está conformado por todas las empresas que participan en la distribución y venta del biocombustible obtenido, incluyendo a las plantas de almacenamiento y mezcla, centros de distribución y las estaciones de servicio.

En cuanto a la siembra de palma aceitera en Colombia, Fedepalma estima que para 2013 hubo 476.782 ha que se encontraban en fase de producción y 29,8% en desarrollo. El área de producción mostró un incremento del 11,5%, superior al crecimiento de la producción de crudo (6,8%) lo que indicó un menor rendimiento por ha para ese año. En la tabla 6-1 se muestra la desagregación regional de cultivos de palma de aceite, observando que la zona norte tiene una cierta ventaja frente a la zona central y la zona oriental y finalmente la zona occidental con el menor número de Departamentos y municipios respectivamente de zonas cultivadas.

**Tabla 6-1** Agrupación de los departamentos y su número de municipios cultivadores de Palma de aceite, según zonas palmeras. 2012

Zonas palmeras	Departamentos	N° de municipios
Zona oriental	Casanare, Cundinamarca, Meta	30
Zona norte	Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cesar, Chocó, Córdoba, La Guajira, Magdalena	42
Zona central	Antioquia, Cundinamarca, Bolívar, Cesar, Norte de Santander, Santander	33
Zona sur-occidental	Caquetá, Cauca, Nariño	3

Fuente: Fedepalma

Igualmente, en la tabla 6-2, se observa la evolución del fruto procesado en el periodo comprendido entre 2008 y 2012, mostrando que tanto la región oriental como la norte han tenido una producción sostenible, siendo las regiones con mayor participación en la producción; contrario a lo mostrado por la región sur-occidental, mostrando un descenso en las áreas cultivadas y con la menor participación en la producción del fruto.

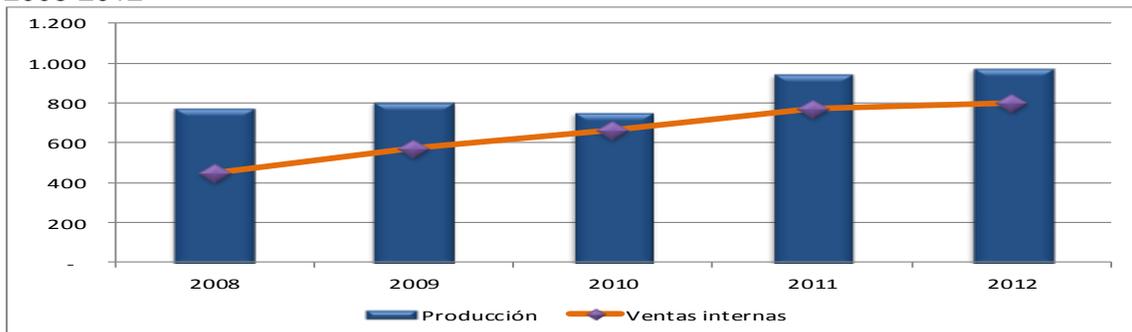
**Tabla 6-2** Evolución fruto procesado 2008 - 2012

	2008	2009	2010	2011	2012	Part (%)
Oriental	1,106,582	1,232,489	1,169,690	1,718,535	1,680,055	37.2%
Norte	1,161,926	1,249,521	1,312,674	1,525,466	1,698,142	33.1%
Centro	1,296,197	1,272,310	1,231,015	1,316,063	1,232,914	28.5%
Sur-Occidental	236,212	106,913	64,159	53,741	59,749	1.2%
<b>Colombia</b>	<b>3,800,916</b>	<b>3,861,232</b>	<b>3,777,539</b>	<b>4,613,805</b>	<b>4,670,860</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Fedepalma

Desde el punto de vista de la producción, se observa en el año 2010 una mínima diferencia entre las ventas internas y la producción debido a los rezagos de la crisis económica del año 2009, entre otras cosas, la estabilización entre la producción y las ventas internas se explica por los cambios en el uso de la tierra y de factores de producción encaminados a la producción de aceite de palma. En la ilustración 6-8 se presenta una serie de 2008 – 2012 que registra la producción y las ventas de aceite de palma en Colombia.

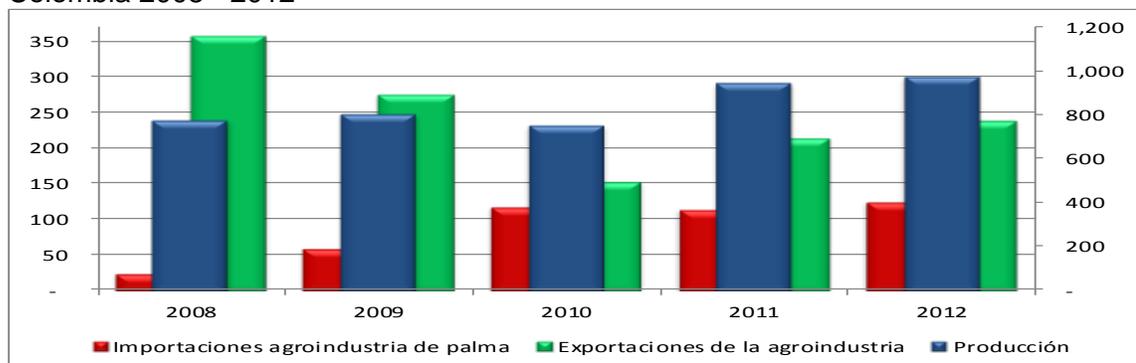
**Ilustración 6-8** Producción y ventas de aceite de palma en Colombia 2008-2012



Fuente Fedepalma

Frente al comportamiento del comercio exterior, se encuentra un panorama similar al de la producción, ya que para el año 2010 suplió la demanda interna pero con dificultades para la exportación, disminuyendo en un 44%, y aumentando las importaciones que crecieron en un 95% con respecto al año 2009. Una de las ventajas grandes que posee Colombia es su potencial de tierras disponibles para la producción. En palma del aceite sólo están sembradas 329.450 ha de las 3.273.282 ha que tiene en potencia; mientras que en cultivo de caña de azúcar solo tienen 481.952 de las 3.898.221 disponibles, según el informe de Estrategia Nacional de Biocombustibles del Ministerio de Minas y Energía.

**Ilustración 6-9** Importaciones, exportaciones y producción de aceite de palma en Colombia 2008 - 2012



Fuente Fedepalma

Según Fedepalma, el uso que se puede hacer de 40 millones de Ha subutilizadas en ganadería extensiva, las cuales tienen potencial para siembras de palma, higuera, yuca, madera, caña de azúcar, entre otros cultivos. Esta extensión podría crecer más, ya que el sector ganadero también planea su estrategia para triplicar la capacidad de carga de animales por Ha, que la elevaría de un promedio de 0,5 a 1,5 reses, lo que contribuirá a usar menos tierra para pastoreo y dejar libres varios terrenos.

En cuanto a la inversión, el gobierno ha recibido ofertas de inversionistas extranjeros procedentes de Europa, Corea, China, Brasil, Estados Unidos y Canadá interesados en el negocio de los biocombustibles pues las condiciones climáticas, la estabilidad del suelo y otras externalidades como la confianza producida por los avances en cuanto a la seguridad, crean el ambiente adecuado para invertir en el país. Contrario a la estrategia planteada por países como Venezuela y Cuba que están incentivando la producción y uso de bioetanol únicamente a partir de la caña de azúcar dada su preocupación por garantizar la soberanía y seguridad alimentaria de sus habitantes aun cuando no son países como Colombia que basan su economía en el sector primario.

Frente a lo anterior, se ha visualizado el panorama productivo y comercial, además de las ventajas que posee Colombia para hacer de los biocombustibles una industria rentable y sostenible, que no compita con los cultivos tradicionales, mostrando que no se afecta la soberanía y seguridad alimentaria de la población, al tener garantizada la producción para el mercado interno al no ser un competidor nato en mercados externos.

## **7. Costos económicos, sociales y culturales**

Si bien la creciente industria de los biocombustibles ha generado una ventaja competitiva en la región, es preciso mencionar otros aspectos controversiales detrás de las bondades de la industria. Se afirma que se pueden generar efectos nocivos y que se perjudican las condiciones de vida de la población, también que se incrementan los precios de los alimentos y como consecuencia se puede vulnerar la seguridad alimentaria; que se presentan modificaciones en los patrones de producción, dados los cambios de adaptar nuevas tecnologías y que los impactos ambientales pueden ser mayores que los de la industria de los combustibles fósiles al necesitar cambios en el uso de la tierra y altas cantidades de agua para su sostenibilidad. A continuación se presenta un análisis detallado de dichas consideraciones.

### **7.1 Utilización de los factores de producción**

Tal vez el argumento más fuerte y que ha sostenido la producción de biocombustibles, es el efecto positivo que tiene el medio ambiente, al combatir la toxicidad que produce la industria de los combustibles fósiles, pues ayudaría a reducir la concentración de gases de efecto invernadero y contribuiría al ahorro de energía. En el caso de la gasolina, entre más alto sea el contenido de alcohol en la mezcla, menor será el riesgo de contaminación del ambiente. Por ello los países productores han definido parámetros específicos de las mezclas según el crecimiento de la población. En el caso de Colombia, se ha convertido en prioridad llegar a ser autosuficiente en la producción tanto de combustibles fósiles como los de origen vegetal y por eso proyecta tener mezclas de 20% al 25% en 2020.

#### **Uso de la tierra**

El uso de las tierras destinadas a la siembra de cultivos alimenticios se podría ver afectada solo si estos son reemplazados por su finalidad original para producir biocombustibles. Teniendo en cuenta que para los países de América Latina, más del 50% de la población genera sus ingresos del sector rural y que aproximadamente el 23% de sus habitantes viven en condiciones de pobreza. Si apareciera un cultivo que generara más rentabilidad que los cultivos tradicionales, estos encaminarían sus esfuerzos por tratar de ser parte de este nuevo mercado,

---

sin embargo estas innovaciones deben ir acompañadas de políticas claras respecto no solo al uso de la tierra sino de las reservas naturales, así como de regulaciones que permitan establecer un equilibrio entre la cantidad de producto generado para el consumo alimenticio y el generado para el uso de la industria de biocombustibles, con el fin no poner en riesgo la seguridad alimentaria.

La producción de biocombustibles requiere del uso de grandes extensiones de tierra fértil, por lo cual surge el interrogante si el uso extensivo de tierras destinadas a los cultivos y a la cría con fines de la alimentación humana, se tengan que ver transformadas para producir insumos para la industria de los biocombustibles.

En términos de tierra, la superficie sembrada en cultivos con proyección de biocombustible (caña de azúcar, caña panelera y palma africana) pasó de 318 mil Ha (7,4% del total de tierras cultivadas) en 1980 a 560 mil (14,2%) en 2001, lo cual representa una dinámica de crecimiento de 2,1% promedio anual. A partir de 2002 donde comienza a proyectarse la política de biocombustibles en Colombia y hasta 2006, la tierra sembrada se incrementa en 207 mil Ha, duplicando su crecimiento al 4,4% anual y alcanzando para ese año un total sembrado de 800 mil Ha (18% del total de tierras cultivadas) Pérez (2003).

Al respecto, Giraldo (2013) considera un reto para el gobierno, el que las tierras en Colombia se subutilicen, pues se posee una superficie continental total de 114,17 millones de Ha, de las cuales en 2010, para la agricultura, se destina 4,9 millones de Ha, las tierras para uso forestal son de 21,6 millones de Ha pero su uso actual es de 9,9 millones de Ha, por el contrario la ganadería tiene un potencial de 20 millones de Ha para ser explotadas, pero actualmente se están usando 38,6 millones de Ha.

Frente a este punto, los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria, mostró para el año 2013 el 80,3% del suelo se destina a actividades pecuarias, el 7,3% a uso agrícola, el 10,3% a bosques y el 2,1 a otros usos. La tabla 7-1 muestra la superficie total de uso del suelo según uso.

**Tabla 7-1** Superficie total de uso del suelo, según uso. 2012 – 2013

Uso del suelo		2012	2013
		Ha	Ha
<b>Total 22 departamentos</b>		<b>37,654,454</b>	<b>37,815,536</b>
<b>Uso agrícola</b>	<b>Total Agrícola</b>	2.963.731	2,755,271
	Transitorios	727,616	655,157
	Barbechos	361,259	378,169
	Transitorios + barbechos	1,088,875	1,033,325
	Permanentes	1,797,704	1,676,022
	Descanso	77,152	45,923
<b>Uso pecuario</b>	<b>Total pecuario</b>	<b>30,000,649</b>	<b>30,362,366</b>
	Pastos y forrajes	19.554.514	20,258,039
	Malezas y rastrojos	6,431,079	7.139.864
	Vegetaciones especiales	4.015.056	2.964.464
<b>Uso en bosques</b>	<b>Total uso de bosques</b>	<b>3,594,003</b>	<b>3,897,645</b>
	Bosques naturales	3,197,912	3,466,546
	Bosques plantados	396,091	431,099
<b>Otros usos</b>	<b>Total otros usos</b>	<b>1,001,152</b>	<b>800,253</b>
	Cuerpos de agua	351,019	280,813
	Eriales y afloramiento rocoso	161,469	157,935
	Otros fines	449,001	322,612
	Infraestructura agropecuaria	39,663	38,893
<b>Área perdida</b>		<b>94,720</b>	<b>-</b>

Fuente: DANE – ENA 2013

Según un estudio del BID contratado para Colombia en el año 2013, el cambio en el uso de la tierra para producir materias primas para biocombustibles, debe analizarse desde el uso que tenía previamente, teniendo presente un impacto ambiental importante desencadenado por la deuda de carbono al cambio en el uso que en algunos casos puede cubrir varios años, indicando que solo áreas con una reserva de carbono baja y los matorrales de montaña o pastizales, son aptas para el cultivo de materias primas para biocombustibles<sup>27</sup>. También señalan, que el cambio en suelo agrícola, por lo general no es apto para este tipo de cultivos debido al posible cambio en el uso indirecto de la tierra y por los posibles efectos negativos en la seguridad alimentaria. Otro de los efectos que consideran de usar este tipo de suelo, son los posibles riesgos ambientales por la presión en los ecosistemas naturales que se podrían evitar realizando una adecuada planeación del suelo y medidas específicas o evitar el cultivo en tierras explotadas anteriormente<sup>28</sup>.

## 7.2 Consideraciones ambientales

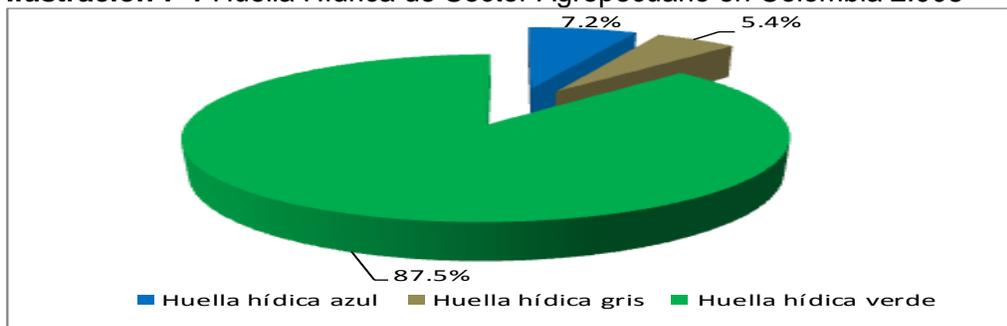
Uno de los recursos más importantes para la producción de biocombustibles es el agua. Este es tal vez el más importante, pues se requiere de su uso en dos etapas: en el crecimiento de las materias primas y en proceso de producción de plantas, donde se cree que el principal efecto ambiental corresponde a la contaminación por los fertilizantes, pesticidas y sedimentos (superficiales y subterráneos), así como las aguas residuales producidas por la refinación. La

<sup>27</sup> Como se ha mencionado a lo largo del documento, existen investigaciones para que de este tipo de cultivos se puedan desarrollar biocombustibles de segunda generación.

<sup>28</sup> El estudio llamado “Estrategia de Energía Sustentable y Biocombustibles para Colombia”, es el resultado de una cooperación técnica del BID y el Fondo Especial Japonés, impulsado por el Ministerio de Minas y Energía de Colombia, para promover el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas no Convencionales –PROURE- del gobierno de Colombia.

huella hídrica<sup>29</sup> de los principales cultivos energéticos, muestra que la caña de azúcar para etanol y la palma aceitera para biodiesel, son los cultivos más eficientes en el uso del agua. Según un estudio realizado por World Wildlife Fund for Nature (WWF Colombia) para Colombia, en 2008 la huella hídrica del sector agrícola en el país muestra que 34.242 Mm<sup>3</sup>/año representan la huella hídrica verde (88%), mientras 2.804 Mm<sup>3</sup>/año representan huella hídrica azul (7%) y 2.098 Mm<sup>3</sup>/año representan la huella hídrica gris (7%). Lo anterior se observa en la ilustración 7-1, tabla 7-2.

**Ilustración 7-1** Huella Hídrica de Sector Agropecuario en Colombia 2.008



Fuente: WWF Colombia 2008

Para la Gómez, Samaniego y Antonissen (2008), resulta difícil establecer una generalidad sobre la utilización de agua en los cultivos energéticos, ya que la escasez de agua es un fenómeno que tiene una expresión principalmente local, y que está asociada a las condiciones específicas de cada región, que debería resultar del equilibrio entre la disponibilidad y la demanda, por lo cual se dificulta medir o evaluar los posibles efectos de la producción de biocombustibles frente a la disponibilidad de recursos hídricos en la fase agrícola.

Castiblanco y Hortúa (2014) consideran que aunque la contribución de cultivos energéticos en la demanda mundial de agua en la agricultura es modesta (a pesar de que se calcula que alrededor del 1% del agua extraída para fines agrícolas se utiliza para el riego de materias

<sup>29</sup> Huella hídrica verde: se refiere al consumo de agua almacenada en el suelo, proveniente de la lluvia y que mantiene la vegetación sin necesidad de riego. Satisface una demanda sin requerir para ellos la intervención humana.

Huella hídrica azul: se refiere al consumo de agua, asociado a una extracción o fuente de agua y/o subterránea para satisfacer la demanda originada en un proceso. Cuantifica la pérdida de agua disponible (evaporación, cambio de cuenca o incorporación de producto), a causa de consumo determinado. Requiere de la intervención humana.

Huella hídrica gris: se define como el volumen de agua para asimilar la carga de contaminantes por parte de un cuerpo receptor, tomado como referencia las normas de calidad ambiental, asociando los límites establecidos a una calidad buena para el ambiente y las personas.

primas), las necesidades de agua para producir biomasa son altas y pueden estar alrededor de 70 a 400 veces más que los requerimientos de otras formas de energía como los combustibles fósiles, la energía eólica y la solar; pero que depende de factores como el tipo de cultivo, el tipo de suelo, el clima, las prácticas agronómicas y la eficiencia en las tecnologías utilizadas en la producción. Así mismo, reconocen que los impactos en el ecosistema, no son diferentes en los cultivos agrícolas que en los cultivos para el biocombustibles, ya que en general, la agricultura suele aumentar el servicio de aprovisionamiento (alimentos, combustibles, madera, agua) a expensas de otros servicios del ecosistema como los de servicios de regulación (recarga de aguas subterráneas, control de inundaciones, control de sedimentos, entre otros). Los efectos, entonces se verían en los sistemas de riego reduciendo los cuerpos de agua en temporadas secas.

**Tabla 7-2** Huella Hídrica de los principales cultivos energéticos

Cultivo	Huella hídrica Total (m <sup>3</sup> / GJ)	Huella hídrica Agua azul (m <sup>3</sup> / GJ)	Huella hídrica Agua verde (m <sup>3</sup> / GJ)	Agua Total (L/L)	Agua Azul (L/L)	Agua Verde (L/L)
<b>Etanol</b>	<b>m<sup>3</sup>/GJ de Etanol</b>			<b>L de agua/L de Etanol</b>		
Remolacha	59	35	24	1388	822	566
Papa	103	46	56	2399	1078	1321
Caña	108	58	49	2516	1364	1152
Maíz	110	43	67	2570	1013	1557
Yuca	125	18	107	2926	420	25006
Cebada	159	89	70	3727	2083	1644
Centeno	171	79	92	3990	1846	2143
Arroz	191	70	121	4476	1641	2835
Trigo	211	123	89	4946	2873	2973
Sorgo	419	182	238	9812	4254	5558
<b>Biodiesel</b>	<b>m<sup>3</sup>/GJ de Biodiesel</b>			<b>L de agua/L de Biodiesel</b>		
Soya	394	217	177	13676	7521	6155
Corza	409	245	165	14201	8487	5714
Jatropha	574	335	239	19924	11636	8288

Fuente:

Instituto Humboldt 2012

Para Palacios (2013) quien ha considerado el aprovechamiento de residuos para la generación de biocombustibles de manera limpia, estos son algunos de los problemas ambientales considerados en la actualidad por la creciente industria de los biocombustibles:

- Pérdida de la capa verde: ya que el cambio en el uso del suelo para propósitos energéticos, acompañado de tecnologías que transforman madera en etanol, ha impulsado el crecimiento de monocultivos de rápido y alto crecimiento tanto en áreas boscosas como en suelos de pradera aumentando la deforestación<sup>30</sup>.

<sup>30</sup> La deforestación como el cambio de uso de suelos de pradera, implican la liberación de carbono allí almacenado, así como las emisiones resultantes de la cadena productiva del propio cultivo de biocombustible (procesamiento, comercialización y transporte)

- Degradación ambiental: hectáreas de tierras fértiles migran de producir alimentos a producir biocombustibles, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y las condiciones del pequeño productor rural, así como los altos consumos de agua.

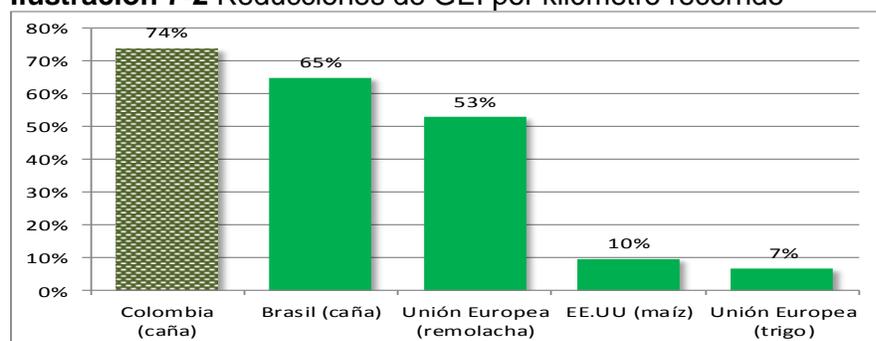
Estos posibles impactos ya han sido demeritados al observar a lo largo del capítulo que el área de cultivos destinados para el consumo se ha incrementado en el tiempo que la huella hídrica de los cultivos destinados a biocombustibles es menor a la utilizada a cultivos para la alimentación.

### Emisiones de gases de efecto invernadero

Las reducciones de gases de efecto invernadero (GEI), se abordan en primera medida a través de su ciclo de vida, que para el caso de los biocombustibles de primera generación absorben CO<sub>2</sub>, por lo que la liberación emitida en su combustión no contribuye nuevas emisiones de carbono, ya que son parte del ciclo de vida del carbono fijado y por el desplazamiento del uso de combustibles fósiles así como en algunos casos la producción de biocombustibles, implica el consumo de combustibles fósiles (Duffey 2010)

Según Asocaña (2012), el desempeño de emisiones de GEI del alcohol Colombia año es sobresaliente, si se compara con el resultado obtenido con el Etanol de EE.UU proveniente del maíz o el de la Unión Europea proveniente de trigo. En la ilustración 7-2 se observa el comportamiento de las reducciones de GEI según insumo utilizado en la producción de Alcohol carburante por kilómetro recorrido.

**Ilustración 7-2** Reducciones de GEI por kilómetro recorrido



Fuente: Asocaña 2012

Igualmente, la Federación Nacional de Biocombustibles considera que es una realidad aceptada por los científicos, que los biocombustibles benefician al medio ambiente, ya que los vehículos funcionan con biodiesel reducen las emisiones de bióxido de carbono, los hidrocarburos no quemados, el material particulado, el monóxido de carbono, pero incrementa

mínimamente los óxidos de nitrógeno. El etanol de caña de azúcar, reduce en un 89% las emisiones de la atmósfera de gases de efecto invernadero. El ciclo de vida es completamente favorable, como también el caso del biodiesel. En la tabla 7-3, se observan las reducciones por tipo de emisión.

**Tabla 7-3** Reducciones por tipo de emisión

<b>TIPO DE EMISIONES</b>	<b>B100</b>	<b>B20</b>	<b>B2</b>
Hidrocarburos no quemados	-67%	-20%	-2%
Monóxido de Carbono	-48%	-12%	-1%
Material particulado	-47%	-12%	1%
Óxidos de nitrógeno	10%	2%	2%

Fuente: Fedebiocombustibles

Según un estudio del BID contratado para Colombia en el año 2013<sup>31</sup>, donde se analizó el ciclo de vida de los biocombustibles contra el ciclo de vida de los combustibles fósiles, se encontró que las emisiones de gases de efecto invernadero GEI, se pueden reducir entre un 74% y 83% al usar etanol de caña de azúcar y biodiesel de aceite de palma respectivamente, comparadas con las producidas por los combustibles fósiles (diésel y gasolina). También concluye que si todas las plantas de biocombustibles operaran a plena capacidad, se podría reducir alrededor de 1,8 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) al año, lo que equivale a aproximadamente al 3% del total de emisiones colombianas de CO<sub>2</sub> en 2008, o al 8% de emisiones causadas por el sector transporte en el país.

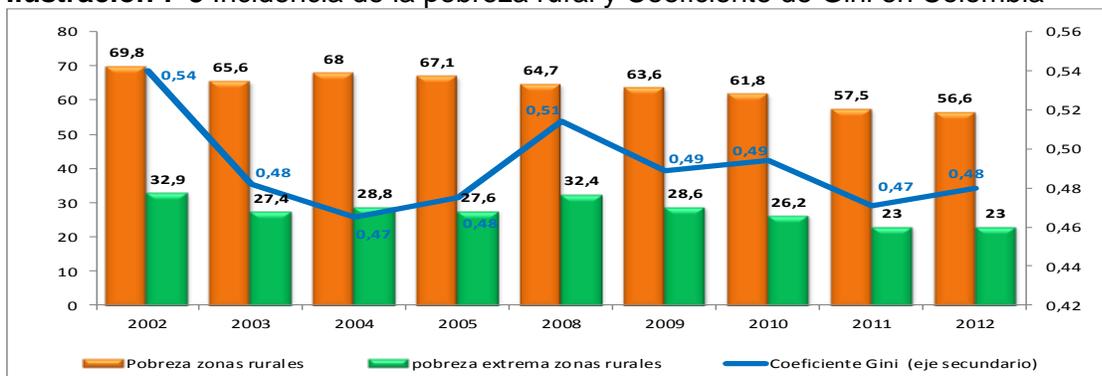
### 7.3 Condiciones de vida de la población

Uno de los beneficios encontrados a la industria de los biocombustibles, es el efecto positivo que puede tener sobre el sector agrícola y sobre los ingresos de los agricultores, de ahí el impulso que se ha desarrollado a las políticas relativas a la producción y uso de los biocombustibles, especialmente en los países desarrollados. En países donde el sector agrícola es subvencionado, la importancia de la agricultura como fuente para la generación de energía, ha sido considerada como una solución para los problemas de exceso de oferta de productos agrícolas y la disminución de oportunidades en los mercados globales, además de considerar otras ventajas en el comercio exterior y en la disminución del desempleo rural (Ripoll y Ferrer. 2013).

<sup>31</sup> El estudio incluyó factores ambientales como las emisiones de gases de efecto invernadero, factores espaciales, legales y socioeconómicos.

Frente a lo anterior, se observa que el desempleo en el sector rural en Colombia, si bien ha registrado descensos, sigue presentando un panorama desalentador, ya que más del 50 % de la población se encuentra en situación de pobreza y alrededor del 23% se encuentra en situación de pobreza extrema. La ilustración 7-3 muestra la evolución de pobreza rural en Colombia.

**Ilustración 7-3** Incidencia de la pobreza rural y Coeficiente de Gini en Colombia<sup>32</sup>



Fuente: DANE - Encuesta Continua de Hogares (2002-2005) y Gran Encuesta Integrada de Hogares (2008-2012)

Pese al panorama desalentador de la Pobreza rural en Colombia, la industria de los biocombustibles ha venido desarrollando estrategias para la sostenibilidad, sin descuidar los aspectos socioeconómicos. De esta manera lo plantean Castiblanco y Hortúa (2012), encontrando que las alianzas productivas y sociales entre la empresa privada y el Estado en pro de los campesinos productores (que también son parte de la alianza), para proveerlos de recursos, financiación y asistencia técnica para que puedan cultivar y generar sus propios ingresos y convertirse en empresarios, mejoran sustancialmente las condiciones de vida de los pobladores de las regiones productoras, incrementando el empleo y las alternativas para el desarrollo social, contribuyendo al cambio de una sociedad conflictiva por la tenencia y uso de la tierra a un grupo de comunidades en calma y contribuyendo con estas iniciativas a la paz<sup>33</sup>.

El Congreso Nacional de cultivadores de Palma de Aceite realizado en junio de 2010, recomendó que el gremio continúe propiciando iniciativas que favorezcan un mejor desarrollo

<sup>32</sup> La serie de la Incidencia de la pobreza rural no registra información para los años 2006 y 2007 por un cambio metodológico en la investigación.

<sup>33</sup> Algunas críticas en este sentido se han fundado en el incremento de las Cooperativas de Trabajo Asociado (CTA) que, para algunos, imponen condiciones asimétricas en las relaciones de los trabajadores, contratando por debajo del costo y alejándose de una relación laboral en propiedad.

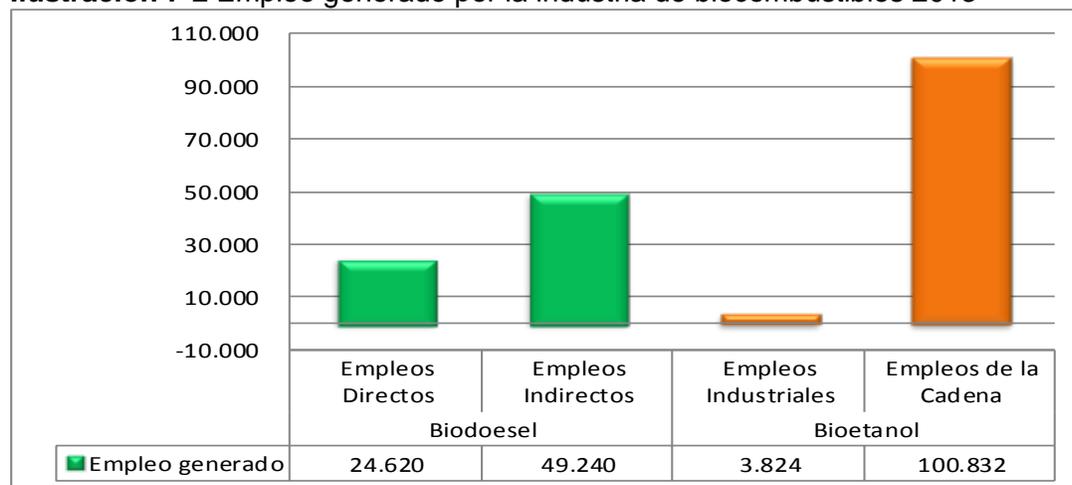
de las Alianzas productivas. Para ello Fedepalma y la USAID, realizaron en 2013 un estudio donde se analizaron los 22 casos más representativos de las regiones palmeras, para analizar y comprobar de manera integral si las Alianzas productivas del sector palmero son negocios inclusivos. El resultado de este estudio, concluyó que para los 22 casos estudiados, estas Alianzas vinculan a 3.905 familias con parcelas que tienen en promedio 12 Ha sembradas con palma, organizadas en 91 organizaciones de productores; encontrando además, que los ingresos de las familias asociadas cuya tierra se encuentra en plena producción, se han incrementado más de tres veces con respecto a los ingresos que obtendrían como jornaleros informales. En este orden, los productores que participan en las alianzas han mejorado el acceso a la vivienda, educación, opciones de ahorro y en menor proporción a servicios de salud<sup>34</sup>.

Analizando esas condiciones de vida de los cultivadores de caña de azúcar, se observó que el gremio azucarero, junto con entidades gubernamentales, se han preocupado por cuidar la calidad de vida de las familias. Algunas de las acciones emprendidas por los ingenios azucareros en mejora de las condiciones de vida de los productores de caña, se encuentran diversas alianzas, entre otras con el ICBF, SENA y los CERES (Centros Regionales de Educación Superior) con inversiones superiores a los 4 mil millones de pesos, enmarcados en el programa “Familias con Bienestar”. Según ASOCAÑA (2012), los programas de Responsabilidad social empresarial, han beneficiado aproximadamente a 11.200 familias de los asociados, incrementando sus ingresos en un 30%, el 65% de las familias beneficiarias, tienen excedentes menores de comercialización es sus sistemas de cría de especies menores y el 100% de las familias recuperan semillas locales en pro de su seguridad alimentaria.

Estas alianzas productivas no solo mejoran las condiciones de vida de la población involucrada en la producción de biocombustibles, si no que se convierte en una forma sostenible de generar empleo en el sector. En este sentido, Fedebiocombustibles (2013) afirma que la cadena de producción de biocombustibles genera una cantidad importante de empleo en el sector, de calidad, a salarios justos y con accesos la seguridad social para los familiares. El 90% de los empleos directos e indirectos los genera la producción agrícola, el resto, la producción industrial. Esta afirmación del gremio se puede apreciar en la tabla 7-4.

---

<sup>34</sup> El estudio también concluye que en algunas de las organizaciones de productores, no ofrecen servicios sociales a sus afiliados como capacitación, educación, salud, recreación y préstamos no productivos; siendo las empresas Ancla las más activas en estos temas.

**Ilustración 7-2** Empleo generado por la industria de biocombustibles 2013

Fuente: Elaboración propia con información de Fedebiocombustibles 2013

En concordancia con la generación de empleos de la industria de los biocombustibles, la evolución del sector agropecuario ha mostrado un comportamiento positivo en los últimos años, a pesar de la crisis mundial en el precio de los alimentos en el año 2009. La tabla 7-3 muestra el comportamiento del PIB Agropecuario en Colombia por rama de actividad.

**Tabla 7-3** PIB Agropecuario por rama de actividad 2001-2012  
Precios constantes de 2005

Ramas de la actividad	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	1,8	4,6	3,1	3,0	2,8	2,4	3,9	(0,4)	(0,7)	0,2	2,4	2,6
Cultivo de café	0,3	13,8	(1,2)	(4,7)	0,2	6,0	5,4	(10,9)	(20,8)	11,0	(7,5)	(2,2)
Cultivo de otros productos agrícolas	2,4	3,8	4,2	2,9	2,5	(0,3)	3,9	(1,4)	3,9	(1,1)	3,8	2,9
Producción pecuaria y caza	1,3	3,8	2,2	5,4	3,8	4,2	3,5	3,8	(0,8)	(0,9)	3,9	4,1
Silvicultura, extracción de madera y pesca	2,1	1,3	7,1	1,2	3,7	4,7	3,4	1,2	(2,1)	0,1	1,9	1,4
<b>PIB</b>	<b>1,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,9</b>	<b>5,3</b>	<b>4,7</b>	<b>6,7</b>	<b>6,9</b>	<b>3,5</b>	<b>1,7</b>	<b>4,0</b>	<b>6,6</b>	<b>4,0</b>

Fuente: Sociedad de Agricultores de Colombia. 2014

Otra de las creencias en torno a la industria de los biocombustibles, radica en que los cultivadores pueden tener la posibilidad de obtener mayores ganancias por sus cosechas cuando la destinan a producir biocombustibles en cambio de que esta sea utilizada como fuente alimenticia. En este sentido, la Federación Nacional de Biocombustibles, considera que en especial los cultivos de los cuales se puede producir aceite, son más aptos para la agricultura

familiar, ya que algunos de sus cultivos se adaptan a condiciones menos exigentes y no requieren una gran cantidad de agua y de cuidados intensivos y específicos, por lo que se pueden cultivar con inversiones mucho menores que la de otros cultivos.

## 7.4 Seguridad alimentaria<sup>35</sup>

La seguridad alimentaria se define como el derecho que tienen los pueblos a producir sus alimentos para no verse enfrentados a hambrunas o a tener que importar los alimentos a precios elevados que exigen las multinacionales para su comercialización. Asimismo, la soberanía alimentaria, según lo expuesto por la Asamblea Nacional Constituyente de 1991, indica el grado de garantía que debe tener toda la población de poder disponer y tener acceso oportuno y permanente a los alimentos que cubran sus requerimientos nutricionales, tratando de reducir la dependencia externa y tomando en consideración la conservación el equilibrio de del ecosistema para beneficio de las generaciones futuras.

El concepto de seguridad alimentaria necesariamente implica un enfoque multisectorial y requiere ser entendido como un proceso dinámico, amplio e interdisciplinario, al que toda la población debe prestar atención, pues está centrado en las personas y en especial en la población infantil a quienes se debe garantizar el derecho a la alimentación. Para que exista seguridad alimentaria se deben cumplir cinco principios básicos de la seguridad alimentaria (SA)<sup>36</sup> declarados por la FAO: disponibilidad, acceso, estabilidad e institucionalidad.

- **Disponibilidad:** los alimentos deben ser diversos y suficientes.
- **Acceso:** que la totalidad de la población sin restricción alguna pueda adquirirlos.
- **Uso:** que los alimentos que se consuman cuenten con los requerimientos nutricionales adecuados y que se encuentren en condiciones saludables.
- **Estabilidad:** que los alimentos no sean escasos y que se puedan encontrar fácilmente.
- **Institucionalidad:** que existan los organismos adecuados encargados de regular y de promocionar iniciativas desde las instancias competentes.

---

<sup>35</sup> La seguridad alimentaria se define como el derecho que tienen los pueblos a producir sus alimentos para no verse enfrentados a hambrunas o a tener que importar los alimentos a precios elevados que exigen las multinacionales para su comercialización. Asimismo, la soberanía alimentaria, según lo expuesto por la Asamblea Nacional Constituyente de 1991, indica el grado de garantía que debe tener toda la población de poder disponer y tener acceso oportuno y permanente a los alimentos que cubran sus requerimientos nutricionales, tratando de reducir la dependencia externa y tomando en consideración la conservación el equilibrio de del ecosistema para beneficio de las generaciones futuras.

<sup>36</sup> La FAO también considera el concepto de Seguridad Alimentaria Nutricional (SAN) que implica otros cinco principios: Disponibilidad, estabilidad, acceso y control y consumo y utilización biológica.

---

Entendidos los conceptos anteriores, fenómenos como la fuerte alza de los precios de los alimentos en los últimos años, especialmente entre 2006 – 2008, sumado al boom de los biocombustibles en el mismo periodo, ha suscitado una discusión global acerca de las implicaciones que la producción sostenible y continua de biocombustibles de primera generación, pueda tener sobre los precios de los alimentos y los posibles impactos sobre la seguridad alimentaria dado el cambio en los patrones de producción y en el uso de tierras. En este sentido, vale la pena considerar que la seguridad alimentaria depende de un sin número de factores ligados no solo a la producción de alimentos y al uso que se haga de ellos, sino a factores externos como el crecimiento de la población, aspectos ambientales, tasa de cambio, entre otros.

Observando el fenómeno desde el punto de vista de la cadena de biocombustibles, se han realizado diversas observaciones. Para Ripoll y Ferrer (2013), la seguridad alimentaria no se ve afectada por la producción de biocombustibles, al contrario, consideran que para Colombia significa una oportunidad inmejorable de utilizar grandes extensiones de tierra que no se usan para cultivar alimentos, dada la histórica vocación agrícola que tiene el país y que tiene dos efectos superlativos. El primero es que se incrementa el comercio exterior y el segundo es que permite disminuir la tasa de desempleo en el campo.

En este sentido, Asocaña enfatiza que el proceso productivo en los seis ingenios ubicados en los cinco departamentos azucareros<sup>37</sup> con producción dual (etanol y azúcar), contempla la producción azúcar como primer paso para la producción de alcohol carburante, aclarando que las melazas que no han sido agotadas en su totalidad y que poseen gran contenido de azúcar, son el insumo principal para la producción de Etanol. Esto quiere decir que no existe división entre la caña de azúcar que se utiliza para la producción de azúcar y la que se usa para la elaboración de Bioetanol y que la totalidad de la caña que entra a los molinos se utiliza para elaborar los dos productos.

Así mismo, siendo Colombia uno de los países que más produce azúcar en el mundo, se convierte el país en un exportador neto, lo cual garantiza suficiente abastecimiento para el mercado interno, ya que, según Asocaña, el sector azucarero colombiano opera bajo el principio de priorizar la demanda y el consumo interno de azúcar sobre las exportaciones,

---

<sup>37</sup> Estos cinco departamentos son: Valle del Cauca, Risaralda, Caldas y Quindío.

sustituyendo en 2014, 442 mil toneladas de azúcar que se dejaron de exportar, sin comprometer el azúcar para el mercado nacional.

De igual manera lo concluyó la FAO en el informe sobre Biocombustibles y seguridad alimentaria para 2008, donde afirma que, para el caso de Colombia, no existe conflicto entre la industria de biocombustibles y la seguridad alimentaria, pues para suplir la demanda interna de biocombustibles, solo se han sustituido exportaciones de aceite crudo de palma y azúcar crudo, para la fabricación de biodiesel y bioetanol respectivamente. Igualmente, el comportamiento de la disponibilidad del consumo per cápita de azúcar y de aceite de palma, confirman que los efectos sobre la seguridad alimentaria son imperceptibles, ya que se ha logrado proteger el abastecimiento interno del consumo humano, reduciendo exportaciones por ser Colombia un exportador marginal en el mercado mundial, sin que esto afecte los porcentajes de mezcal autorizados por el gobierno nacional y como estrategia para avanzar en mezclas mayores.

Según lo observado en la balanza comercial agroalimentaria de Colombia, se observa que para los productos básicos de la canasta de las familias (animales vivos, frutas y legumbres, productos de molinería, azúcar, cacao y café) está garantizada la producción para el consumo interno, sin afectar la seguridad alimentaria. En algunos productos o ramas de productos donde la balanza comercial es negativa, se deben tener en cuenta los factores externos que han producido que se importe más producto del que se consume en el país y del que se exporta.

Así lo explica la FAO (2013), donde afirman que para el caso de los aceites y grasas, Colombia es importador neto, sin embargo, en el país se producen excedentes que son destinados a la producción de biodiesel (como en el caso de la caña de azúcar) sin afectar la seguridad alimentaria. Citan que según Fedepalma se observó para el año 2009 que el 50% del aceite de palma se destina para el mercado tradicional, el 10% a las exportaciones y el 40% para biodiesel. En este sentido, por ser el sector agropecuario colombiano por su participación baja en la producción, exportaciones y consumo de grasas, aceites, así como de azúcar, se convierte en un tomador de precios y las fluctuaciones en los precios de los alimentos obedecen a situaciones macroeconómicas que a la situación local de producción y comercialización de los insumos utilizados en la producción de biocombustibles.

Si bien, no se encontró evidencia que la industria de los biocombustibles ha ocasionado especulación en los precios de los alimentos en Colombia, vale la pena abordar otros elementos a los cuales se ha atribuido en gran medida este cambio, siendo el factor más relevante la crisis alimentaria mundial entre 2007 y 2008 y el desplome del sistema financiero de los Estados Unidos.

---

Frente al tema alimentario, la crisis fue ocasionada entre otras por el incremento en los precios del petróleo que encareció los costos del transporte y de los fertilizantes utilizados en los cultivos; las bajas reservas de alimentos a nivel mundial; los fenómenos climatológicos y el aumento de la demanda de alimentos por el crecimiento demográfico de países como China e India y el aumento en la utilización de maíz<sup>38</sup> para elaborar biocombustibles.

Según Bustelo (2012), no solo el crecimiento demográfico de estos países explica el incremento en los precios de los alimentos, se deben tener en cuenta otros factores como: especulación financiera en petróleo; aumento de los costos de transporte por la fabricación de etanol y en el caso de algunos de los minerales y metales, problemas de oferta relacionados con la escasez a escala mundial. Igualmente, el crecimiento en el precio de los alimentos no se debe adjudicar a la demanda china, salvo en algunos productos determinados como la soja y los aceites vegetales, de los que este país es importador a gran escala<sup>39</sup>.

Retomando el contexto colombiano, los choques externos ya mencionados que enfrentó la economía nacional, repercutieron en mayor medida sobre el precio de los alimentos. Sin embargo, algunos vinieron por cuenta de las condiciones climáticas que afectaron la producción, los paros camioneros y el aumento en los precios de los commodities que se trasladaron a los precios de los insumos para la producción de alimentos. Estos efectos se vieron reflejados en las cifras de inflación, que para el 2008 se explicó en gran parte por el aumento en los precios de los alimentos y con el comportamiento de los precios de bienes y servicios regulados<sup>40</sup> por la crisis petrolera mundial. Dados estos aumentos en los precios de bienes y servicios, fue necesario realizar una indexación de precios para el año 2008. Dicho comportamiento se puede observar en la ilustración 7-3.

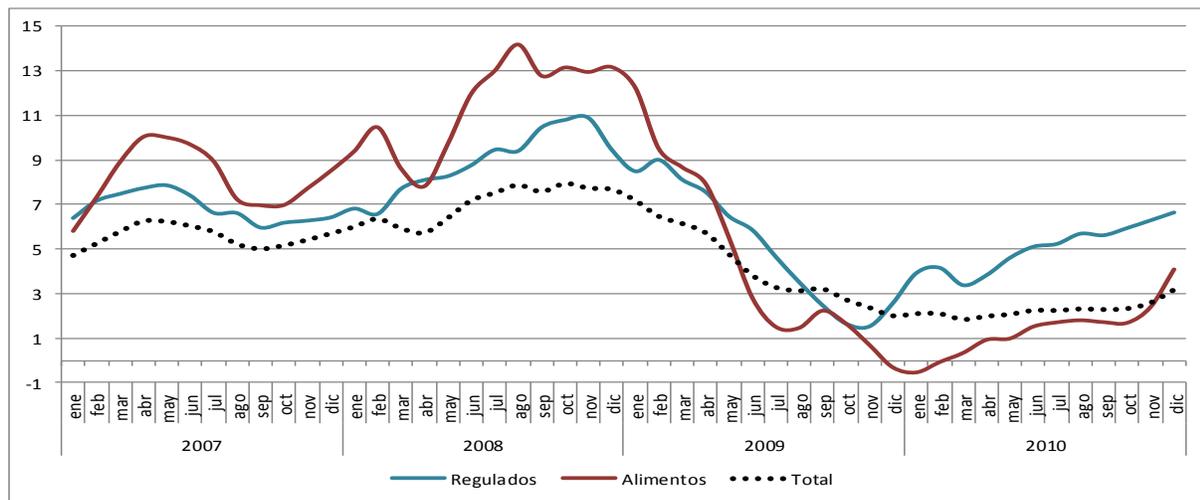
---

<sup>38</sup> Dicho aumento en la utilización de maíz para elaborar biocombustible, se dio específicamente en los Estados Unidos.

<sup>39</sup> Actualmente, China se considera uno de los países exportadores netos de frutas y vegetales, así como de mantener niveles bajos de importación de alimentos como arroz, trigo y maíz, consiguiendo de esta manera autosuficiencia alimentaria.

<sup>40</sup> Se explica especialmente por el aumento en el precio de los servicios públicos, transporte y precios de la gasolina.

**Ilustración 7-3** Comportamiento de los precios de los Alimentos, Bienes regulados y Total en Colombia



Fuente: Elaboración propia datos DANE – Índice de precios al consumidor (IPC)

En la tabla 7-3 se observaba el comportamiento del PIB agropecuario, aclarando que el descenso para los años 2008 y 2009 se presentó una caída de 0,4% y 0,7% respectivamente cuando crecía a tasas superiores al 2,4%. Dicho comportamiento se presentó luego de un ciclo expansivo entre 2003 y 2007 en donde el sector industrial tuvo tasas de crecimiento superiores al 7,0%, pasando en el 2009 a una caída del 4,1%. Igualmente, la rama de transporte almacenamiento y comunicaciones crecía a tasas superiores al 10,0% y dada la crisis en los precios del petróleo pasó en 2009 a una disminución de 1,3%. El comportamiento del PIB por ramas de actividad se observa en la tabla 7-4.

**Tabla 7-4** Comportamiento del PIB en Colombia por principales ramas de actividad a precios constantes. 2003 - 2009

Rama de actividad	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca	3,1	3,0	2,8	2,4	3,9	(0,4)	(0,7)
Explotación de minas y canteras	1,7	(0,9)	4,1	2,4	1,5	9,4	10,9
Industrias manufactureras	4,9	7,9	4,5	6,8	7,2	0,6	(4,1)
Suministro de electricidad, gas y agua	4,5	3,5	4,1	4,8	4,1	0,5	1,9
Construcción	8,3	10,7	6,9	12,1	8,3	8,8	5,3
Comercio, reparación, restaurantes y hoteles	3,7	7,1	5,0	7,9	8,3	3,1	(0,3)
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	4,5	7,6	7,8	10,8	10,9	4,6	(1,3)
Establecimientos financieros, seguros, actividades inmobiliarias y servicios a las empresas	3,9	4,6	5,0	6,4	6,8	4,5	3,1
Actividades de servicios sociales, comunales y personales	2,0	4,1	3,5	4,4	5,0	2,6	4,4
<b>PRODUCTO INTERNO BRUTO</b>	<b>3,9</b>	<b>5,3</b>	<b>4,7</b>	<b>6,7</b>	<b>6,9</b>	<b>3,5</b>	<b>1,7</b>

Fuente: Elaboración propia datos DANE – Cuentas Nacionales trimestrales

---

Otro de los factores ya mencionados que repercutió en el aumento de los precios de los alimentos es la especulación. Este fenómeno se puede manifestar de varias maneras, uno de ellos es por simple influencia del mercado, en donde variables como efectos climáticos y variaciones en la tasa de cambio pueden alterar de alguna manera el comportamiento de los precios y de las mismas empresas productoras. Otro de los factores importantes a los que se ha atribuido la especulación en los precios de los alimentos, es la creencia de la existencia de conductas oligopólicas en algunas empresas, caso particular de las industrias de confitería cuyo producto principal para la elaboración de sus productos es el azúcar. Recientemente se ha conocido como en Colombia las industrias azucareras mantenían convenios para bloquear las importaciones de azúcar de países como Bolivia y Brasil, manteniendo acuerdos con el Fondo de Estabilización de Precios del Azúcar (FEPA) para establecer el precio del producto. Por ser el FEPA un organismo con carácter estatal, la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC) no pudo establecer una sanción mayor a los ingenios que llevaban a cabo estas prácticas.

En este sentido, no se puede explicar en Colombia una conducta estricta con tendencia oligopólica, para el mercado de los alimentos, ya que en el caso de productos como el arroz, lo que se ha producido es una especulación en los precios por efectos del mercado internacional, así como en el mercado del azúcar, donde los precios dependen del comportamiento internacional del precio y no de la demanda interna, que como ya se ha revisado, está garantizada sin afectar la seguridad alimentaria en Colombia.

En otro orden de ideas, se puede reconocer la existencia de un oligopolio en el mercado de los alimentos y se refiere a la industria cervecera, en la que, en apariencia y para el mercado Colombiano, solo existen dos empresas productoras que utilizan el maíz que se produce en el país, pero a la vez, la legislación obliga a estas empresas a consumir la producción nacional antes de importar cualquier cantidad de maíz, por lo cual la demanda interna también está garantizada y con mayor razón al ser el maíz un producto que no afecta la seguridad alimentaria de los colombianos.

Finalmente, no se puede decir que existan conductas oligopólicas para el mercado de alimentos en Colombia, sino que existen mercados de competencia monopolística en los que no existen barreras a la entrada, pero sí que los agentes que quieran ingresar en el mercado deben contar con toda la infraestructura necesaria para poder competir.

## 8. Metodología

A lo largo del documento, se ha explicado la cadena de biocombustibles en Colombia, así como los aspectos relacionados con su producción, comercialización y consumo, igualmente, se han documentado los aspectos socioeconómicos relevantes en dichos procesos. El objetivo central de la presente investigación, es encontrar una relación o causalidad entre la producción de biocombustibles y el precio de los alimentos en Colombia. Para ello, una parte fundamental de análisis se puede realizar mediante modelos estadísticos y/o econométricos que pueden explicar, junto con la evidencia empírica, la evolución del mercado de biocombustibles frente a los precios de sus insumos.

Frente a lo anterior, la econometría de series de tiempo es una de las herramientas más útiles a la hora de estudiar la dinámica entre variables en el tiempo, especialmente si se trata del estudio de un país específico como en este caso. La ventaja de las series temporales es que se pueden hallar los efectos de shocks de una variable sobre las demás las variables.

Con el objetivo de dar a conocer los efectos que la producción de biocombustibles en Colombia genera en los cultivos destinados a suplir la seguridad alimentaria de las familias y su consecuente efecto sobre los precios de los alimentos, se observa que la medición más utilizada es la prueba de causalidad de Granger<sup>41</sup> y los modelos de Vectores Autoregresivos (VAR).

En este sentido, Galindo, Samaniego, Latorre y Ferrer (2013), analizan la relación entre la economía agrícola con el resto de los sectores económicos, encontrando una causalidad bidireccional que se hace sólida en el largo plazo. También analizaron el efecto del cambio climático en la pobreza en América Latina. Los resultados muestran que existe causalidad del crecimiento agrícola sobre el resto de la economía para la mayoría de los países, a excepción de Cuba, Ecuador y Perú. Además, concluyeron que existen procesos de transmisión del sector agrícola al resto de la economía en América Latina, observando que los efectos del

---

<sup>41</sup> La prueba de Granger tiene la utilidad de encontrar la causalidad entre dos o más variables, es decir, mostrar cuál de las dos variables tiene información más útil para predecir la otra

cambio climático sobre la agricultura se transmiten al resto de los sectores económicos, aduciendo que su cuantificación es compleja.

Por otra parte, Misas y Oliveros (1994), buscaron la relación entre el Salario Mínimo Legal Mensual Vigente (SMMLV) y el índice de Precios al Consumidor (IPC) para el periodo 1982-1994, tomado otros indicadores de precios y salarios y elementos teóricos en el análisis de relación de causalidad. Además buscaron explicar que algunos métodos basados en el corto plazo, pueden conducir a conclusiones erróneas, sobre el sentido de relación de causalidad, cuando se dejan de considerar relaciones de largo plazo entre las variables de estudio. Los resultados permitieron concluir que existe una relación de causalidad bidireccional entre el IPC total y el SMMLV, así como una relación unidireccional entre el salario mínimo legal al indicador de precios básicos, al considerar el salario industrial no se encuentra relación alguna de causalidad.

Vera y Loza (2009), realizaron un análisis del efecto de los precios externos de los commodities de Bolivia, encontrando causalidad positiva entre las variables carne e índice de energía sobre la variable alimentos. Por otra parte, los alimentos, carnes e índice de energía también presentan una causalidad unidireccional sobre el IPC. En conclusión. Es decir, que el índice de alimentos internacionales o externo, causa el comportamiento de los derivados del trigo y de manera indirecta al IPC de Bolivia. Ambos índices de precios externos, brindan información acerca de los desempeños futuros del IPC, porque captura la dinámica de los mercados internacionales, que algunos periodos después, se traduce en variaciones de los precios internos, principalmente en artículos importados como el trigo y algunos de sus derivados.

Así mismo, la FAO – OCDE (2014) para un estudio de las perspectivas agrícolas 2014-2023, realizaron un ejercicio para establecer la causalidad entre el índice de Alimentos de la FAO, respecto a cuatro factores: tasa de cambio, oferta de dinero de Estados Unidos como medida de liquidez mundial, importaciones de bienes y servicios de china como referente de crecimiento de la demanda agregada de las economías emergentes, precios del petróleo crudo como medida de precio de los energéticos. Los resultados mostraron causalidad del índice de precio de los alimentos de la FAO respecto a los cuatro factores, lo que significa que los cuatro factores causaron cambio en los precios de los alimentos. Adicionalmente, realizaron pruebas con el índice de precios de maíz a cambio del índice de precios de los

alimentos, encontrando que no existe causalidad entre el maíz o los precios del trigo y el tipo de cambio; sin embargo, como el tipo de cambio causó el Índice general de precios de alimentos, significa que su efecto es más pronunciado en la mayoría de los cultivos de alimentos que compone en el índice y en menor medida productos como el trigo y el maíz.

En este sentido, con la información recolectada se estimará un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) y una prueba de causalidad de Granger<sup>42</sup> para estimar si la evolución de mercado de biocombustibles en Colombia incide directamente en los precios de los alimentos. Para esto, se realizó una selección de variables representativas del mercado de biocombustibles en Colombia y del mercado de alimentos, especialmente de la Industria de producción de caña de azúcar y de palma de aceite y de sus fragmentos, correspondiente a la producción de azúcar y de aceite de palma, ya que son los insumos más utilizados en Colombia para la producción de biocombustibles. El análisis de parte de ningún supuesto previo, simplemente se analizará como incide una o unas variables en el comportamiento de otra.

Las fuentes de información utilizadas para realizar el modelo y la prueba de Granger se obtuvieron de la Federación Nacional de Biocombustibles, Asocaña, Fedepalma y Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Banco de la República.

Las etapas para la medición fueron las siguientes:

1. Selección de las variables
2. Formulación de las ecuaciones del modelo
3. Pruebas de estacionariedad a las variables seleccionadas a través de pruebas de raíz unitaria: Dickey y Fuller aumentada (ADF) y Phillips Perron (PP)
4. Elección de los rezagos mediante los criterios Akaike (AIC), Schwarz (SC), Hannan Quinn (HQ) y predicción final de los errores (FPE)
5. Prueba de cointegración de Johansen
6. Estimación de modelo VAR
7. Estimación del modelo VEC con el fin de corregir los errores de cointegración de las variables exógenas
8. Prueba de Granger del IPC de alimentos y de la Producción de biocombustibles.

---

<sup>42</sup> Valga aclarar que la prueba de Granger se reconoce como un modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) en una forma reducida.

### **Selección de las variables:**

Las variables seleccionadas para el modelo, fueron analizadas de manera independiente por su relevancia dentro del problema de investigación y que podrían tratar de explicar si la producción de biocombustibles incide directamente en el precio de los alimentos en Colombia.

- IPC mensual de Alimentos: ya que es la variable que contiene los cambios en los precios generales de los alimentos de la canasta básica y que será la variable dependiente.
- Producción mensual de Alcohol carburante
- Producción mensual de Biodiesel
- IPC mensual de azúcar: por reflejar el impacto relacionado con la producción de alcohol carburante.
- IPC de aceites y grasas mensual: por reflejar el impacto por la producción de biodiesel a partir de aceite de palma o de sus fragmentos que son utilizados para la elaboración de aceites para el consumo humano.
- IPC de hortalizas y legumbres mensual: por representar externalidades en los precios de los alimentos como lo son los cambios climatológicos.
- Precio internacional del azúcar- Londres mensual: como variable que representa la inflación externa de los alimentos.
- Tasa de cambio mensual: para representar un choque externo.

### **Formulación de ecuaciones del modelo<sup>43</sup>:**

Una vez seleccionadas las variables, se estableció un grupo de ocho (8) ecuaciones por igual número de variables:

---

<sup>43</sup> Las ecuaciones de las variables independientes se plantean de la misma manera, teniendo en cuenta el número de rezagos y los vectores de las variables no incluidas en el modelo.

$$\begin{aligned}
 (1) \quad IPC_{(t)} = & C + IPC_{(t-1)} + IPC_{(t-2)} \dots + IPC_{(t-r)} + Ga_{(t)} + Ga_{(t-1)} + Ga_{(t-2)} \dots + Ga_{(t-r)} \\
 & + Gb_{(t)} + Gb_{(t-1)} + Gb_{(t-2)} \dots + Gb_{(t-r)} + Ig_{(t)} + Ig_{(t-1)} + Ig_{(t-2)} \dots + Ig_{(t-r)} \\
 & + Iz_{(t)} + Iz_{(t-1)} + Iz_{(t-2)} \dots + Iz_{(t-r)} + Ih_{(t)} + Ih_{(t-1)} + Ih_{(t-2)} \dots \\
 & + Ih_{(t-r)} + Pz_{(t)} + Pz_{(t-1)} + Pz_{(t-2)} \dots + Pz_{(t-r)} + Tc_{(t)} + Tc_{(t-1)} + Tc_{(t-2)} \dots \\
 & + Tc_{(t-r)} + \mu_{(t)}
 \end{aligned}$$

Dónde:

$r$ : Número de rezagos establecidos

$C$ : Intercepto de la ecuación

$IPC_{(t)}$ : IPC de alimentos para el periodo  $t$

$Ga_{(t)}$ : Producción de alcohol carburante para el periodo  $t$

$Gb_{(t)}$ : Producción de biodiesel para el periodo  $t$

$Ig_{(t)}$ : IPC de aceites y grasas el periodo  $t$

$Iz_{(t)}$ : IPC de azúcar el periodo  $t$   $Ih_{(t)}$ : IPC de hortalizas y legumbres el periodo  $t$

$Pz_{(t)}$ : Precio internacional del azúcar – Londres el periodo  $t$

$Tc_{(t)}$ : Tasa de cambio el periodo  $t$

$\mu_{(t)}$ : Vector de variables no incluidas en el modelo el periodo  $t$

### Estacionareidad de las variables:

La estacionareidad es uno de los requisitos antes de modelar las variables, ya que estas precisan si la media y la varianza son constantes y la dependencia de la covarianza con el intervalo de separación de cada uno de los rezagos y no del momento en que ocurran<sup>44</sup>. Para comprobar la estacionareidad de las variables se realizaron pruebas de raíz unitaria Dickey y Fuller aumentada (ADF) y Phillips Perron (PP), encontrando que todas las variables poseen raíz unitaria<sup>45</sup>. En algunos casos, fue necesario realizar la prueba a las primeras diferencias que resultaron ser estacionarias<sup>46</sup>. De acuerdo a las pruebas realizadas, no se rechaza la

<sup>44</sup> Según la evidencia empírica, se debe prestar mayor atención a la estacionareidad a través de la media. Igualmente, es importante conocer la diferenciar las variables si estas no son estacionarias. Esta diferenciación consiste en restar al valor observado el valor del periodo anterior con el fin de eliminar tendencias determinísticas de las variables, en donde se convertirán en variables estacionarias en primera diferencia o integradas de orden 1.

<sup>45</sup> Otra manera de conocer la estacionareidad de las variables es mediante gráficas de las series de las variables o a través de correlogramas, pruebas que también se realizaron a las variables.

<sup>46</sup> La prueba de estacionareidad también se puede realizar de manera gráfica, observando la tendencia. Las gráficas se pueden observar en el Anexo B.

hipótesis nula de raíz unitaria para las pruebas ADF de las ocho variables y para las pruebas PP de IPC de alimentos, IPC aceites y grasas, Producción de Alcohol carburante y tasa de cambio. Sin embargo, una vez se realiza la prueba PP en primeras diferencias a las demás variables, se concluye que las series son integradas de orden 1.

#### **Elección de los rezagos:**

Al momento de modelar un VAR, es importante conocer el número de los rezagos que se incorporarán al modelo con el fin de que no se presente pérdida de la información y de que no se presenten problemas de anormalidad o de multicolinealidad. Así mismo un número exagerado o mínimo de rezagos puede incluir problemas de especificación. Para elegir la cantidad apropiada de rezagos, se verificaron los criterios de Akaike (AIC), Schwarz (SC), Hannan Quinn (HQ) y predicción final de los errores (FPE) encontrando para este criterio el valor menor para rezagos de seis (6) periodos.

#### **Prueba de cointegración de Johansen**

Luego de determinar el número óptimo de rezagos, se procede a realizar la prueba de cointegración de Johansen con el fin de establecer si existe integración espacial.

#### **Estimación de modelo VAR:**

El modelo VAR se planteó a través de 8 ecuaciones para el mismo número de variables que se rezagaron en seis (6) periodos. En la estimación se encontró que podrían resultar errores de cointegración de las variables que actúan como choques externos que son el precio internacional de azúcar- Londres y la Tasa de cambio.

#### **Estimación de modelo VEC:**

Los modelos VEC se realizan con el fin de corregir problemas de normalidad en los residuos del modelo. Al estimar el modelo VEC para las variables seleccionadas, se encuentra una mejora notoria, relacionando de esta manera el corto y el largo plazo dada la posible cointegración de las variables. La estimación del modelo VEC se puede observar en el Anexo C.

#### **Prueba de Causalidad de Granger:**

Al realizar la prueba de causalidad de Granger se elimina la dependencia de las variables, pues se realiza para todas las variables del modelo y de esta manera observar la causalidad de alguna(s) frente al comportamiento de otras(s).

## 9. Resultados

Como se mencionó en el capítulo anterior, se estimó un modelo VAR de ocho (8) ecuaciones para igual número de variables, encontrando en el criterio de elección, que el número apropiado de rezagos debe ser de seis (6) periodos (ver tabla 9-1). Por otro lado, se encontró que el modelo VAR rezagado, podría tener problemas de normalidad en los residuos de las variables que funcionan como choques externos (precio internacional del azúcar – Londres y Tasa de cambio); por lo cual se estimó un modelo VEC para corregir dichos errores, A continuación se muestran las significancias de cada una de las variables, mostrando las estadísticamente relevantes según el periodo rezagado, donde la variable dependiente es el IPC mensual de los alimentos en Colombia.

### Ilustración 9-1 Criterio de elección de rezagos

VAR Lag Order Selection Criteria  
 Endogenous variables: IPC\_T\_ALI IPC\_ACE\_GRA IPC\_AZ IPC\_HOR\_LEG PINT\_AZ\_LD PRODX\_AC  
 PRODX\_BIOD TC  
 Exogenous variables: C  
 Date: 11/28/15 Time: 12:23  
 Sample: 2008M01 2014M12  
 Included observations: 77

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-3315.954	NA	4.32e+27	86.33646	86.57998	86.43387
1	-2650.859	1174.714	7.22e+20	70.72360	72.91521*	71.60022
2	-2550.135	156.9724	2.93e+20	69.76973	73.90944	71.42558*
3	-2508.517	56.21126	6.00e+20	70.35108	76.43889	72.78615
4	-2422.960	97.77885	4.53e+20	69.79117	77.82708	73.00546
5	-2322.156	94.25836	2.88e+20	68.83522	78.81922	72.82874
6	-2189.312	96.61381*	1.15e+20*	67.04707	78.97917	71.81980
7	-2093.670	49.68399	2.32e+20	66.22520*	80.10540	71.77716

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

Para la ecuación principal, (IPC mensual de los alimentos), se observa que solo el primero de los rezagos es altamente significativo y positivo, lo cual pueda deberse a un impulso frente a una disminución en previa en los precios, existiendo un impacto inmediato sobre el nivel general de precios de los alimentos.

En cuanto al IPC de aceites y grasas, se observa un comportamiento moderado al inicio, alcanzando significancias sobre el IPC de alimentos luego del segundo, cuarto y quinto periodo. Asimismo, el comportamiento de los precios de las hortalizas y legumbres es impacta hasta el tercer y cuarto rezago donde causa el comportamiento de los precios de los alimentos, que se puede deber a variables externas como los efectos de los fenómenos climatológicos.

En cuanto a los niveles de producción de Alcohol carburante, resulta ser una de las variables que impacta solamente en el tercer rezago, contrario a lo que se podría esperar, ya que el insumo para su elaboración es la caña, base también de la producción de azúcar. De igual manera, el volumen de producción de biodiesel indica que no es una variable que incide en los precios generales de los alimentos, pues no representa altos niveles de significancia dentro del modelo para ninguno de los periodos rezagados.

Los choques externos en el modelo, muestran que son variables significativas, pero solo la tasa de cambio impacta de inmediato y se modera hasta el último periodo rezagado. Así mismo, los precios internacionales del azúcar, impactan solamente en el cuarto y sexto periodo, situación que induce a que Colombia es un país tomador de precios.

### Ilustración 9-2 T calculado modelo VEC

Vector Error Correction Estimates								
Date: 11/28/15 Time: 15:51								
Sample (adjusted): 2008M08 2014M 12								
Included observations: 77 after adjustments								
Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]								
D(IPC_T_ALI)	D(IPC_T_ALI)	D(IPC_ ACE_GRA)	D(IPC_AZ)	D(IPC_HOR_LEG)	D(PINT_AZ_LD)	D(PRODX_AC)	D(PRODX_BIOD)	D(TC)
Rezago 1	[ 2.52569 ]	[-0.24686]	[-0.63217]	[ 0.20422]	[-0.72543]	[ 0.00850]	[ 0.17080]	[ 1.47980 ]
Rezago 2	[ 0.75881 ]	[-1.48461]	[ 0.18766]	[-0.29053]	[ 0.87475]	[-0.48535]	[ 0.98607]	[ 0.21857 ]
Rezago 3	[-0.42217]	[ 0.08344]	[ 0.36579]	[-1.58224]	[ 0.45530]	[-1.71704]	[ 0.38016]	[-0.24654]
Rezago 4	[-0.56798]	[ 1.55978 ]	[-0.61718]	[ 2.16432 ]	[-1.00846]	[-0.30616]	[ 0.68994]	[ 0.47075 ]
Rezago 5	[ 0.82292]	[-1.01765]	[-0.27321]	[-0.73367]	[-0.39931]	[ 0.05871]	[ 0.79487]	[ 0.61608 ]
Rezago 6	[-0.63412]	[-0.52080]	[ 0.00181]	[ 0.49092]	[ 1.74426 ]	[-0.44644]	[-0.09178]	[ 1.19733 ]
C	[ 0.00729]	[-3.13241]	[-0.44929]	[-1.55638]	[-0.45973]	[ 0.16487]	[ 2.63029]	[ 164656 ]
R-squared	0.775410	0.794596	0.901903	0.871845	0.644625	0.689633	0.794441	0.803079
Adj. R-squared	0.367820	0.421825	0.723875	0.639268	-0.000313	0.126374	0.421389	0.445704
Sum sq. resids	5.534246	8.547120	25.54582	96.24301	46783.98	5.91E+08	127E+08	7682116
S.E. equation	0.452738	0.562637	0.972698	1.888003	4.162619	4677.571	2165.857	53.34068
F-statistic	1.902427	2.131592	5.066085	3.748621	0.999514	1.224362	2.129573	2.247159
Log likelihood	-7.893538	-24.62714	-66.78	-117.8465	-356.0237	-719.6026	-660.3155	-375.1173
Akaike AIC	1503728	1938367	3.033247	4.359649	10.54607	19.98968	18.44975	1104201
Schwarz SC	3.025680	3.460319	4.555198	5.881601	12.06802	2151163	19.97170	12.56396
Mean dependent	0.241169	-0.107814	0.306446	0.220080	0.182329	138.0003	5416126	7.287532
S.D. dependent	0.569413	0.739943	1.851082	3.143476	4.161967	5004.464	2847.322	7164528
Determinant resid covariance (dof adj.)	1.13E+19							
Determinant resid covariance	2.58E+15							
Log likelihood	-2240.361							
Akaike information criterion	68.78861							
Schwarz criterion	8120773							

Fuente: Elaboración propia con datos DANE, Asocaña y Fedebiocombustibles

Frente a estas variables mencionadas, se puede concluir la mayoría de variables del modelo son altamente significativas, ya que explican el comportamiento de los precios generales de los alimentos, siendo el comportamiento de los precios de aceites y grasas

y de las hortalizas y legumbres, las que causan efectos más duraderos, que se pueden deber a variables externas como, en el caso de las grasas por el aumento en la producción de palma aceitera y desde las hortalizas por los efectos climáticos.

Adicionalmente al modelo VEC, se realizó una prueba de Granger para la totalidad de las variables seleccionadas. A continuación se muestra la causalidad entre el IPC mensual de los alimentos y la producción de Biocombustibles:

Pairwise Granger Causality Tests

Date: 11/28/15 Time: 12:53

Sample: 2008M01 2014M12

Lags: 6

Null Hypothesis:	Obs	F-Statistic	Prob.
BIO_T does not Granger Cause IPC_T_ALI	78	1.35240	0.2472
IPC_T_ALI does not Granger Cause BIO_T		1.33947	0.2527

Como lo muestra el resultado, estadísticamente no se puede afirmar que existe una relación causal significativa entre el IPC de los alimentos y la producción de Biocombustibles.



## 10. Conclusiones

Si bien la industria de los biocombustibles ha generado efectos sobre el uso de los productos y bienes agrícolas, para el caso colombiano no existe evidencia tal que la evolución del sector cause en forma directa alteraciones sobre el precio de los alimentos, caso contrario a lo que muestra la evidencia empírica, donde en países como México, Estados Unidos y Argentina, donde los precios de los alimentos, en especial del maíz, se han visto alterados por la producción de etanol, generando problemas inflacionarios que se ven directamente reflejados en la seguridad alimentaria de las familias, cuyo producto básico de consumo es el maíz amarillo. Sin embargo, existen otros factores tanto de la economía nacional, como situaciones de equilibrio de otras economías, que pueden explicar el comportamiento de los precios de los alimentos y que hayan desatado situaciones inflacionarias con la aparición de los biocombustibles.

Así mismo, la industria de los biocombustibles se originó por la crisis en los precios del petróleo y como alternativa para combatir los efectos del cambio climático, dichas situaciones si han marcado de manera relevante efectos no solo en los precios de los alimentos sino en la misma oferta alimentaria; además de situaciones como las crisis económicas que para periodos como el 2008-2009, generaron efectos inflacionarios a nivel mundial por la crisis económica generalizada, siendo estos factores que inciden de maneras diferentes dependiendo la región o el país, el periodo de tiempo y las condiciones del suelo. Sin embargo, será necesario investigar más a fondo las variables externas para añadir explicaciones entre un fenómeno y otro.

La evidencia empírica demuestra que al ser Colombia un exportador neto de azúcar, se mantiene asegurado el abastecimiento interno sin afectar la seguridad alimentaria. Igualmente, el país posee los mayores rendimientos de producción de caña en la región al ser cultivos diversificados frente a los de Etanol. Así mismo, las plantaciones de caña para etanol son mínimas con las de caña para el consumo alimenticio para azúcar y panela. En concordancia, el comportamiento de los precios de estos alimentos, muestran

que son sustitutos perfectos y que el comportamiento de uno depende de la evolución del otro.

Respecto a los impactos ambientales, la revisión muestra como estos se encuentran directamente relacionados con los modelos productivos y el consumo, que por un lado beneficia al comercio y fortalece la actividad económica, pero genera impactos negativos que se ocasionan acumulación de residuos sólidos a diario. Así mismo, la huella hídrica no indica impacto en las fuentes de agua, esto depende de condiciones específicas de cada región, que debería resultar del equilibrio entre la oferta y demanda, por lo cual se dificulta medir o evaluar los posibles efectos de la producción de biocombustibles frente a la disponibilidad de recursos hídricos en la fase agrícola. Los efectos, entonces se verían en los sistemas de riego reduciendo los cuerpos de agua en temporadas secas.

Los resultados estadísticos indican que son varias las situaciones que inciden directamente en el comportamiento de los precios de los alimentos, como la dinámica del comercio exterior, y aspectos ambientales desatados por el cambio climático, cambiando la situación de los cultivos, afectando la oferta de alimentos e incrementando los precios. Frente a este punto, la variable tomada para medir los efectos climáticos mostro que los precios de las hortalizas y legumbres son altamente significativos para algunos periodos rezagados.

En cuando a la influencia del mercado externo, se puede concluir que el comportamiento de los precios internacionales del azúcar, resulta ser una variable significativa pero para el final de los periodos rezagados, esto se puede deber que Colombia es un país tomador de precios. Igualmente, la inflación de aceites y grasas como de las hortalizas y legumbres y la tasa de cambio, resultan ser variables significantes frente a la variación de los precios de los alimentos (IPC) en Colombia para rezagos intermedios. Esto se puede deber situaciones de especulación dentro de la economía.

En este sentido, estadísticamente, no se puede afirmar que exista una relación de causalidad que explique que el comportamiento de los precios de los alimentos se deba a la producción de biocombustibles. Por lo cual, tanto la evidencia empírica, la literatura, las evidencias descriptivas, el modelo VAR y la prueba de causalidad de Granger, muestran que la evolución de la industria de los biocombustibles resulta ser un aspecto significativo en el comportamiento de los precios de los alimentos de en Colombia, pero no existe una relación causal en el comportamiento de los mismos.

## A. Anexo: Marco Normativo

### Biodiesel

TIPO	NÚMERO	AÑO	CONTENIDO
Resolución	<a href="#">90963</a>	2014 (Sep.10)	<a href="#">Por la cual se modifica el artículo 4 de la Resolución 898 de 1995, modificado por la Resolución 18 2087 de 2007, en relación con los criterios de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión.</a>
Ley	<a href="#">1715</a>	2014 (May.13)	<a href="#">Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.</a>
Estatuto Tributario	<a href="#">Art. 401</a>		<a href="#">Retención sobre Otros Ingresos Tributarios.</a>
Resolución	<a href="#">91664</a>	2012 (Oct.30)	<a href="#">Por la cual se modifica la Resolución 18 2142 de 2007, en relación con el programa de mezcla de biocombustibles para uso en motores diesel.</a>
Decreto	<a href="#">4892</a>	2011 (Dic.23)	<a href="#">Por el cual se dictan disposiciones aplicables al uso de alcoholes carburantes y biocombustibles para vehículos automotores</a>
Decreto	<a href="#">181556</a>	2010 (Ago.31)	<a href="#">Por la cual se modifica la Resolución 8 2439 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios del ACPM y de la mezcla del mismo con el biocombustible para uso en motores diesel.</a>
Resolución	<a href="#">181120</a>	2010 (Jun.28)	<a href="#">Por la cual se modifica la Resolución 18 2142 de 2007, en relación con el programa de mezcla de biocombustibles para uso en motores diesel.</a>
Concepto	<a href="#">87246</a>	2009 (Oct.23)	<a href="#">Disminución de la tarifa de retención en la fuente a título de renta en materia de biocombustibles del 3.5% al 0.1%, como se aplica para los combustibles derivados del petróleo.</a>
Decreto	<a href="#">180462</a>	2009 (Mar.27)	<a href="#">Por la cual se modifica la Resolución 8 2439 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios del ACPM y de la mezcla del mismo con el biocombustible para uso en motores diesel.</a>
Conpes	<a href="#">3510</a>	2008 (Mar.31)	<a href="#">Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia.</a>
Resolución	<a href="#">182142</a>	2007 (Dic.27)	<a href="#">Por el cual se expiden normas para el registro de productores y/o importadores de biocombustibles para uso en motores diesel y se establecen otras disposiciones en relación con su mezcla con el ACPM del origen fósil</a>
Resolución	<a href="#">182087</a>	2007 (Dic.17)	<a href="#">Por la cual se modifican los criterio de calidad de los biocombustibles para su uso en motores diésel como componente de la mezcla con el combustible diésel de origen fósil en procesos de combustión.</a>
Ley	<a href="#">939</a>	2004 (Dic.31)	<a href="#">Por medio de la cual se subsanan los vicios de procedimiento en que incurrió en el trámite de la Ley 818 de 2003 y se estimula la producción y comercialización de biocombustibles de origen vegetal o animal para uso en Motores diesel y se dictan otras disposiciones.</a>

Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

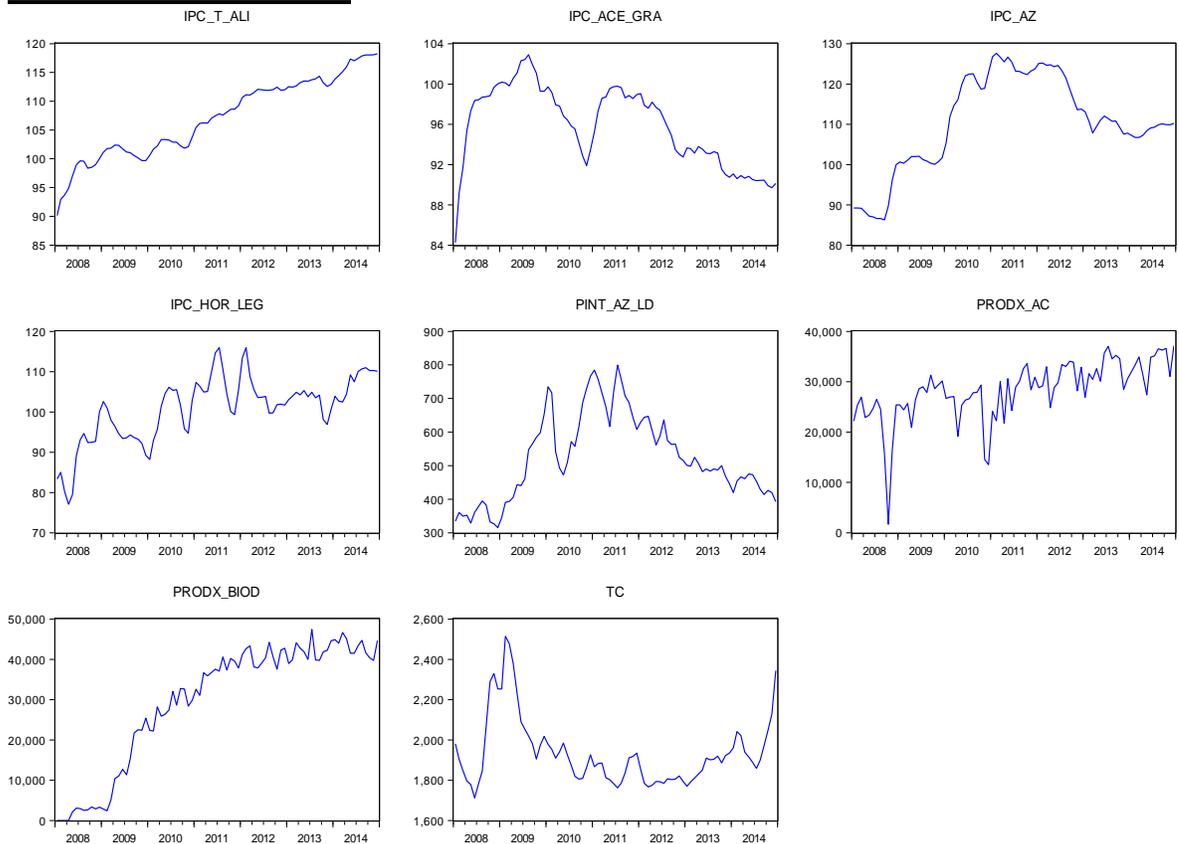
**Alcohol carburante**

TIPO	NÚMERO	AÑO	CONTENIDO
Resolución	<a href="#">41072</a>	2015 (Oct.01)	<a href="#">Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante para la zona Suoccidental del país para uso en vehículos automotores.</a>
Ley	<a href="#">1715</a>	2014 (May.13)	<a href="#">Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.</a>
Resolución	<a href="#">90932</a>	2013 (Oct.31)	<a href="#">Por la cual se establece el porcentaje de mezcla de alcohol carburante con las gasolinas en algunas plantas de abastecimiento mayorista (E10).</a>
Resolución	<a href="#">181555</a>	2010 (Ago.31)	<a href="#">Por la cual se modifica la Resolución 8 2438 del 23 de diciembre de 1998 y se establecen disposiciones relacionadas con la estructura de precios de la Gasolina Motor Corriente y Gasolina Motor Corriente Oxigenada.</a>
Decreto	<a href="#">1135</a>	2009 (Mar.31)	<a href="#">Por el cual se modifica el Decreto 2629 de 2007, en relación con el uso de alcoholes carburantes en el país y con las medidas aplicables a los vehículos automotores que utilicen gasolinas para su funcionamiento.</a>
Conpes	<a href="#">3510</a>	2008 (Mar.31)	<a href="#">Lineamientos de política para promover la producción sostenible de biocombustibles en Colombia.</a>
Resolución	<a href="#">1565</a>	2004 (Dic.27)	<a href="#">Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 898 del 23 de agosto de 1995, que regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna.</a>
Resolución	<a href="#">180687</a>	2003 (Jun.17)	<a href="#">Por la cual se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados.</a>
Ley	<a href="#">788</a>	2002 (Dic.27)	<a href="#">Por la cual se expiden normas en materia tributaria y penal del orden nacional y territorial; y se dictan otras disposiciones.</a>
Ley	<a href="#">693</a>	2001 (Sep.19)	<a href="#">Por la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones.</a>

Fuente: Federación Nacional de Biocombustibles

## B. Anexo: Gráficas de las variables y pruebas de Estacionareidad ADF y PP (Pruebas de raíz unitaria)

### Gráficas de las variables



Fuente: Elaboración propia con datos, DANE, Asocaña y Fedebiocombustibles

**Estacionariedad de las variables**

Serie	Estadístico	ADF	PP	PP
		Niveles	Niveles	Primera Diferencia
IPC MENSUAL DE ALIMENTOS	Estadístico	-5.99119	-4.18852	
	Valor crítico al 95%	-3.46555	-3.46487	
	p-valor	0,0000	0.0071	
PRODUCCIÓN DE ALCOHOL CARBURANTE	Estadístico	-11.72550	-5.74918	
	Valor crítico al 95%	-3.46555	-3.46487	
	p-valor	0.0000	0.0000	
PRODUCCIÓN DE BIODIESEL	Estadístico	-0,9275	-1.34154	-14.72285
	Valor crítico al 95%	-28849	-3.46487	-3.46555
	p-valor	0,7766	0.8704	0.00000
IPC DE ACEITES Y GRASAS	Estadístico	-5.87319	-5.62153	
	Valor crítico al 95%	-3.46555	-3.46487	
	p-valor	0.0000	0.0001	
IPC DE AZUCAR	Estadístico	-5.54545	-1.18623	-4.14950
	Valor crítico al 95%	-3.46625	-3.46487	-3.46555
	p-valor	0.0001	0.9065	0.0080
IPC DE HORTALIZAS Y LEGUMBRES	Estadístico	-7.73594	-2.49854	-9.23402
	Valor crítico al 95%	-3.46697	-3.46487	-3.46555
	p-valor	0,0000	0.32820	0.00000
PRECIO INTERNACIONAL DEL AZUCAR LONDRES	Estadístico	-7.11587	-1.50695	-6.30919
	Valor crítico al 95%	-3.46625	-3.46487	-3.46555
	p-valor	0,0000	0.8195	0.00000
TASA DE CAMBIO	Estadístico	-5.18449	-1.70622	
	Valor crítico al 95%	-3.46555	-3.46487	
	p-valor	0.0003	0.7399	

Fuente: Elaboración propia con datos, DANE, Asocaña y Fedebiocombustibles

De acuerdo a las pruebas realizadas, no se rechaza la hipótesis nula de raíz unitaria para las pruebas ADF de las ocho variables y para las pruebas PP de IPC de alimentos, IPC aceites y grasas, Producción de Alcohol carburante y tasa de cambio. Sin embargo, una vez se realiza la prueba PP en primeras diferencias a las demás variables, se concluye que las series son integradas de orden 1.

# C. Anexo: Estimación del modelo VEC

## VEC PARA (CON 6 REZAGOS)

Vector Error Correction Estimates  
 Date: 11/28/15 Time: 15:51  
 Sample (adjusted): 2008M08 2014M12  
 Included observations: 77 after adjustments  
 Standard errors in ( ) & t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1								
IPC_T_ALI(-1)	1.000000								
IPC_ACE_GRA(-1)	-0.977416 (0.12434) [-7.86092]								
IPC_AZ(-1)	-0.293281 (0.13887) [-2.11196]								
IPC_HOR_LEG(-1)	0.334270 (0.12831) [ 2.60515]								
PINT_AZ_LD(-1)	0.029217 (0.00539) [ 5.42344]								
PRODX_AC(-1)	-0.000565 (0.00016) [-3.60878]								
PRODX_BIOD(-1)	-0.000622 (5.2E-05) [-11.8983]								
TC(-1)	-0.020705 (0.00504) [-4.11127]								
C	44.84342								
Error Correction:	D(IPC_T_ALI)	D(IPC_ACE_GRA)	D(IPC_AZ)	D(IPC_HOR_LEG)	D(PINT_AZ_LD)	D(PRODX_AC)	D(PRODX_BIOD)	D(TC)	
CointEq1	0.008120 (0.07926) [ 0.10245]	0.131486 (0.09850) [ 1.33491]	-0.041195 (0.17029) [-0.24192]	0.754423 (0.33052) [ 2.28250]	4.953152 (7.28732) [ 0.67969]	-410.9723 (818.883) [-0.50187]	-1180.082 (379.167) [-3.11230]	18.34963 (9.33813) [ 1.96502]	

76 Evolución de los Biocombustibles en Colombia y su incidencia sobre el precio de los alimentos

D(IPC_T_ALI(-1))	0.566824 (0.22442) [ 2.52569]	0.259721 (0.27890) [ 0.93123]	0.487459 (0.48217) [ 1.01097]	-0.354164 (0.93589) [-0.37843]	0.003720 (20.6342) [ 0.00018]	-532.1598 (2318.68) [-0.22951]	-2350.392 (1073.62) [-2.18922]	-24.08134 (26.4411) [-0.91076]
D(IPC_T_ALI(-2))	0.193599 (0.25513) [ 0.75881]	0.007155 (0.31707) [ 0.02257]	-0.128022 (0.54815) [-0.23355]	1.926048 (1.06396) [ 1.81027]	-26.01460 (23.4579) [-1.10899]	3667.355 (2635.98) [ 1.39127]	99.73550 (1220.54) [ 0.08171]	-36.40417 (30.0594) [-1.21107]
D(IPC_T_ALI(-3))	-0.095171 (0.22544) [-0.42217]	0.507526 (0.28016) [ 1.81157]	-0.038756 (0.48434) [-0.08002]	-1.453499 (0.94011) [-1.54610]	9.654874 (20.7272) [ 0.46581]	-2088.934 (2329.14) [-0.89687]	989.0878 (1078.46) [ 0.91713]	-1.862070 (26.5603) [-0.07011]
D(IPC_T_ALI(-4))	-0.141713 (0.24950) [-0.56798]	0.274194 (0.31007) [ 0.88431]	-0.100125 (0.53605) [-0.18678]	0.108978 (1.04047) [ 0.10474]	-11.31231 (22.9400) [-0.49313]	1986.851 (2577.78) [ 0.77076]	1737.666 (1193.59) [ 1.45583]	-36.97012 (29.3958) [-1.25767]
D(IPC_T_ALI(-5))	0.201870 (0.24531) [ 0.82292]	-0.249251 (0.30485) [-0.81761]	0.474742 (0.52704) [ 0.90077]	0.641508 (1.02298) [ 0.62710]	4.651329 (22.5544) [ 0.20623]	-2489.289 (2534.46) [-0.98218]	-754.8759 (1173.53) [-0.64325]	-9.492976 (28.9017) [-0.32846]
D(IPC_T_ALI(-6))	-0.136345 (0.21502) [-0.63412]	0.146563 (0.26721) [ 0.54850]	-0.415352 (0.46195) [-0.89912]	-0.938485 (0.89665) [-1.04665]	-14.81217 (19.7692) [-0.74926]	2573.608 (2221.48) [ 1.15851]	566.3933 (1028.61) [ 0.55064]	-42.27059 (25.3326) [-1.66862]
D(IPC_ACE_GRA(-1))	-0.038451 (0.15576) [-0.24686]	0.158400 (0.19356) [ 0.81833]	-0.057650 (0.33464) [-0.17227]	-0.186632 (0.64953) [-0.28733]	8.835667 (14.3207) [ 0.61698]	-981.2662 (1609.23) [-0.60977]	-887.6195 (745.123) [-1.19124]	2.593420 (18.3509) [ 0.14132]
D(IPC_ACE_GRA(-2))	-0.210928 (0.14208) [-1.48461]	0.271182 (0.17656) [ 1.53588]	-0.638866 (0.30525) [-2.09294]	-0.715183 (0.59248) [-1.20709]	-3.652138 (13.0629) [-0.27958]	2190.059 (1467.89) [ 1.49197]	1498.071 (679.679) [ 2.20409]	0.617350 (16.7391) [ 0.03688]
D(IPC_ACE_GRA(-3))	0.011334 (0.13583) [ 0.08344]	-0.255585 (0.16880) [-1.51412]	0.027203 (0.29183) [ 0.09322]	0.580349 (0.56643) [ 1.02456]	-2.702591 (12.4886) [-0.21640]	771.3081 (1403.35) [ 0.54962]	1531.961 (649.796) [ 2.35760]	-3.177784 (16.0032) [-0.19857]
D(IPC_ACE_GRA(-4))	0.203783 (0.13065) [ 1.55978]	0.004676 (0.16236) [ 0.02880]	0.115690 (0.28070) [ 0.41216]	0.955486 (0.54483) [ 1.75374]	3.056756 (12.0122) [ 0.25447]	-322.9653 (1349.83) [-0.23926]	-40.19737 (625.010) [-0.06431]	-4.919947 (15.3927) [-0.31963]
D(IPC_ACE_GRA(-5))	-0.128784 (0.12655) [-1.01765]	0.095777 (0.15727) [ 0.60900]	-0.261638 (0.27189) [-0.96229]	-1.373630 (0.52774) [-2.60285]	-7.445453 (11.6355) [-0.63989]	2300.834 (1307.49) [ 1.75974]	396.4150 (605.406) [ 0.65479]	23.86169 (14.9099) [ 1.60039]
D(IPC_ACE_GRA(-6))	-0.080331 (0.15425) [-0.52080]	-0.385395 (0.19169) [-2.01055]	0.397373 (0.33139) [ 1.19910]	0.348954 (0.64323) [ 0.54250]	7.282356 (14.1818) [ 0.51350]	-3099.102 (1593.62) [-1.94469]	-1601.432 (737.894) [-2.17027]	23.57739 (18.1728) [ 1.29740]
D(IPC_AZ(-1))	-0.053811 (0.08512) [-0.63217]	-0.109826 (0.10578) [-1.03821]	0.443121 (0.18288) [ 2.42302]	0.060297 (0.35497) [ 0.16987]	-5.974937 (7.82627) [-0.76345]	591.0277 (879.445) [ 0.67205]	-251.4814 (407.210) [-0.61757]	13.72515 (10.0287) [ 1.36858]
D(IPC_AZ(-2))	0.018344 (0.09776) [ 0.18766]	0.150558 (0.12149) [ 1.23931]	-0.030510 (0.21003) [-0.14527]	0.407886 (0.40766) [ 1.00055]	9.293911 (8.98798) [ 1.03404]	-1086.550 (1009.99) [-1.07581]	-932.9130 (467.655) [-1.99488]	2.398860 (11.5174) [ 0.20828]
D(IPC_AZ(-3))	0.030449 (0.08324) [ 0.36579]	-0.052749 (0.10345) [-0.50991]	0.029039 (0.17884) [ 0.16237]	0.925639 (0.34713) [ 2.66655]	-6.638917 (7.65343) [-0.86744]	399.8836 (860.022) [ 0.46497]	57.17312 (398.216) [ 0.14357]	5.988213 (9.80727) [ 0.61059]

D(IPC_AZ(-4))	-0.052157 (0.08451) [-0.61718]	-0.078577 (0.10502) [-0.74820]	-0.131718 (0.18156) [-0.72546]	-0.707329 (0.35241) [-2.00709]	8.137058 (7.76994) [ 1.04725]	915.8562 (873.115) [ 1.04895]	-678.6473 (404.279) [-1.67866]	13.99647 (9.95657) [ 1.40575]
D(IPC_AZ(-5))	-0.028354 (0.10378) [-0.27321]	-0.061967 (0.12897) [-0.48047]	0.256827 (0.22297) [ 1.15185]	0.333197 (0.43278) [ 0.76990]	2.856866 (9.54188) [ 0.29940]	-1832.113 (1072.23) [-1.70870]	-255.4231 (496.475) [-0.51447]	-5.275577 (12.2272) [-0.43146]
D(IPC_AZ(-6))	0.000152 (0.08401) [ 0.00181]	0.174625 (0.10441) [ 1.67251]	-0.406964 (0.18050) [-2.25460]	0.059339 (0.35036) [ 0.16937]	1.676544 (7.72458) [ 0.21704]	940.7908 (868.017) [ 1.08384]	1168.273 (401.918) [ 2.90674]	2.150853 (9.89844) [ 0.21729]
D(IPC_HOR_LEG(-1))	0.014364 (0.07034) [ 0.20422]	-0.096371 (0.08741) [-1.10254]	0.048741 (0.15111) [ 0.32254]	-0.005208 (0.29331) [-0.01775]	-2.564941 (6.46684) [-0.39663]	-52.07176 (726.685) [-0.07166]	1170.090 (336.477) [ 3.47747]	-13.21089 (8.28675) [-1.59422]
D(IPC_HOR_LEG(-2))	-0.022962 (0.07903) [-0.29053]	0.012491 (0.09822) [ 0.12718]	0.033248 (0.16980) [ 0.19580]	-0.803987 (0.32959) [-2.43937]	1.478015 (7.26666) [ 0.20340]	333.6624 (816.561) [ 0.40862]	736.0806 (378.093) [ 1.94683]	1.309400 (9.31165) [ 0.14062]
D(IPC_HOR_LEG(-3))	-0.092886 (0.05871) [-1.58224]	-0.229097 (0.07296) [-3.14022]	0.116052 (0.12613) [ 0.92012]	-0.659208 (0.24481) [-2.69270]	-2.466255 (5.39757) [-0.45692]	-139.4957 (606.530) [-0.22999]	-112.1323 (280.842) [-0.39927]	-9.514183 (6.91656) [-1.37557]
D(IPC_HOR_LEG(-4))	0.110840 (0.05121) [ 2.16432]	0.013006 (0.06364) [ 0.20435]	0.181309 (0.11003) [ 1.64784]	0.013125 (0.21357) [ 0.06146]	-6.526545 (4.70863) [-1.38608]	-1103.612 (529.112) [-2.08578]	165.1024 (244.995) [ 0.67390]	-3.416021 (6.03373) [-0.56615]
D(IPC_HOR_LEG(-5))	-0.047945 (0.06535) [-0.73367]	0.096003 (0.08121) [ 1.18212]	-0.180250 (0.14040) [-1.28382]	-0.419953 (0.27252) [-1.54100]	1.947083 (6.00843) [ 0.32406]	2068.991 (675.173) [ 3.06439]	894.5073 (312.625) [ 2.86128]	-5.685057 (7.69933) [-0.73838]
D(IPC_HOR_LEG(-6))	0.028927 (0.05892) [ 0.49092]	-0.138423 (0.07323) [-1.89032]	0.324435 (0.12660) [ 2.56275]	-0.128924 (0.24572) [-0.52467]	0.636228 (5.41764) [ 0.11744]	-1086.567 (608.785) [-1.78481]	-587.2917 (281.886) [-2.08344]	-0.102543 (6.94227) [-0.01477]
D(PINT_AZ_LD(-1))	-0.002226 (0.00307) [-0.72543]	-0.001129 (0.00381) [-0.29599]	0.001640 (0.00659) [ 0.24881]	-0.039517 (0.01280) [-3.08844]	0.114261 (0.28210) [ 0.40503]	57.30392 (31.7000) [ 1.80769]	56.69470 (14.6781) [ 3.86254]	-0.852603 (0.36149) [-2.35857]
D(PINT_AZ_LD(-2))	0.003638 (0.00416) [ 0.87475]	-0.000835 (0.00517) [-0.16156]	0.011959 (0.00893) [ 1.33841]	-0.020386 (0.01734) [-1.17545]	-0.478484 (0.38237) [-1.25137]	-28.28660 (42.9671) [-0.65833]	33.94438 (19.8951) [ 1.70617]	-0.813106 (0.48997) [-1.65949]
D(PINT_AZ_LD(-3))	0.001844 (0.00405) [ 0.45530]	-8.82E-06 (0.00503) [-0.00175]	-0.002494 (0.00870) [-0.28650]	-0.024113 (0.01689) [-1.42737]	-0.011824 (0.37246) [-0.03174]	54.76915 (41.8540) [ 1.30858]	61.29651 (19.3797) [ 3.16293]	-0.298960 (0.47728) [-0.62638]
D(PINT_AZ_LD(-4))	-0.003396 (0.00337) [-1.00846]	-0.006215 (0.00418) [-1.48512]	0.011583 (0.00724) [ 1.60097]	-0.033772 (0.01404) [-2.40489]	-0.309678 (0.30962) [-1.00018]	-30.00279 (34.7925) [-0.86234]	4.498538 (16.1100) [ 0.27924]	-0.335117 (0.39676) [-0.84464]
D(PINT_AZ_LD(-5))	-0.001116 (0.00279) [-0.39931]	0.001303 (0.00347) [ 0.37538]	0.005623 (0.00600) [ 0.93667]	-0.011807 (0.01165) [-1.01331]	-0.059441 (0.25689) [-0.23139]	-27.67111 (28.8669) [-0.95858]	37.91576 (13.3663) [ 2.83668]	-0.334277 (0.32918) [-1.01547]
D(PINT_AZ_LD(-6))	0.005771 (0.00331) [ 1.74426]	0.005851 (0.00411) [ 1.42320]	0.007491 (0.00711) [ 1.05398]	0.021414 (0.01380) [ 1.55216]	-0.194264 (0.30418) [-0.63865]	33.93847 (34.1806) [ 0.99292]	10.20665 (15.8266) [ 0.64490]	-0.449033 (0.38978) [-1.15202]

78 Evolución de los Biocombustibles en Colombia y su incidencia sobre el precio de los alimentos

D(PRODX_AC(-1))	3.22E-07 (3.8E-05) [ 0.00850]	0.000101 (4.7E-05) [ 2.14139]	-0.000263 (8.1E-05) [-3.23977]	0.000255 (0.00016) [ 1.61879]	0.003089 (0.00348) [ 0.88783]	-0.233864 (0.39099) [-0.59813]	-0.085834 (0.18104) [-0.47411]	0.004918 (0.00446) [ 1.10296]
D(PRODX_AC(-2))	-1.34E-05 (2.8E-05) [-0.48535]	7.18E-06 (3.4E-05) [ 0.20939]	-0.000150 (5.9E-05) [-2.53770]	-1.19E-06 (0.00012) [-0.01032]	0.001688 (0.00254) [ 0.66519]	-0.255874 (0.28510) [-0.89748]	-0.223855 (0.13201) [-1.69574]	0.010382 (0.00325) [ 3.19330]
D(PRODX_AC(-3))	-5.68E-05 (3.3E-05) [-1.71704]	-5.34E-05 (4.1E-05) [-1.29745]	-4.02E-05 (7.1E-05) [-0.56512]	1.10E-06 (0.00014) [ 0.00798]	0.001426 (0.00304) [ 0.46855]	-0.643723 (0.34191) [-1.88271]	-0.461741 (0.15832) [-2.91658]	0.007295 (0.00390) [ 1.87104]
D(PRODX_AC(-4))	-9.49E-06 (3.1E-05) [-0.30616]	5.56E-06 (3.9E-05) [ 0.14432]	-4.84E-05 (6.7E-05) [-0.72705]	0.000231 (0.00013) [ 1.78926]	-0.000660 (0.00285) [-0.23154]	-0.538630 (0.32041) [-1.68109]	-0.412925 (0.14836) [-2.78331]	0.000386 (0.00365) [ 0.10564]
D(PRODX_AC(-5))	1.91E-06 (3.2E-05) [ 0.05871]	7.39E-05 (4.0E-05) [ 1.83203]	-0.000153 (7.0E-05) [-2.19018]	3.91E-05 (0.00014) [ 0.28909]	0.000809 (0.00298) [ 0.27099]	0.407183 (0.33541) [ 1.21400]	0.141397 (0.15530) [ 0.91045]	0.000763 (0.00382) [ 0.19958]
D(PRODX_AC(-6))	-9.66E-06 (2.2E-05) [-0.44644]	3.80E-06 (2.7E-05) [ 0.14120]	-2.53E-05 (4.7E-05) [-0.54354]	-2.00E-05 (9.0E-05) [-0.22144]	0.001042 (0.00199) [ 0.52376]	0.094301 (0.22364) [ 0.42166]	-0.003388 (0.10355) [-0.03272]	0.001247 (0.00255) [ 0.48914]
D(PRODX_BIOD(-1))	1.47E-05 (8.6E-05) [ 0.17080]	0.000144 (0.00011) [ 1.34280]	6.36E-05 (0.00019) [ 0.34318]	0.000400 (0.00036) [ 1.11202]	0.004903 (0.00793) [ 0.61815]	-0.358060 (0.89126) [-0.40174]	-1.611462 (0.41268) [-3.90485]	0.006591 (0.01016) [ 0.64854]
D(PRODX_BIOD(-2))	7.67E-05 (7.8E-05) [ 0.98607]	0.000246 (9.7E-05) [ 2.54579]	9.27E-05 (0.00017) [ 0.55501]	0.000953 (0.00032) [ 2.93933]	0.006970 (0.00715) [ 0.97517]	-0.207205 (0.80312) [-0.25800]	-1.139791 (0.37187) [-3.06502]	0.004148 (0.00916) [ 0.45287]
D(PRODX_BIOD(-3))	2.87E-05 (7.6E-05) [ 0.38016]	0.000182 (9.4E-05) [ 1.94122]	2.34E-05 (0.00016) [ 0.14396]	0.000766 (0.00032) [ 2.43107]	0.010685 (0.00695) [ 1.53720]	0.095282 (0.78106) [ 0.12199]	-0.907881 (0.36165) [-2.51036]	0.004715 (0.00891) [ 0.52936]
D(PRODX_BIOD(-4))	4.56E-05 (6.6E-05) [ 0.68994]	0.000102 (8.2E-05) [ 1.24500]	9.33E-05 (0.00014) [ 0.65772]	0.000672 (0.00028) [ 2.44159]	0.008842 (0.00607) [ 1.45623]	-0.769643 (0.68230) [-1.12801]	-0.976382 (0.31593) [-3.09054]	0.005167 (0.00778) [ 0.66403]
D(PRODX_BIOD(-5))	4.46E-05 (5.6E-05) [ 0.79487]	0.000176 (7.0E-05) [ 2.52387]	0.000119 (0.00012) [ 0.98976]	0.000630 (0.00023) [ 2.69183]	0.003526 (0.00516) [ 0.68360]	-0.344244 (0.57955) [-0.59399]	-0.379537 (0.26835) [-1.41435]	0.005155 (0.00661) [ 0.78007]
D(PRODX_BIOD(-6))	-4.27E-06 (4.6E-05) [-0.09178]	0.000102 (5.8E-05) [ 1.76695]	-0.000103 (0.00010) [-1.02864]	0.000369 (0.00019) [ 1.90079]	0.002986 (0.00427) [ 0.69855]	0.198908 (0.48038) [ 0.41406]	0.011945 (0.22243) [ 0.05370]	-0.001859 (0.00548) [-0.33931]
D(TC(-1))	0.003515 (0.00238) [ 1.47980]	0.009744 (0.00295) [ 3.30118]	-0.005295 (0.00510) [-1.03763]	0.002176 (0.00991) [ 0.21971]	0.061075 (0.21839) [ 0.27967]	30.53720 (24.5402) [ 1.24438]	35.37288 (11.3628) [ 3.11303]	0.048885 (0.27984) [ 0.17469]
D(TC(-2))	0.000445 (0.00204) [ 0.21857]	0.001855 (0.00253) [ 0.73338]	0.003773 (0.00437) [ 0.86253]	0.008490 (0.00849) [ 1.00000]	0.105991 (0.18718) [ 0.56624]	11.77970 (21.0339) [ 0.56003]	4.498221 (9.73934) [ 0.46186]	0.116346 (0.23986) [ 0.48506]
D(TC(-3))	-0.000442 (0.00179) [-0.24654]	-0.003927 (0.00223) [-1.76106]	0.003426 (0.00386) [ 0.88873]	0.001413 (0.00748) [ 0.18884]	-0.018524 (0.16499) [-0.11227]	-21.73299 (18.5396) [-1.17225]	-12.92560 (8.58440) [-1.50571]	-0.059129 (0.21142) [-0.27968]

D(TC(-4))	0.000687 (0.00146) [ 0.47075]	0.004165 (0.00181) [ 2.29563]	-0.001068 (0.00314) [-0.34061]	-0.002692 (0.00609) [-0.44208]	-0.052137 (0.13424) [-0.38837]	-6.057706 (15.0852) [-0.40157]	-1.636412 (6.98490) [-0.23428]	-0.079948 (0.17202) [-0.46475]
D(TC(-5))	0.001001 (0.00163) [ 0.61608]	0.003986 (0.00202) [ 1.97369]	-0.001856 (0.00349) [-0.53165]	0.005633 (0.00678) [ 0.83111]	-0.023688 (0.14943) [-0.15853]	19.64228 (16.7912) [ 1.16980]	14.63383 (7.77483) [ 1.88221]	-0.043371 (0.19148) [-0.22650]
D(TC(-6))	0.001552 (0.00132) [ 1.17973]	0.002217 (0.00163) [ 1.35602]	0.003343 (0.00283) [ 1.18267]	0.005232 (0.00549) [ 0.95367]	0.124108 (0.12096) [ 1.02603]	0.579002 (13.5923) [ 0.04260]	-8.794188 (6.29365) [-1.39731]	-0.168545 (0.15500) [-1.08739]
C	0.001440 (0.19746) [ 0.00729]	-0.768685 (0.24540) [-3.13241]	-0.190609 (0.42425) [-0.44929]	-1.281623 (0.82346) [-1.55638]	-8.346575 (18.1555) [-0.45973]	336.3605 (2040.15) [ 0.16487]	2484.712 (944.652) [ 2.63029]	38.30693 (23.2649) [ 1.64656]
R-squared	0.775410	0.794596	0.901903	0.871845	0.644625	0.689633	0.794441	0.803079
Adj. R-squared	0.367820	0.421825	0.723875	0.639268	-0.000313	0.126374	0.421389	0.445704
Sum sq. resids	5.534246	8.547120	25.54582	96.24301	46783.98	5.91E+08	1.27E+08	76821.16
S.E. equation	0.452738	0.562637	0.972698	1.888003	41.62619	4677.571	2165.857	53.34068
F-statistic	1.902427	2.131592	5.066085	3.748621	0.999514	1.224362	2.129573	2.247159
Log likelihood	-7.893538	-24.62714	-66.78000	-117.8465	-356.0237	-719.6026	-660.3155	-375.1173
Akaike AIC	1.503728	1.938367	3.033247	4.359649	10.54607	19.98968	18.44975	11.04201
Schwarz SC	3.025680	3.460319	4.555198	5.881601	12.06802	21.51163	19.97170	12.56396
Mean dependent	0.241169	-0.107814	0.306446	0.220080	0.182329	138.0003	541.6126	7.287532
S.D. dependent	0.569413	0.739943	1.851082	3.143476	41.61967	5004.464	2847.322	71.64528
Determinant resid covariance (dof adj.)		1.13E+19						
Determinant resid covariance		2.58E+15						
Log likelihood		-2240.361						
Akaike information criterion		68.78861						
Schwarz criterion		81.20773						



## Bibliografía

- [1] ARANGO SANCLEMENTE, Sebastián. YOSHIOKA VARGAS, Ana Milena. GUTIEERREZ RINCÓN, Viviana. Análisis del ambiente del cluster bioindustrial del azúcar en el Valle geográfico del Rio Cauca. Cali Colombia, 2011.
- [2] ASOCAÑA. Aspectos generales del Sector Azucarero 2012-2013. Cali Colombia, 2013.
- [3] BASTANI, Andrea. GALLEOTTI, Marzio, MACERA, Mateo. Biofuels and food prices: searching for the causal link. 2013.
- [4] BENAVIDES, Juan. Políticas y capacidades de investigación y desarrollo e innovación (I&D+I) para el desarrollo de biocombustibles en América Latina y el Caribe. Estudio financiado por la FAO para la CEPAL. Santiago de Chile, 2011.
- [5] BOZA, Sofia. SAUCEDO Alberto. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo Proyecto financiado por la GTZ y la CEPAL. Santiago de Chile, 2011.
- [6] BUSTELO, Pablo. El ascenso económico de China: Implicaciones estratégicas para la seguridad global. Universidad Complutense de Madrid, 2012.
- [7] CARDONA, Carlos Ariel. Perspectivas de la Producción de Biocombustibles en Colombia: Contextos Latinoamericano y Mundial. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 2009.
- [8] CARRIZO, Silvina. DIDIER VELUT, Sébastien. Biocombustibles en Argentina, Brasil y Colombia: avances y limitaciones. Cali Colombia, 2010.
- [9] CASTIBLANCO ROZO, Carmenza. El paradigma energético de los biocombustibles y sus implicaciones. Bogotá Colombia, 2013.
- [10] CRUZ AGUILAR, Pedro. Análisis estructural del sector azucarero y el etanol del Valle del Cauca. Buenos Aires Argentina, 2009.
- [11] DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE), Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales. Cuenta Satélite piloto de agroindustria de palma de aceite: palma en desarrollo, en producción y su primer nivel de transformación 2005-2010. Bogotá D.C. Colombia 2012. Boletín ENA 2012,2013.
- [12] DE SOUZA, Joaquim Bento. El incremento mundial en la demanda de etanol y la pobreza en Brasil. Documento de proyecto CEPAL y AECID. Santiago de Chile, 2010.

- [13] DUFFEY, Annie. Estudio regional sobre economía de los biocombustibles 2010: temas clave para los países de América Latina y el Caribe. Proyecto financiado por la GTZ y la CEPAL. Santiago de Chile, 2011.
- [14] ESCOBAR, Andres. NAVAS, Verónica. REYES, Ángela María. MARTINEZ, Humberto. Incidencia e importancia del FEPA sobre productores y consumidores de azúcar en Colombia. Bogotá D.C. Colombia 2012.
- [15] FEDERACIÓN NACIONAL DE BIOCOMBUSTIBLES, Cifras informativas del sector de Biocombustibles 2008-2012. Bogotá D.C. Colombia 2013.
- [16] FEDEPALMA, Minianuario estadístico 2013, principales cifras de la Agroindustria de la palma de aceite en Colombia. Bogotá D.C. Colombia 2012.
- [17] FEDESARROLLO. Política de Biocombustibles en Colombia. En: Revista Tendencia económica número 126. Bogotá D.C. Colombia, 2012.
- [18] FOREO ALVAREZ, Jaime. Economía campesina y sistema alimentario en Colombia: aportes para la discusión sobre seguridad alimentaria. Bogotá D.C. Colombia 2003.
- [19] GARCÍA ROMERO, Helena. CALDERON ETERR, Laura. Evaluación de la política de Biocombustibles en Colombia. Bogotá D.C. Colombia 2013.
- [20] GAZONI, Luis Decio. Biocombustibles y Alimentos en América Latina y el Caribe. Serie crisis global y Seguridad alimentaria, para e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José de Costa Rica, 2009.
- [21] GÓMEZ, José Javier. SAMANIEGO, José Luis. ANTONISSEN Mariana. Consideraciones ambientales en torno a los Biocombustibles. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL. Santiago de Chile. 2008.
- [22] GUERRA MILLAN, José. WIECHERS MALLEN, Cecilia. GARZA STRUCK, Adelwart. VARELA VEGA, Támara. Producción de Bioetanol, Proyecto final: laboratorio de procesos de separación. Universidad Iberoamericana. México D.F. 2008.
- [23] GUEVARA, Javier. PAREJA, Paula. SEVILLA, Susana. Estudio sobre la situación de los Biocombustibles en Perú. Preparado por Soluciones Prácticas ITDG para OXFAM Internacional. Lima – Perú (2008)
- [24] GUJARATI, Damodar. Econometría, quinta edición. 2010.
- [25] LAINE, Jorge. Los Biocombustibles y la Alimentación humana”. Asociación Interciencia, Caracas – Venezuela. 2008.
- [26] LAZARO, Camilo. DIAZ PEREIRA, Benedito. ZABALA ZABALA, Arturo. DE MELO FARIAS. Alexandre. RAMOS, Pedro. Biocombustibles, ¿una estrategia de desarrollo o de mercado lucrativamente sostenible? Polis, revista de la Universidad Bolivariana, número 021. Santiago de Chile, 2008.

- [27] LOBATO TEIXEIRA, Virginia. Los Biocombustibles líquidos. Artículo de revista” Los recursos naturales” Montevideo Uruguay, 2009.
- [28] MOJICA PIMIENTO, Amilcar. PAREDES VEGA, Joaquín. El cultivo de la caña panelera en el departamento de Santander. Centro regional de estudios económicos de Bucaramanga, Banco de la República. Bucaramanga Colombia, 2004.
- [29] MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO RURAL. Evaluación ambiental estratégica de políticas, planes y programas de biocombustibles en Colombia con énfasis en biodiversidad. Bogotá D.C. Colombia, 2008.
- [30] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. El programa de Biocombustibles en Colombia. Bogotá D.C. Colombia, 2007.  
Unidad de Planeación Minero Energética. Biocombustibles en Colombia, 2009.  
Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050. Unidad de Planeación Minero Energética, 2015
- [31] NÚÑEZ, Luis. AYALA, Dante. Impacto de la producción de Bioetanol en el mercado de maíz. Un análisis desde la Dinámica de Sistemas”. Revista Economía y Sociedad, Vol. XIV, Núm. 23, enero – junio. México. 2009.
- [32] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO), Hoja de balance de Alimentos Colombiana año 2010. Convenio ICBF – FAO 2012 - 2014. Bogotá D.C. Colombia, 2015.
- [33] OSSA BASAÑEZ, Federico. Cultivos energéticos para Biocombustibles. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza Argentina, 2012.
- [34] PÉREZ RINCON, Mario. Impacto del Conflicto de las pavas y de la dinámica palmera en los derechos, los medios de vida y la Seguridad y la Soberanía Alimentaria de los habitantes de la región en Bolívar, Colombia”. Universidad del Valle. Cali – Colombia. 2010.
- [35] PYNDICK, Robert. Microeconomía, séptima edición. Pearson educación, Madrid España. 2009.
- [36] PROEXPORT COLOMBIA. Sector de Biocombustibles en Colombia. Bogotá D.C. Colombia, 2012.
- [37] RAMOS GÓMEZ, Oscar Gerardo. Para ASOCAÑA. Caña de azúcar en Colombia. Revista de Indias, 2005, vol. LXV, número. 233, Pags. 49-78.
- [38] RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21st CENTURY. Renewables 2011, Global status report, 2012.
- [39] RIGOBON, Roberto. Commodity Pass-Through. Presentación diapositivas. MIT. 2008
- [40] RIPOLL, Alejandra. FERRER, Harvey. Los biocombustibles: ¿factor de desarrollo o potencializador de conflicto?. Bogotá D.C. Colombia, 2013.

[41] RONDEROS, Carlos. Responsabilidad Social Empresarial de la industria de Caña de azúcar en el Valle del río Cauca. Universidad Sergio Arboleda. Bogotá D.C. Colombia, 2012.

[42] RODRIGUEZ, Alejandro. Biocombustibles como energía alternativa: Una mirada hacia la región”. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. Sede Quito – Ecuador. 2007.

[44] SERNA, Fabiola. BARRERA, Luis. MONTIEL, Héctor Carlos. Impacto Social y Económico en el uso de Biocombustibles. Journal of Technology Management & Innovation. Santiago de Chile, 2011.

[45] THE WORLD BANK. Informe sobre desarrollo humano mundial, Biocombustibles: una promesa y algunos riesgos, 2008.