

FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO DE UNA POLÍTICA NACIONAL DE BIOENERGÍA



TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1. BIOMASA	8
1.1 Principales fuentes de biomasa actuales	8
1.2 Perspectivas internacionales de los principales sectores colombianos que producen biomasa, biocombustibles y bioenergía.	9
1.3 Perspectivas de los sectores de la palma de aceite y de la caña de azúcar a nivel nacional	13
1.3.1 La productividad del aceite de palma en Colombia	18
1.3.2 La dispersión en los costos de producción y los rendimientos del aceite de palma	21
1.3.3 Los precios producción y consumo del aceite de palma	25
1.4 Procesos de utilización de la biomasa a través de las biorefinerías	26
1.5 Impacto de la productividad y las economías de escala en los sectores azucarero y palmero	27
CAPITULO 2. BIOCOMBUSTIBLES	31
2.1 Aproximación para la evaluación de los biocombustibles	31
2.2 Antecedentes de los biocombustibles en Colombia y el mundo	32
2.2.1 Proyecciones de Consumo e Importaciones de Gasolina y Diésel 2002-2020:	33
2.2.2 Relación Precio Diésel 2 Golfo de México y CIF Rotterdam del aceite de palma	34
2.3 La Realidad de lo Acontecido	36
2.3.1 En cuanto a costos y precios:	36
2.3.2 Evolución de los precios del Diésel 2 y del CIF Rotterdam del aceite de palma crudo:	38
2.3.3 El costo de fabricar biodiesel de palma	39
2.3.4 En cuanto a volúmenes de producción y ventas	41
2.4 Producción de materias primas para fabricar biocombustibles en el futuro	42
2.4.1 Sobre el biodiesel de palma	43
2.4.2 Sobre el etanol de caña	48
2.5 Impacto de la Caída de los Precios del Petróleo en los sectores azucarero y palmero	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFIA	66

TABLA DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Costo de la mano de obra en la producción de aceite de palma.....	11
Gráfica 2: Costo de producción de diferentes aceites acreditando el valor de la torta.....	12
Gráfica 3: Evolución de los Precios del Aceite de Palma y principales aceites competidores	15
Gráfica 4: Valor de la Producción del Sector Palmicultor	17
Gráfica 5: Destinos de exportación del aceite de palma y de palmiste	18
Gráfica 6: Composición porcentual del costo del aceite de palma en Colombia [%].....	20
Gráfica 7: Composición de costos por fases del proceso 1984-2013.....	21
Gráfica 8: Componentes de los costos de producción del aceite de palma	22
Gráfica 9: Producción de fruto por hectárea y tasa de extracción del aceite de palma	23
Gráfica 10: Precio Nominal del Aceite de palma Crudo en Colombia con sus Costos Promedios estimados para 2012-2013 [COL\$ por kilo].	25
Gráfica 11: Producción mundial de Aceite de Palma entre 2005 y 2025. Pronósticos sobre precio del barril de petróleo de USD \$55.....	26
Gráfica 12: La productividad de la caña de azúcar y de la palma de aceite en Colombia.....	28
Gráfica 13: Cantidades demandadas de gasolina, diésel y otros combustibles.....	33
Gráfica 14: Proyecciones del Consumo e Importaciones de Diesel y Gasolina en Colombia. 2002-2020.	34
Gráfica 15: Precios observados del Diésel 2 y del CIF Rotterdam. 2005-Mayo y 2014-Diciembre. USD por galón.	36
Gráfica 16: Demanda Proyectada en Diciembre 2014 del Diésel y la Gasolina en el Sector Transporte de Colombia.....	37
Gráfica 17: Evolución de los Precios del Índice No 2 USGC (Platts) y del Aceite de Palma (Banco Mundial) entre Abril 1979 y Enero 2015.	38
Gráfica 18: Costos del diésel Índice No 2, del aceite de palma crudo según el Banco Mundial y de producción del aceite de palma en Colombia (No incluye costo de fabricación del biodiesel de palma en Colombia).....	40
Gráfica 19: Comparación del Precio por galón del Diesel No2 USGC, Aceite de palma Internacional y Biodiesel de Palma en Tres Zonas Palmeras Colombianas.....	41
Gráfica 20: Volúmenes de Producción de Etanol de Caña y Biodiesel de Palma en Colombia.	42
Gráfica 21: Proyección Consumo Interno Etanol y Biodiesel en Colombia con 2 Millones de Hectáreas Sembradas en Palma en 2020. (Proyección elaborada en 2008).....	43
Gráfica 22: Demanda esperada de diésel y gasolina en Colombia entre 2013 y 2030 para tres escenarios: Alto, Medio y Bajo.	44
Gráfica 23: Áreas sembradas en Caña de Azúcar y en Caña Panelera 2002-2012.	49
Gráfica 24: Utilización de los Azúcares en Colombia. Para Etanol y demás Usos [Toneladas].	50
Gráfica 25: Principales Productores Mundiales de Azúcar [Miles de tmvc].....	50
Gráfica 26: Producción de etanol en Colombia y Capacidad Instalada.....	51
Gráfica 28: Evolución del Ingreso al Productor de Biodiesel en COL\$ y en USD\$ por galón.....	54
Gráfica 30: Evolución del IP del Biodiesel y del IP del ACPM.	56

TABLAS

Tabla 1: Composición de las Fuentes de Biomasa proveniente de Residuos.....	8
Tabla 2: Costo CIF Rotterdam de diversos aceites	13
Tabla 3: Ventas nacionales e internacionales de aceite de palma crudo y de aceite de palmiste por segmento.	14
Tabla 4: Rendimiento Palma de Aceite en Colombia. Fruto, aceite de palma crudo y tasa de extracción. 2012-2013.....	19
Tabla 5: Precio al Consumidor Final del Diesel y el Biodiesel, con y sin exención.	35
Tabla 6: Costo de fabricación del Biodiesel de Palma en Colombia sin incluir el.....	39
Tabla 7: Palma de Aceite. Áreas en Producción en Colombia [hectáreas].....	45
Tabla 8: Aceite de Palma. Disponibilidades en Colombia para fabricar Biodiesel de Palma [Toneladas por año].	46
Tabla 9: Biodiesel de Palma. Mezclas Máximas que se pueden atender con el APC Nacional para dos escenarios de productividad y tres de demanda futura de diésel.	46
Tabla 10: Biodiesel de Palma. Capacidad Instalada en Colombia finales 2014.	47
Tabla 11: Biodiesel de Palma. Faltantes en la capacidad Instalada para cubrir la mezcla máxima posible [Toneladas anuales].....	47
Tabla 12: Etanol de caña. Proyecciones de consumo y mezclas máximas posibles.	52

INTRODUCCIÓN

El presente documento abrevia el trabajo denominado “Fundamentos para el Desarrollo de una Política Nacional de Bioenergía”, tras considerar la participación de la biomasa en la canasta energética nacional, en la búsqueda de políticas de desarrollo del sector en un país agrícola que como Colombia, permitan aprovechar residuos de biomasa que ya se producen o que pueden producirse en mayor cantidad, para soportar los procesos de cogeneración, generación de electricidad y suministro de gas como combustible, suministro de energía en las zonas rurales para generación eléctrica y movilidad, y en una eventual contribución a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles en el transporte de pasajeros y carga.

El resultado de los análisis indican la necesidad de orientar la política en esta materia, hacia el establecimiento de la mejor forma como se pueden aprovechar integralmente las biomásas en la producción de bioenergía, lo cual requiere la configuración de un plan estratégico de biomásas que promueva su utilización en la producción en todos los usos arriba mencionados.

En cuanto al desarrollo de biocombustibles, una de las consideraciones futuras hace referencia a la producción nacional y la disponibilidad de materia prima interna para fabricarlos. Como es obvio, esto incide en las mezclas que se pueden establecer como mandatos de consumo sin tener que importar biocombustibles, así como su garantía de abastecimiento.

Una de las labores importantes en este análisis es el acopio de información que apunta a los potenciales desaprovechados en Colombia en materia de tierras, residuos, y recursos agrícolas y forestales ampliamente disponibles y limitadamente utilizados, así como de tecnologías y tendencias internacionales para el desarrollo de la bioenergía y la utilización de la biomasa.

La diversidad, complejidad y cambios de los temas relacionados con la biomasa y su utilización óptima, precisan de la construcción de una sinopsis sobre la cual se pueda sustentar un plan estratégico. La línea básica que se propone para Colombia, incluye los siguientes aspectos:

- ❖ Principales fuentes de biomasa, actuales, futuras y potenciales.
- ❖ Perspectivas internacionales de los sectores principales en la generación de biomasa, biocombustibles y bioenergía.
- ❖ Perspectivas de los anteriores sectores a nivel nacional incluyendo la discusión de la magnitud de las inversiones requeridas y su rentabilidad esperada.
- ❖ Perspectivas internacionales y nacionales de los biocombustibles que se producen en Colombia
- ❖ Procesos de utilización de la biomasa a través de las biorefinerías.
- ❖ Panorama actual y perspectivas de la innovación colombiana en biocombustibles y biomasa.

• Fuentes de información

Una de las variables de mayor relevancia en este estudio hace referencia a los costos de producción de aceites vegetales de los principales países productores, cuya procedencia surge en buena parte

del reporte Multicliente de LMC International denominado “The LMC Oilseeds & Oil Report. 2013 Report”.

También fueron consultados estudios como “Medición de Costos de Producción e Indicadores de Productividad Laboral en la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia 2011 – 2012”, “Actualización de Costos de Producción del Aceite de Palma. Informe Final, Agosto 2010”, información proveniente del Instituto Colombiano del Petróleo, de la empresa BioD y de Tecnintegral, Toda la información se complementó con el desarrollo de reuniones de discusión sobre diferentes aspectos de la temática en consideración con funcionarios de otras entidades, públicas y privadas.

- **Metodología de LMC International:**

El reporte de LMC International considera como punto de partida, que los determinantes de los costos de producción de los diversos aceites vegetales, son:

- * La distribución geográfica de la producción del aceite entre productores de alto y bajo costo
- * La productividad de las semillas que inciden en las producciones por hectárea (toneladas/ha.)
- * El valor de los subproductos
- * La tasa de cambio con la cual se convierten los costos locales en costos en dólares
- * La volatilidad de los precios de los insumos que incluyen los fertilizantes, energía y mano de obra

LMC calcula los costos de producción de los diversos aceites sumando dos elementos básicos: Los costos de campo y los costos de fábrica. Los primeros aluden al costo de producción de los aceites o el fruto de palma, en tanto que los segundos se refieren a los costos del procesamiento de las semillas o frutos para producir una tonelada de aceite vegetal.

Una vez calculados estos dos costos por tonelada de aceite para cada país, LMC los suma y los presenta para cada uno de los cinco aceites y los 25 países productores que incluye en su investigación. Hecho esto, calcula los recaudos recibidos por subproductos o co-productos, como la torta de soya o la torta del palmiste de la palma y los sustrae de los costos de producción. En todo este ejercicio, LMC distingue entre los costos fijos y los variables.

Finalmente, sopesa los diversos costos de producción de cada aceite, para calcular un costo promedio ponderado de producción a nivel mundial. Los costos de producción de LMC valoran los aceites utilizando, de hecho, los costos en que incurren los agricultores para producir las semillas y no sus precios del mercado.

- **El costo de la tierra**

El costo de la tierra es un tema de alta complejidad, pues algunos expertos valoran la tierra a través de su precio prevalente de mercado, lo cual puede conducir a confusiones, dado que el precio de la

tierra sube inevitablemente cuando aumenta la rentabilidad de cultivarla. Para evitar esta situación, LMC valora la tierra utilizando su costo promedio de oportunidad del largo plazo, buscando que refleje el valor de su mejor uso.

En Colombia las evaluaciones de los cultivos de plantaciones que producen aceites vegetales se suelen hacer contra la alternativa de usar los suelos para el desarrollo de la ganadería extensiva tradicional, que es ineficiente y que conlleva un bajo costo de oportunidad de la tierra. Los proyectos deberían, por lo menos, medirse contra el costo de oportunidad de usar la tierra para la ganadería intensiva de mayor eficiencia y rentabilidad.

- **Fuentes de Biomasa**

De acuerdo con el Atlas del Potencial Energético de la Biomasa Residual en Colombia (UPME et al, 2010) el potencial de los residuos nacionales del 2006 ascendió a 332 PJ/año, cifra que resulta superior al consumo energético de la industria nacional en 2012, que en ese año alcanzó 232 PJ (UPME, 2012). A lo anterior se suman los residuos que producen 115 millones de pollos, 22,5 millones de cabezas de ganado bovino y 3,7 millones de cerdos, que tienen un contenido energético del orden de 117 PJ/año, y 0,4 PJ anuales provenientes de podas, centros de acopio y plazas de mercado, para un gran total de 449,8 PJ/año (UPME, 2012). Así, es claro que el país cuenta con una producción bruta significativa de biomasa residual.

Por otra parte, las proyecciones del potencial teórico de la biomasa nacional, de acuerdo con seis escenarios analizados (González M. A. et al, 2013), oscilará entre 1300 y 1400 PJ/año en el año 2030. Es interesante contrastar las anteriores cifras con los potenciales bioenergéticos, ambientalmente sostenibles, que muestran países como Francia, Alemania y España que oscilan entre 350 y 300 PJ anuales por país (EEA, 2013).

CAPITULO 1. BIOMASA

En esta sección se presenta un análisis de las principales fuentes de producción de biomasa en Colombia, desde la perspectiva internacional y bajo la consideración de los sectores de la palma de aceite y de la caña de azúcar (que producen biomasa, biocombustibles y bioenergía). Finalmente, se presenta una revisión del impacto de la productividad y las economías de escala en los sectores azucarero y palmero colombianos

1.1 Principales fuentes de biomasa actuales

Como se mencionó anteriormente, el potencial de biomasa residual en Colombia es de magnitud significativa, tal como se presenta en la Tabla 1. Se destaca la participación de la biomasa procedente de residuos agrícolas cuya participación de relativa es de 73,7% en tanto que la procedente de residuos pecuarios participa con el 26,1%. Otros residuos como la poda y centros de acopio muestran una participación marginal con el 0,1%.

Tabla 1: Composición de las Fuentes de Biomasa proveniente de Residuos

Residuo Agrícola	Potencial (TJ)	Porcentaje del Total
Caña de Azúcar	118.579	26,36%
Caña de Panela	81.055	18,02%
Café	49.107	10,92%
Arroz	27.836	6,19%
Maíz	20.796	4,62%
Palma de Aceite	16.014	3,56%
Plátano	11.657	2,59%
Banano	6.596	1,47%
Sub-Total	331.639	73,73%
Residuo Pecuario	Potencial (TJ)	Porcentaje del Total
Bovino	84.256	18,73%
Avícola	29.183	6,49%
Porcino	4.308	0,96%
Sub-Total	117.748	26,18%
Otros Residuos	Potencial (TJ)	Porcentaje del Total
Residuos de poda	318	0,07%
Centros de Acopio y plazas de mercado	92	0,02%
Sub-Total	410	0,09%
Total Residuos	449.796	100,00%

Fuente: UPME, IDEAM, COLCIENCIAS, UIS, 2010

Las proyecciones del potencial teórico de la biomasa nacional, de acuerdo con seis escenarios analizados (González M. A. et al, 2013), indican que ésta oscila entre 1300 y 1400 PJ/año en el año 2030. Es interesante contrastar las anteriores cifras con los potenciales bioenergéticos, ambientalmente sostenibles, que muestran países como Francia, Alemania y España que oscilan entre 350 y 300 PJ anuales por país (EEA, 2013)

En términos objetivos si se complementa la biomasa de la caña de azúcar (44,38%) con los provenientes del sector palmero (3.56%), se puede aseverar que los sectores comprometidos con la fabricación de biocombustibles en Colombia (etanol de caña y biodiesel de palma) producen casi el 30% de la biomasa colombiana.

1.2 Perspectivas internacionales de los principales sectores colombianos que producen biomasa, biocombustibles y bioenergía.

Tradicionalmente, en el entorno de los aceites comestibles, ha llamado la atención el menor costo de producción del aceite de palma debido, en buena parte, al bajo costo de la mano de obra agrícola que utiliza. Sin embargo, los analistas advierten que esta ventaja comparativa se está deteriorando como consecuencia del acelerado crecimiento y modernización de los grandes productores del sudeste asiático y, en menor medida, de Sudamérica y África.

La respuesta a esta situación ha sido la mecanización de los procesos agrícolas, pero se ha encontrado que son actividades costosas y difíciles en la agricultura de la palma de aceite. Además, en algunos países como Colombia y Ecuador, han aparecido enfermedades agresivas que han afectado y devastado plantaciones y regiones, como es el caso de la zona palmera suroccidental de Colombia. Lo anterior, hace relevante la inquietud planteada por LMC International, sobre si el aceite de palma podrá mantener su ventaja competitiva a nivel global, pues ello tiene connotaciones estratégicas fundamentales para Colombia.

En el escenario azucarero mundial, los grandes competidores y rivales son el azúcar de caña y el azúcar de remolacha, advirtiendo que en términos generales, la caña se cultiva en países tropicales y subtropicales en desarrollo, mientras que la remolacha azucarera se siembra en países templados subtropicales, con alto grado de desarrollo.

Simultáneamente, en el entorno de los aceites vegetales comestibles, la competencia se presenta entre el aceite de palma y el aceite de soya y como ocurre en el mundo del azúcar, la palma se cultiva en Malasia, Indonesia, Tailandia, Nigeria, Colombia, Papúa Nueva Guinea, países cálidos tropicales en desarrollo. Por su parte, la soya en Brasil, Argentina y Estados Unidos, que son países cálidos de mayor desarrollo.

Debido a la utilización de una mano de obra barata y al registro de mayores productividades, el azúcar de caña tradicionalmente tenía una ventaja significativa en cuanto a costo, sobre el azúcar de remolacha. Esta situación de privilegio para la caña cambió y la diferencia de costo de producción de los dos tipos de azúcar se ha reducido a la mitad en los últimos cinco años. LMC International, atribuye esta situación a los siguientes sucesos:

- i) Incremento constante en los rendimientos del azúcar de remolacha, superiores al 2.5% anual desde el año 2000, mientras los rendimientos del azúcar de caña se han mostrado estables.
- ii) Mejoras en la eficiencia de cosecha en los cultivos de remolacha que han incorporado la mecanización en mayor escala, que lo hecho por los cultivadores de caña de azúcar. La mecanización de la cosecha de la remolacha azucarera ha permitido aliviar el impacto de los altos costos de la mano de obra en los países desarrollados. En caña de azúcar, en contraste, la mecanización ha sido lenta.
- iii) Disminución de la ventaja comparativa que el menor costo de la mano de obra le otorgaba a la caña sobre la remolacha. Debido al bajo costo de la mano de obra, varios países asiáticos y africanos adelantaban manualmente las actividades agrícolas de siembra y corte de la caña, pero el incremento en la remuneración de la mano de obra y la tasa de cambio en algunos países, se convirtieron en costo adicional para muchos cultivadores de caña.

La evolución de la historia del azúcar de remolacha y de azúcar de caña se parece a la historia del aceite comestible en cuanto a la competencia entre la palma y la soya. Tradicionalmente, el aceite de palma ha sido competitivo en costo respecto al aceite de soya, pero esto ha empezado a cambiar puesto que el cultivo de palma es intensivo en mano de obra.

A partir de datos históricos, se encuentra una reducción de la brecha entre los costos de producción de los dos tipos de aceite durante los últimos veinte años, partiendo de una posición favorable al aceite de palma, en más de US\$ 800 por tonelada. La brecha se redujo a menos de US\$ 200 debido al mayor crecimiento de la productividad de la soya y a la eficiencia y modernización en la mecanización de sus cultivos.

Una buena parte del análisis estratégico se centra en resolver el siguiente dilema: las cadena de producción de la caña de azúcar y de la palma de aceite requieren gran cantidad de mano de obra rural, por lo cual, en principio tienen un impacto social favorable porque son generadoras de empleo agrícola.

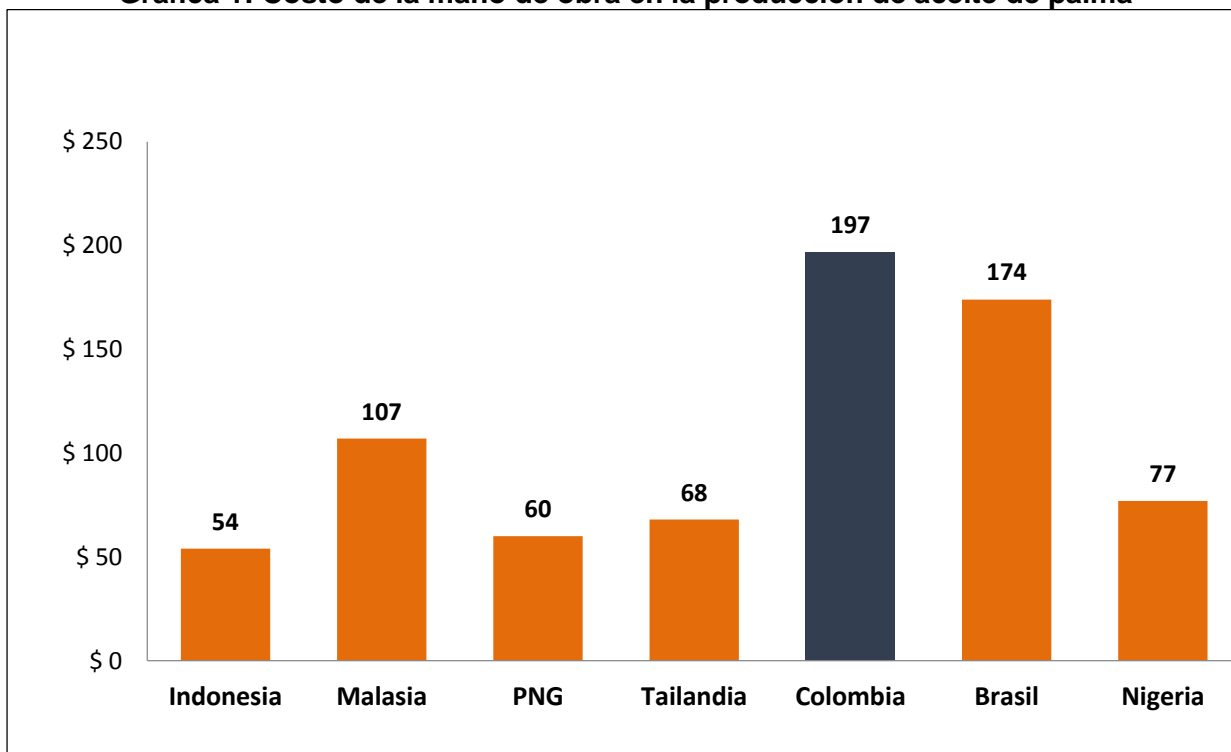
Sin embargo, la utilización masiva de mano de obra rural, que se ha encarecido considerablemente, les resta competitividad ante sus adversarios mundiales y pone en peligro su sostenibilidad. La búsqueda de soluciones incluye, además de la mecanización que ya fue incorporada por los azucareros, el incremento de la productividad y el desarrollo de coproductos que permitan diluir el costo de producción básico sin disminuir el empleo rural.

En el caso colombiano, el impacto del costo de la mano de obra en la producción de aceite de palma es más fuerte que en los países asiáticos, tal y como se aprecia en la Gráfica 1. Para precisar la situación de competitividad internacional del aceite de palma y sus derivados en los mercados internacionales, es importante examinar las comparaciones internacionales de costos entre los países productores del aceite de palma y de éstos con los costos de los principales aceites rivales.

Al adelantar estas comparaciones aparece un elemento importante en el análisis, relacionado con los créditos que se conceden por los co-productos o subproductos, que en el caso de la soya pueden

superar en valor, al costo de producción del aceite mismo. (Promedio Anual 1999-2013. USD por tonelada nominal de aceite crudo de palma).

Gráfica 1: Costo de la mano de obra en la producción de aceite de palma



Fuente: Lia Guterman, 2014.

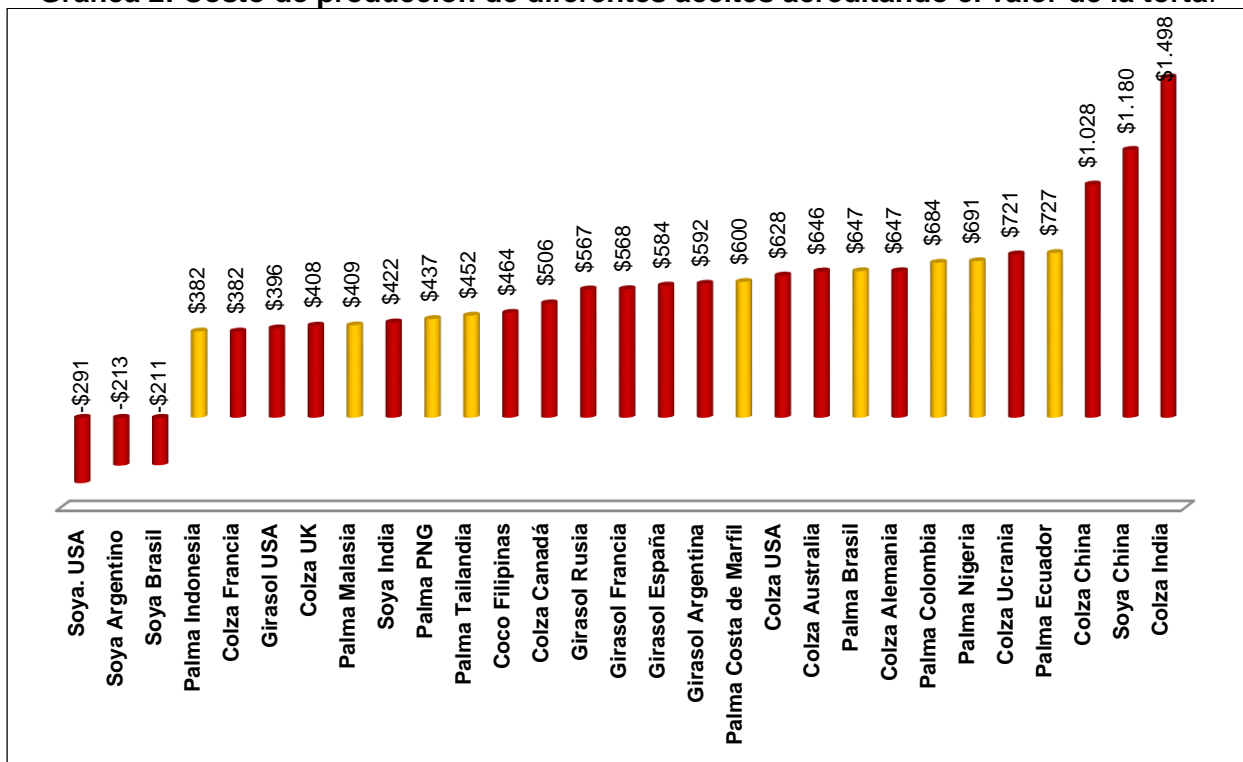
La mayoría de los países productores de aceite de soya han reducido sorprendentemente sus costos en los últimos tres años, aunque algunos como China e India producen aceite de soya con un alto costo. Los costos del aceite de soya en Argentina son más altos que en USA por las diferencias en el monto del valor acreditado por la torta, simplemente porque en Argentina los impuestos del 32% a la exportación, se aplican tanto a la torta como al aceite. Esto, obviamente, disminuye el monto del crédito que se otorga por la torta en el país austral.

Las cifras que se presentan en la Gráfica 2, son las provenientes de los estimativos de costos elaborados por LMC International, los cuales resultan de sumar los costos de las actividades agrícolas a los costos del procesamiento requerido para producir el aceite y, de sustraer el valor de las tortas que aparecen como co-productos utilizando los precios locales. En un primer análisis no se incluyen los costos del transporte de las semillas a las plantas procesadoras. Los valores corresponden a un promedio 2010/2011-2012/2013. USD / Ton, en puerta de la planta procesadora.

Se observa que Colombia registra un costo de USD \$684 por tonelada de aceite de palma en la puerta de la planta extractora. Este costo de producción excluye los costos de transporte internos al

puerto de embarque y los fletes marítimos al mercado internacional. Esta cifra es 67% superior a la de Malasia y está 79% por encima de lo estimado para Indonesia. Adicionalmente, como una parte considerable del aceite colombiano se produce en zonas alejadas de los puertos marítimos de embarque (zona Oriental, 38% en 2013, y mitad de la Central, 14% en 2013), se puede manifestar que la mitad del aceite colombiano está castigado con un alto flete interno de movilización a los puertos.

Gráfica 2: Costo de producción de diferentes aceites acreditando el valor de la torta.



Fuente: ARTUR INFANTE y LMC International 2013.

Antes de examinar los estimativos de costos de los aceites puestos en Rotterdam, se debe anotar que los productores europeos de aceite de colza están bien ubicados por los altos créditos que generan sus tortas y por la debilidad de varias de sus monedas. Esto ha ocurrido en los últimos tres años con el Reino Unido y con Francia, que lograron posicionarse como los productores de aceite de colza de más bajo costo

En la Tabla 2 se muestra el detalle de los costos, incluyendo los de transporte y cargue, para llegar al costo CIF Rotterdam. Esta es una cifra reveladora, pues destaca la posición altamente competitiva del aceite de soya en los mercados internacionales, particularmente del proveniente de los Estados Unidos y Argentina, que además, son fuertes productores de biodiesel de soya. El aceite de soya argentino está en una posición muy competitiva, a pesar del menor crédito que recibe por la torta como consecuencia del impuesto a la exportación del 32%, que la grava.

El aceite de soya de Brasil y USA se ha vuelto competitivo por el alto y creciente precio de la torta. De hecho, los créditos por la torta de soya superan los costos de producción flete y cargue del aceite de soya despachado a Rotterdam¹ desde US y Argentina. Si no se incluyera el crédito de las tortas el menor costo de producción del aceite de soya sería el argentino con USD 1.199 por tonelada, que puesto en Rotterdam, subiría a USD1.259/ton.

En contraste, el aceite de palma llegaría a Rotterdam con un CIF de USD 458 proveniente de Indonesia y de USD 482 proveniente de Malasia, lo cual haría competitivo al aceite de palma en el entorno internacional. Los valores presentados son un promedio 2010/2011-2012 USD/Ton de aceite

Tabla 2: Costo CIF Rotterdam de diversos aceites

Aceite	USD\$ Costo/ton	Crédito torta	Costo neto puerta extractora	Costo de cargue*	Flete marítimo	CIF Rotterdam
SOYA						
Argentina	1.199	1.291	-92	7	53	-32
Brasil	1.477	1.523	-46	42	47	44
USA	1.518	1.678	-160	11	58	-91
PALMA						
Indonesia			375	18	65	458
Malasia			404	12	65	482
COLZA						
Canadá	824	337	488	12	58	558
GIRASOL						
Argentina	826	196	629	3	53	685
Rusia	698	89	609	18	31	658
Ucrania	624	89	535	15	31	581
COCO						
Filipinas	617	75	542	16	116	674
Indonesia	714	71	643	12	65	720

Fuente: LMC International 2013.

1.3 Perspectivas de los sectores de la palma de aceite y de la caña de azúcar a nivel nacional

El análisis de las perspectivas del aceite de palma al interior de Colombia parten de examinar el comportamiento del mercado nacional, en cuanto a su magnitud y composición, tal y como se muestra en la Tabla 3.

¹ El costo de cargue es el costo de mover el aceite en el puerto y cargarlo Free On Board en un barco

Tabla 3: Ventas nacionales e internacionales de aceite de palma crudo y de aceite de palmiste por segmento.

Segmento	2012		2013		Variación [%]
	[000Tons./año]	[%]	[000Tons./año]	[%]	
Biodiesel	446		462		3,58
Industria de aceites y grasas para usos comestibles, jabonería y otros alimentos balanceados	337		408		21,06
Otros industriales	13		3		76,93
Sub total nacional Aceite Crudo de Palma	796		873		9,67
Exportaciones aceite de palma crudo	141		140,9		
Exportaciones aceite de palma refinado o como materia prima de aceites comestibles, jabones y otros productos	47,4		61,5		29,74
Sub total exportaciones Aceite Crudo de Palma	188,4		202,4		7,43
TOTAL Aceite de Palma	984,4		1.075,4		9,24
Ventas nacionales aceite de palmiste	35		40		14,28
Exportaciones aceite de palmiste crudo	40,2		44,7		11,19
Exportaciones aceite de palmiste refinado e incorporado como materia prima en aceites comestibles, margarinas y jabones	11,3		13,9		23,0
Sub total Exportaciones aceite de palmiste	51,5		58,6		13,78
TOTAL Aceite de Palmiste	86,5		98,6		13,98
Tonelaje total de aceites extraídos de la palma	1.070,9		1.174,0		9,62

Fuente: DIAN, FEDEPALMA, y SISPA.

El crecimiento de las ventas en el mercado local proviene en buena parte, de la dinámica de la industria nacional de aceites y grasas alimenticias que registró un incremento en sus compras de aceite de palma durante 2013 respecto del 2012. Consecuencia de las mejores condiciones de precio del aceite de palma, frente a sus principales competidores (soya, girasol y colza). Algo similar ocurrió con la jabonería y la industria de alimentos concentrados para animales, que incrementaron significativamente sus compras de aceite de palma, con un crecimiento que superó el 30%.

El precio internacional del aceite crudo de palma, luego de su fuerte caída en octubre de 2012, alcanzó su más bajo nivel de los últimos cuatro años en diciembre del mismo año, con USD \$776 por tonelada. A partir de ese momento, como se puede apreciar en el Gráfica 3, ha mantenido estos bajos niveles, con algunas oscilaciones. Esto fortaleció la demanda europea de aceite de palma para

El segmento del biodiesel se ha convertido en uno de los más importantes en el mercado interno del aceite crudo de palma, pues en 2012 representó el 56.03 % de las ventas totales de este aceite y en el 2013, el 52.92%. El sector palmero ha venido abogando porque la mezcla obligatoria actual del B10, se aumente muy pronto al B12, y en unos pocos años, al B20. El interés por incrementar la mezcla obligatoria proviene de advertir que en el momento en que las hectáreas en desarrollo se tornen productivas, la producción total de aceite aumentará en 440 mil toneladas, la mayor parte de las cuales deberá ser destinada a consumo nacional, dado que en los mercados de exportación, el aceite de palma colombiano y sus derivados no son competitivos.

En el entorno internacional cabe destacar que los productores de soya y palma de aceite han incrementado su demanda para biodiesel debido a la perspectiva de crecimiento de la producción de estos dos aceites y a las políticas y medidas adoptadas por la Unión Europea. Además, Malasia anunció el mandato del B5 para todo el país que hasta ahora solo cubría al territorio peninsular, con la intención de subir el mandato al B10. Brasil también pasó del B5 al B7 en 2014, lo cual implica una demanda adicional de 1.2 millones de toneladas de biodiesel. Argentina, anunció el paso del B8 al B10. (Fedepalma. Boletín Económico. Julio 2014).

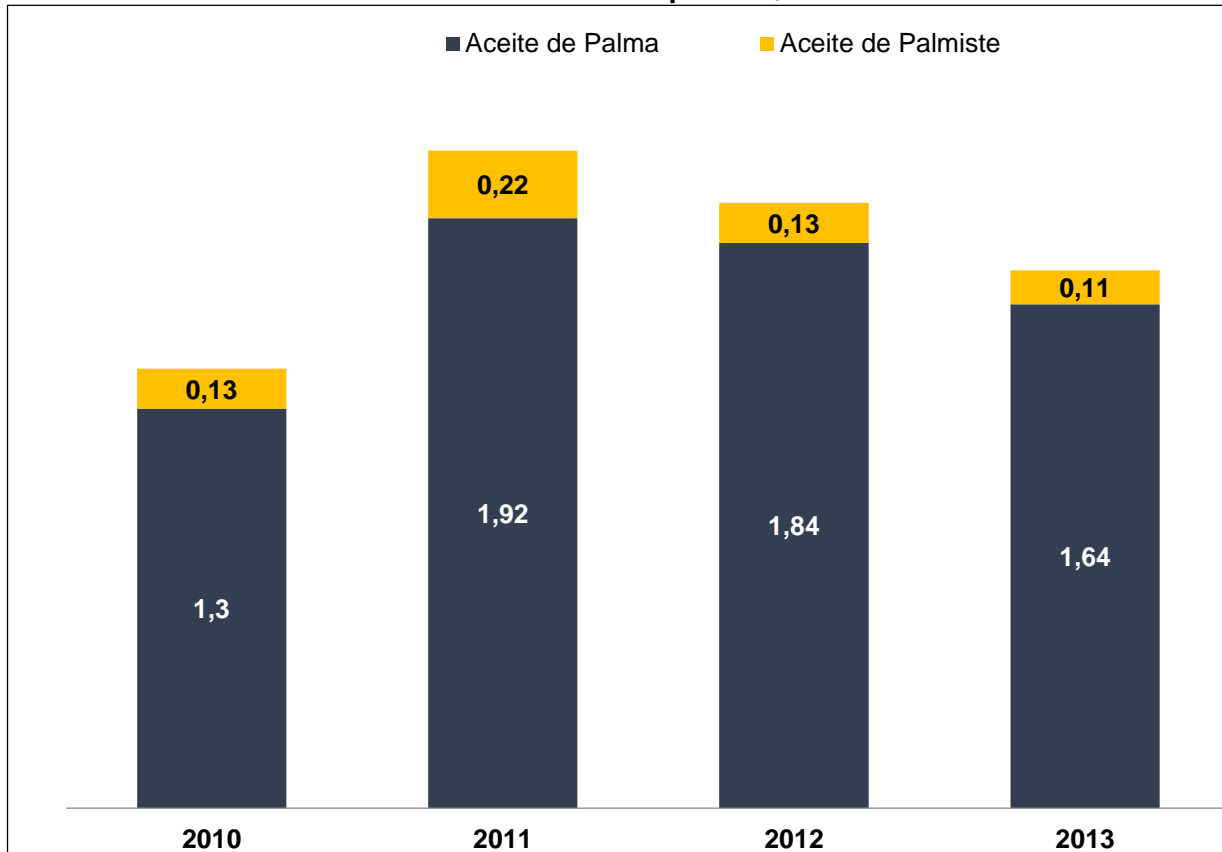
Cabe advertir que el descenso de los precios del crudo de petróleo, debido a la caída de la demanda mundial y al mayor autoabastecimiento de Estados Unidos, ha incidido de manera negativa en el mercado de los aceites y grasas vegetales y animales, tal como lo señala Fedepalma En su boletín económico de octubre de 2014.

En la Gráfica 4 se muestra el valor de la producción del sector porcicultor (en billones de pesos constantes de 2013), discriminado en lo correspondiente al aceite de palma y lo pertinente al aceite de palmiste. Cuando se examina la participación del aceite de palmiste en su valor de mercado, se advierte que en el año 2010 representó el 9.09% del valor total de la producción palmera, subió al 10.28% en 2011 y declinó al 6.60% en 2012 y 6.29% en 2013. Sin embargo, si se observa el comportamiento del co-producto en cuanto al tonelaje comercializado nacionalmente, se aprecia que éste creció un 19% respecto al año 2012, como consecuencia de un mayor consumo en el segmento del biodiesel y de la industria colombiana de los aceites y grasas comestibles, motivado por el menor precio del aceite de palmiste durante la primera parte del 2013.

Fedepalma planteaba que las perspectivas de la producción del aceite de palma en Colombia para el año 2014, incluían una producción de 1.160.000 toneladas para atender un consumo interno de 920 mil toneladas, divididas en 431 mil para el mercado tradicional y 489 mil para el biodiesel. Esto deja un remanente de 240 mil toneladas para la exportación³.

³ De acuerdo al Boletín Económico de Fedepalma de Octubre de 2014, al comparar la producción de APC entre enero- junio de 2013 y 2014, se registró un aumento de 11%. Sin embargo, las ventas internas se mantuvieron al mismo nivel debido a las mayores importaciones de aceite de soya crudo, que llegó a estar menos de USD \$40 por encima del precio del aceite de palma, cuando éste diferencial había llegado a USD \$ 300 en el 2013. En el primer semestre de 2014, las exportaciones de APC aumentaron en 61% debido a la mayor producción de ese semestre, siendo Holanda el principal destino por no tener aranceles.

Gráfica 4: Valor de la Producción del Sector Palmicultor
Billones de pesos 2014

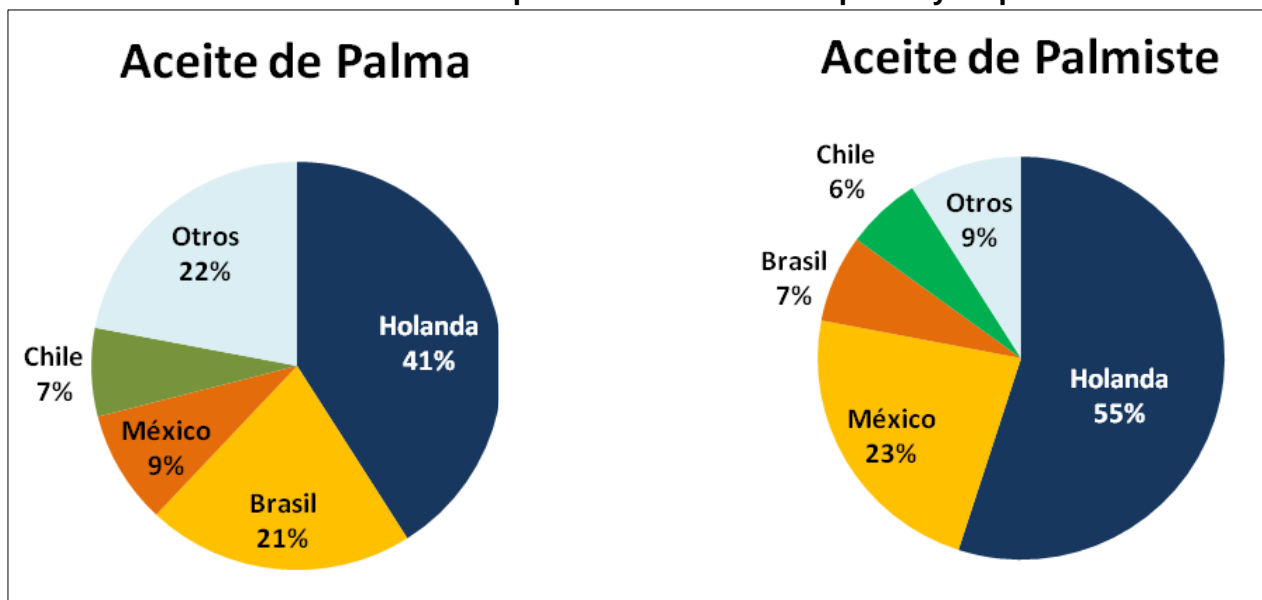


Fuente: SISPA, FEDEPALMA

La federación complementa sus comentarios con las apreciaciones de Dominic Schneider, experto en los mercados de oleaginosas, quien estima que el precio del aceite de soya mantendrá su tendencia a la baja como consecuencia de su mayor productividad y que la producción del aceite de palma se verá afectada por el fenómeno del Niño, disminuirá la prima soya vs palma y puede colocar el precio del aceite de soya por debajo del de palma.

Además, resalta que los cultivos de palma en Malasia crecerán sustancialmente en los próximos tres años y que esto presionará a los grandes cultivadores a establecer plantaciones en África. En la Gráfica 5 se muestran los destinos de exportación, tanto del aceite de palma como de palmiste, colombianos. Éste último registró un incremento en el tonelaje exportado del 14%, respecto al año 2012. La Unión Europea continúa siendo el principal mercado de exportación para el aceite de palma aprovechando las preferencias del TLC Colombia-Unión Europea.

Gráfica 5: Destinos de exportación del aceite de palma y de palmiste



Fuente: DIAN FEDEPALMA 2014 (SISPA).

1.3.1 La productividad del aceite de palma en Colombia

En Colombia, el rendimiento de los cultivos de palma en etapa de producción, medido en toneladas de racimos de fruta fresca (RFF) por hectárea y toneladas de aceite de palma por hectárea, han sido bajos en los últimos años. Esto se debe a la variabilidad de la calidad de los cultivadores y a la incidencia negativa de las enfermedades de Pudrición del Cogollo (PC) y Marchitez Letal (ML), que han azotado a varias regiones y han devastado plantaciones.

En la Tabla 4, se observa que el rendimiento del aceite de palma en Colombia cayó de 3,3 a 3,1 toneladas por hectárea mientras que las cifras de los principales productores mundiales, Indonesia y Malasia, ascendieron a 4,1 t/ha. y 3,9 t/ha, respectivamente, según información de Fedepalma, con lo cual se aumenta la brecha de eficiencia colombiana respecto a los grandes productores mundiales. Los rendimientos en cuanto a toneladas de racimos de fruto producidos por hectárea son preocupantes y resaltan la necesidad de introducir cambios en el sector, para asegurar su sostenibilidad

Este deterioro se observó en todas las zonas palmeras y sólo se presentaron mejorías en la tasa de extracción en la zona oriental y la suroccidental del país. Sin embargo, no se debe olvidar que por ser un cultivo de tardío rendimiento, la productividad promedia de la palma de aceite se ve afectada por la edad de los cultivos.

Es importante considerar el estudio que adelanta la consultora Lia Guterman denominado Medición de Costos de Producción e Indicadores de Productividad Laboral en la Agroindustria de la Palma de

Aceite en Colombia 2011-2012, el cual se elabora basado en una metodología de diligenciamiento de encuestas por parte de los cultivadores.

Tabla 4: Rendimiento Palma de Aceite en Colombia. Fruto, aceite de palma crudo y tasa de extracción. 2012-2013

Concepto	Zonas	2012	2013	Variación porcentual
Rendimiento de fruto de palma de aceite (toneladas de RFF por hectárea)	Oriental	14.8	14.6	-0.9%
	Norte	16.9	15.8	-6.7%
	Central	15.1	14.7	-2.8%
	Suroccidental	14.1	10.7	-24.6%
	Nacional	15.6	14.9	-4.2%
Rendimiento de aceite de palma (toneladas por hectárea)	Oriental	3.1	3.1	0.3%
	Norte	3.4	3.2	-7.0%
	Central	3.3	3.1	-4.9%
	Suroccidental	2.4	2.0	-19.3%
	Nacional	3.3	3.1	-4.3%
Tasa de extracción (%)	Oriental	21.2	21.3	1.1%
	Norte	20.2	20.1	-0.4%
	Central	21.6	21.2	-2.0%
	Suroccidental	17.3	18.5	7.0%
	Nacional	20.9	20.8	-0.1%

Fuente: FEDEPALMA, SISPA

Utilizando la información reportada en las encuestas, la investigadora cuantificó diversos rubros de costo por hectárea para un horizonte de 25 años, flujos de costos que fueron descontados con una tasa anual del 10%. También cuantificó los flujos anuales de producción de RFF por hectárea a la misma tasa del 10%. Para precisar el costo de producción del fruto fresco por hectárea (CF) y de la tonelada de aceite en la puerta de la extractora (CT), utilizó las siguientes relaciones: $CF = VP$ de los costos por hectárea \div VP de la producción por hectárea. $CT = CF/e \div CE$, donde CE es el flujo neto de los costos de extracción por tonelada de aceite, luego de acreditarle los ingresos correspondientes a la almendra, y “e” es la tasa de extracción.

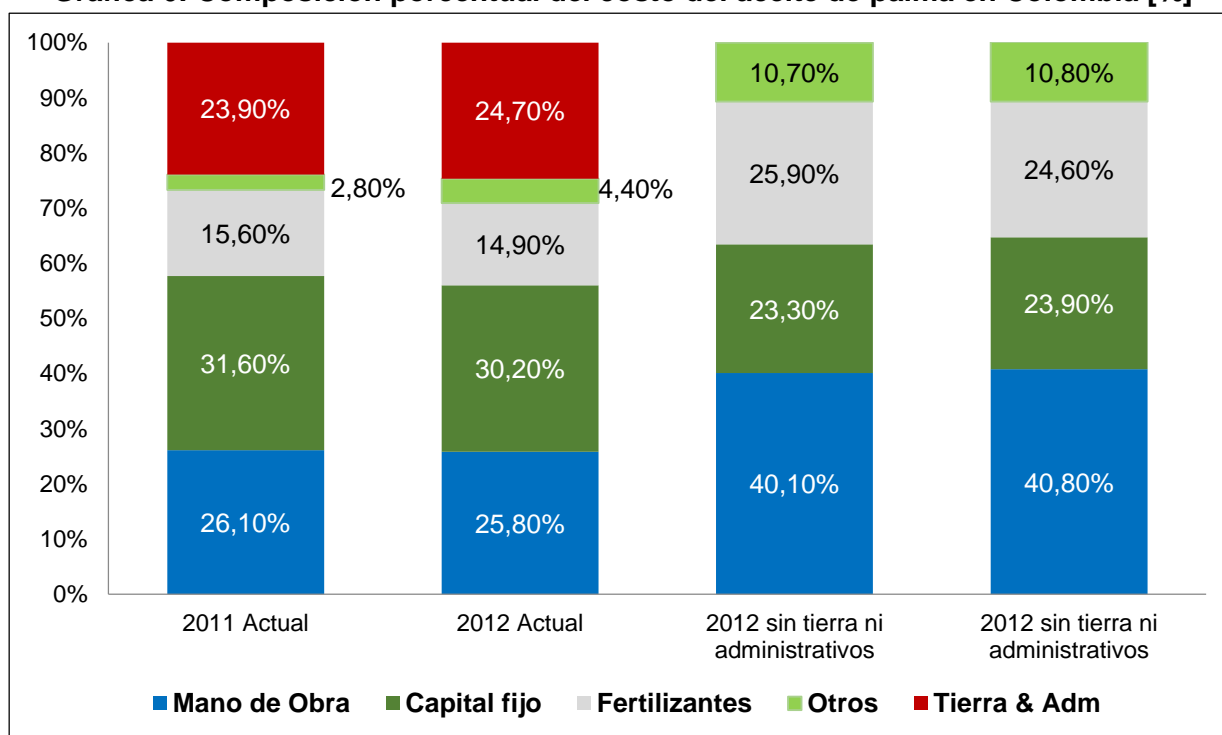
Los costos de producción analizados por la consultora fueron:

- ❖ Costo Total de Producción del aceite de palma por tonelada.
- ❖ Costo de la Mano de Obra por tonelada de aceite producido.
- ❖ Costo de los fertilizantes por tonelada de aceite producido.
- ❖ Costo del capital fijo por tonelada de aceite producido.

- ❖ Costo de extracción por tonelada de aceite producido, que se incluye en otros costos en la descomposición de los costos totales.
- ❖ Costos administrativos y de la tierra por tonelada aceite producido.

La Gráfica 6 muestra la composición porcentual de los rubros de costo del aceite de palma crudo en Colombia entre los años 2011 y 2012. Como ya se mencionó con anterioridad, se aprecia alta participación de la mano de obra que representa una cuarta parte del total cuando se incluye la tierra y los gastos administrativos, y más del 40% cuando se los excluye.

Gráfica 6: Composición porcentual del costo del aceite de palma en Colombia [%]

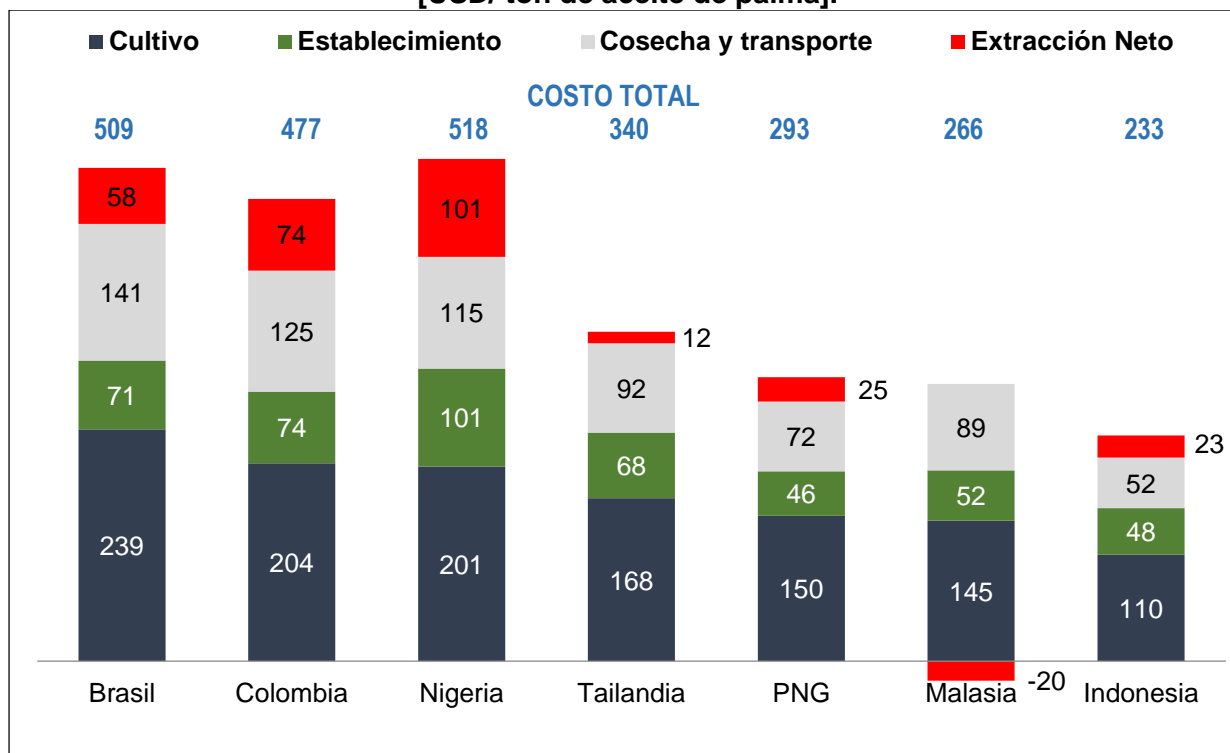


Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014

La Gráfica 7 revela la situación de competitividad del sector palmero nacional, donde el país aparece ubicado en el grupo de los tres productores más costosos (Brasil – Colombia – Nigeria) y muy lejos de los más eficientes, (Malasia-Indonesia y Papua Nueva Guinea). En el intermedio se encuentra Tailandia, aunque cercano a los más eficientes.

A lo anterior se añade el hecho de que dos de los tres productores más eficientes son los responsables de la mayor parte de la producción mundial de aceite de palma, de hecho, Malasia e Indonesia dominan el escenario mundial con una participación conjunta cercana al 90% de la oferta total, lo cual lo cual pone a Colombia en una posición desfavorable en el entorno mundial.

Gráfica 7: Composición de costos por fases del proceso 1984-2013 [USD/ ton de aceite de palma].



Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014

1.3.2 La dispersión en los costos de producción y los rendimientos del aceite de palma

La investigadora Lia Guterman estimó también la dispersión del costo agrícola de producción del fruto y de la extracción del aceite, lo mismo que la variación en la productividad de la palma y las diferencias en la tasa de extracción en las plantas de beneficio.

En las Gráfica 8 y Gráfica 9 aparecen los resultados de este análisis para tres de las cuatro zonas palmeras, las cuales muestran los costos y rendimientos máximo y mínimo en la producción y extracción del aceite.

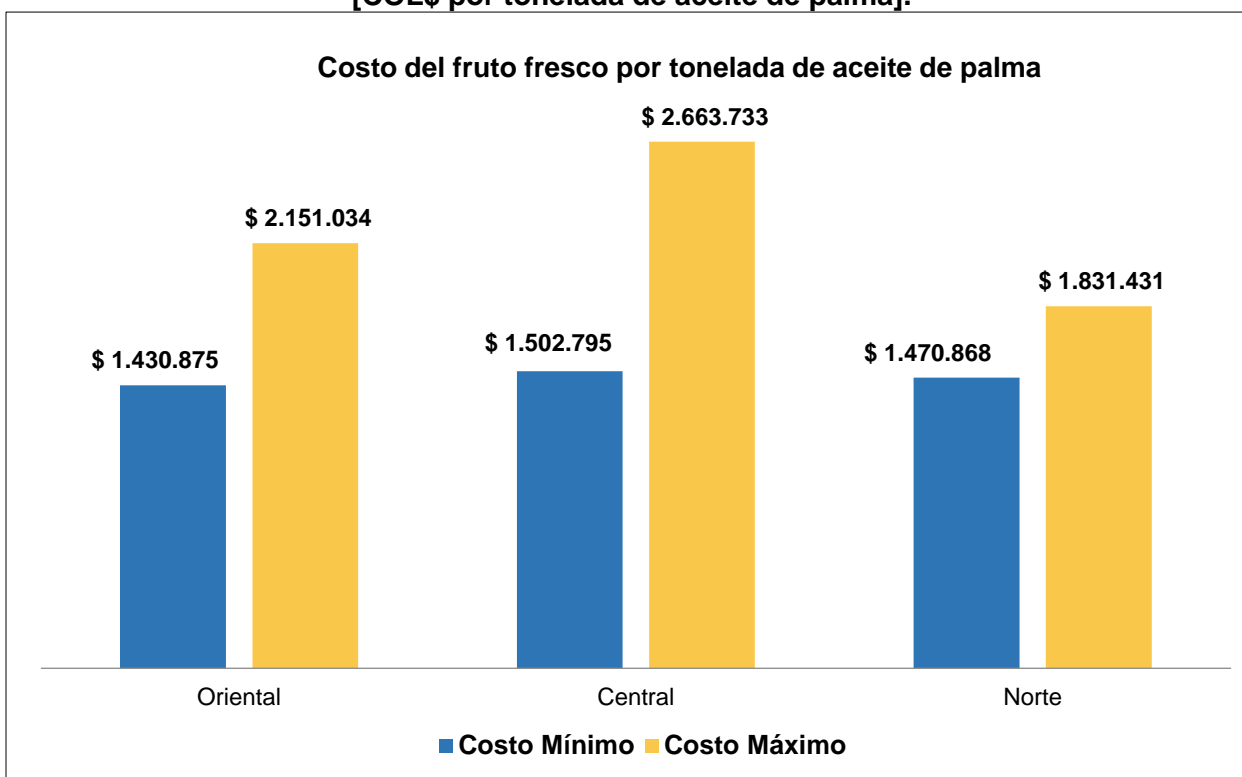
Allí se resaltan las grandes diferencias en los costos del fruto requerido para producir una tonelada de aceite de palma crudo, particularmente en la zona central donde el costo máximo es el más alto del país (\$ 2.663.733) y está un 77% por encima de su propio costo mínimo. Los costos mínimos aparecen más parejos en las tres zonas (\$ 1.430.875 - \$ 1.502.795). Los costos de extracción muestran una considerable variabilidad, tanto entre el máximo y el mínimo, como entre las zonas. Esto puede ser el reflejo de la diversidad en la calidad de las extractoras y en las buenas prácticas de su manejo. Aunque los rendimientos y la tasa de extracción que aparecen en el Gráfica 9

presentan variabilidad, esta es menos amplia y podría considerarse, sobretodo en el caso de la tasa de extracción, que se encuentran dentro del rango normal mundial.

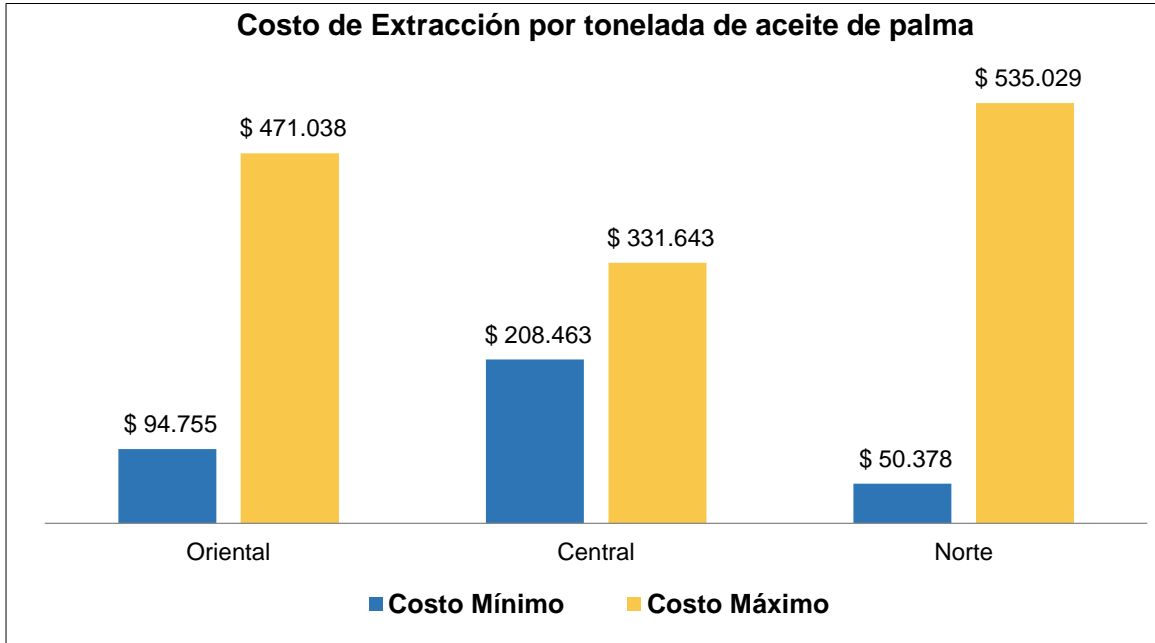
Asimismo, se analizó la evolución del costo de la tierra como parte del costo total del aceite de palma crudo por una parte y del costo de los racimos de fruta fresca, por otra. Este componente, en promedio, creció 7.9% anual en el período 2003- 2012, en tanto que los costos administrativos lo hicieron en 3.9%. La consultora advierte que los niveles de los costos administrativos, que son del orden de 24% del costo total de producir el APC, son desproporcionados y tienen que reducirse a cifras cercanas al 10% que registran los estándares internacionales, a pesar del costo de la seguridad que se requiere en Colombia.

Cuando se examina al conjunto tierra más costos administrativos, el porcentaje del costo total que ellos representan, llega al 40% en 2012, lo cual es definitivamente exagerado. Por este motivo, el tema de la tierra es más complejo y será tratado por separado.

Gráfica 8: Componentes de los costos de producción del aceite de palma [COL\$ por tonelada de aceite de palma].

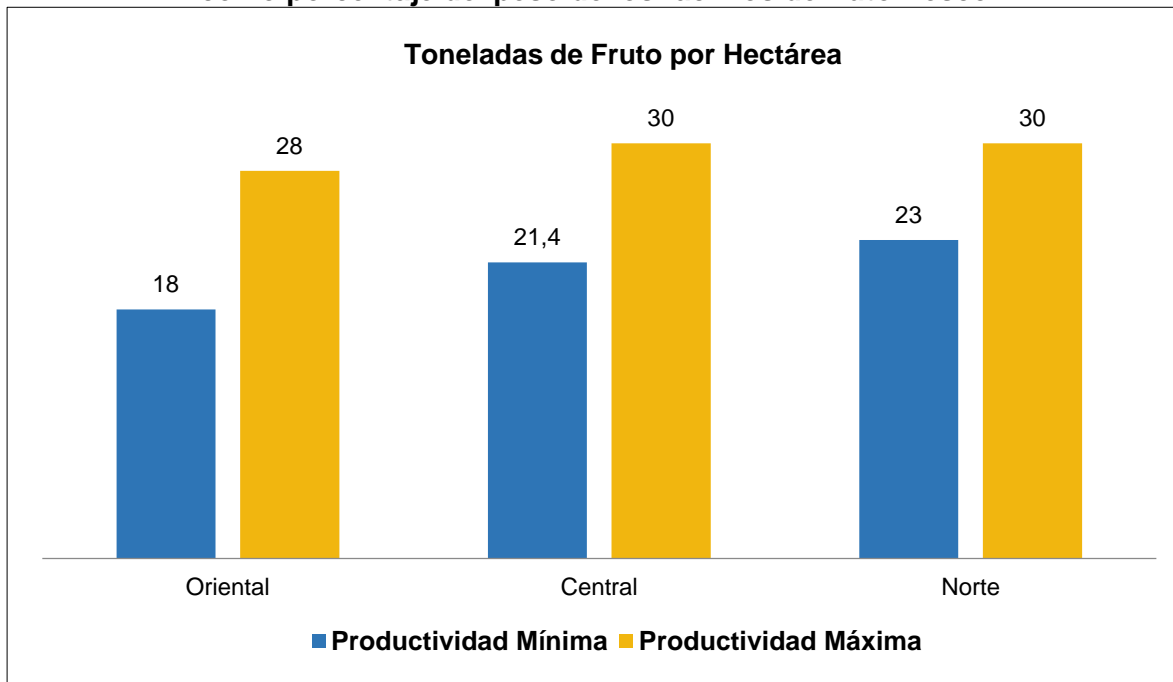


Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014

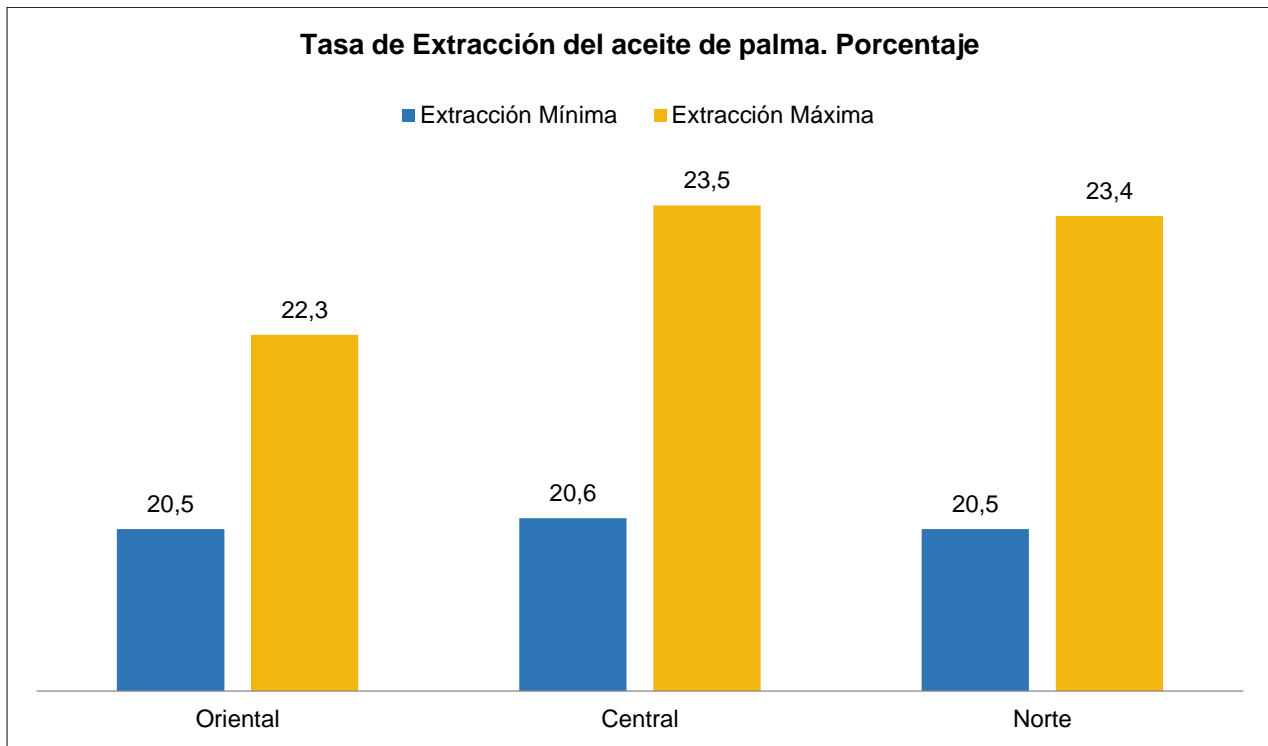


Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014

Gráfica 9: Producción de fruto por hectárea y tasa de extracción del aceite de palma como porcentaje del peso de los racimos de fruto fresco



Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014



Fuente: Estudio ARTURO INFANTE LIA GUTERMAN 2014

La analista Lia Guterman concluye diciendo que *“la falta de competitividad de Colombia se refleja en prácticamente todas las fases del proceso productivo y en todos los rubros de costos con excepción de maquinaria”* y añade:

“La brecha de costos con los países más competitivos se ha mantenido a través del tiempo... la conclusión general es la falta de competitividad a nivel internacional del sector productor de palma de aceite de Colombia.

La reflexión es, si en las condiciones actuales, vale la pena seguir expandiendo áreas y producción, pues el mercado interno va perdiendo la capacidad para absorber los excedentes y con los elevados costos de producción las posibilidades de competir en los mercados externos son mínimas. Si la palma de aceite, que es considerada como uno de los cultivos líderes en el país, está lejos de ser competitiva, qué cultivo puede serlo dados los altos costos y condiciones que enfrenta el sector agropecuario colombiano”

Un componente importante en el proceso de producción del aceite de palma es la actividad correspondiente a la extracción, en el cual juega un papel definitivo el tamaño de la planta extractora. En los grandes países productores como Indonesia y Malasia, las plantas extractoras suelen tener

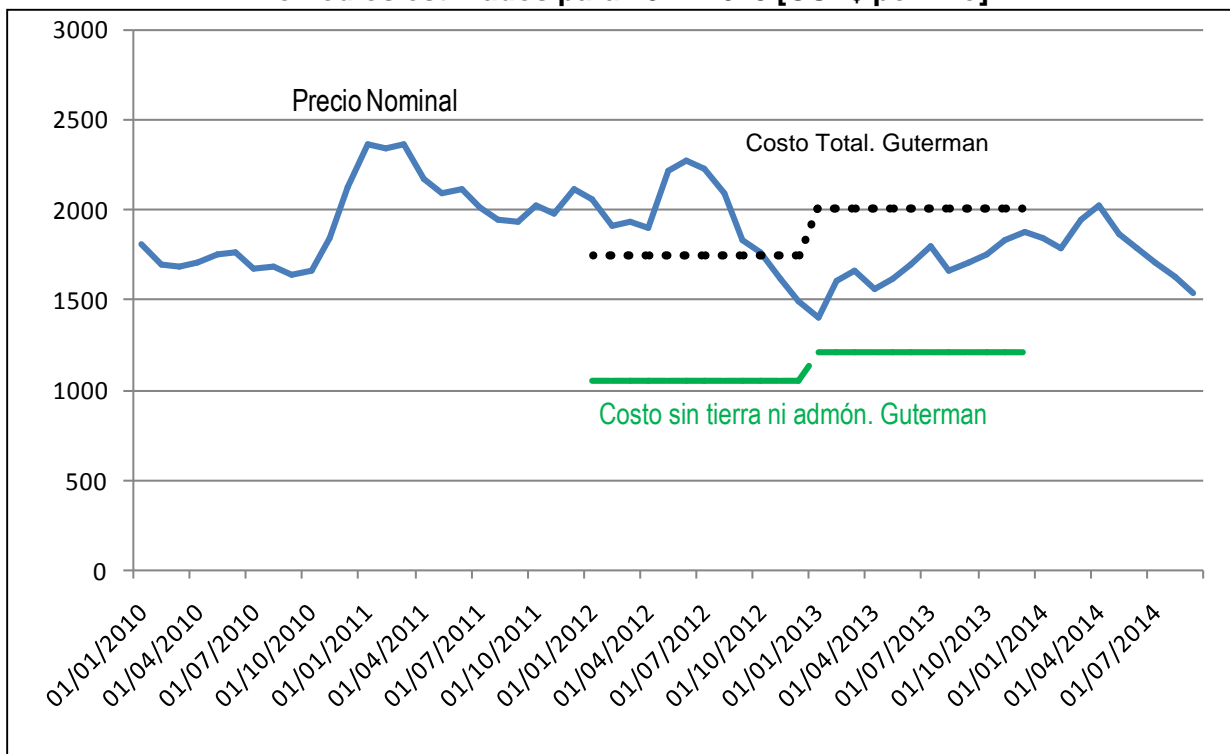
tamaños mucho más grandes que los existentes en Colombia, donde muy pocas instalaciones superan las 30 toneladas por hora de procesamiento de racimos de fruta fresca. En contraste, en los países mencionados las plantas suelen tener capacidades de 60 o 100 ton-hora, o aún más

Dos consecuencias principales se derivan del tamaño de la extractora: la cantidad de biomasa que se produce en un mismo sitio, lo cual incide en la justificación financiera de la instalación de procesos productivos para aprovecharla y las economías de escala en los costos de extracción del aceite.

1.3.3 Los precios producción y consumo del aceite de palma

En la Gráfica 10 se muestra la evolución del precio nominal interno del aceite crudo de palma que registra una tendencia a la baja en los últimos meses.

Gráfica 10: Precio Nominal del Aceite de palma Crudo en Colombia con sus Costos Promedios estimados para 2012-2013 [COL\$ por kilo].



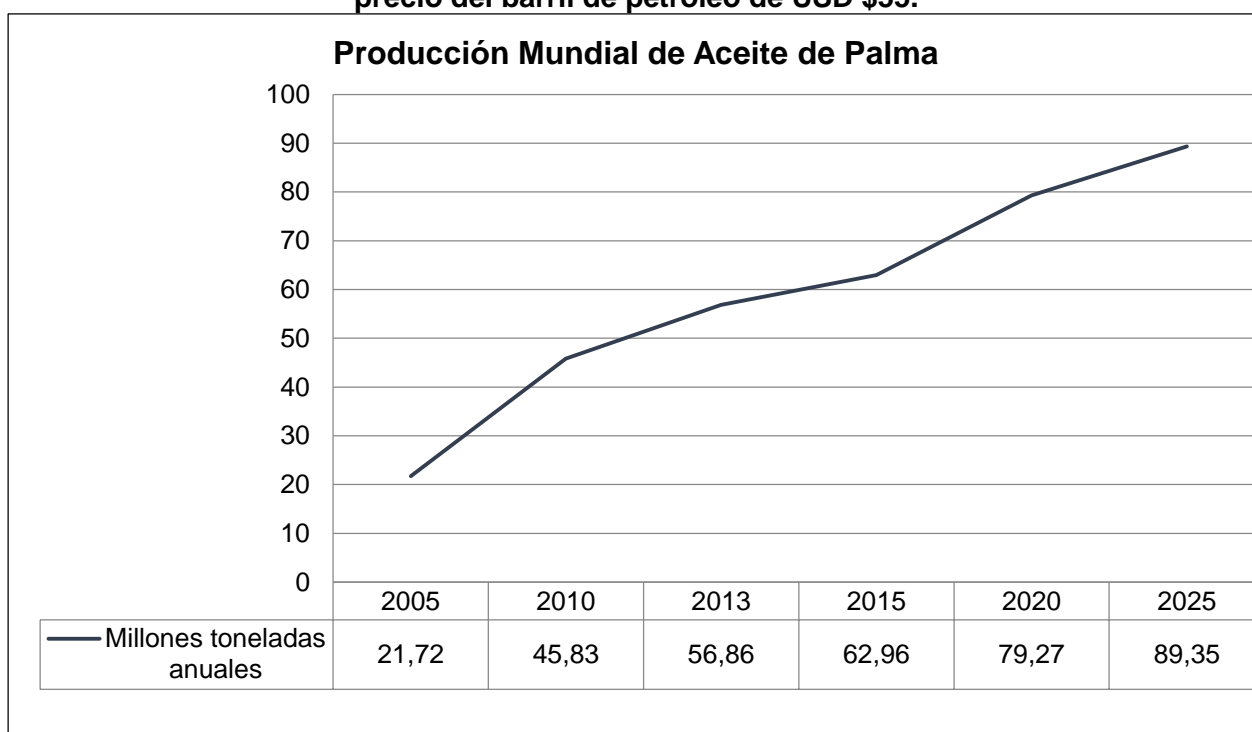
Fuente: FEDEPALMA, SISPA y LIA GUTERMAN 2014.

Lo más interesante es lo consignado en la gráfica, donde los precios se muestran frente a los estimativos de costo promedio, total y sin incluir el costo de la tierra, así como los gastos administrativos, de Lia Guterman para los años 2012 y 2013. A partir de finales de 2012, el costo total está por encima del precio interno y solamente al excluir el valor de la tierra y los gastos de administración, lo sobrepasa.

Esta es una situación inquietante, toda vez que los costos se han calculado en la puerta de la planta extractora, de manera tal, que falta por agregarle los costos de transporte a los sitios de mercado o a los puertos, si la intención es la exportación.

A pesar de lo anotado, la tendencia mundial muestra un crecimiento en la demanda del aceite de palma, aun cuando el escenario de precios de petróleo es USD \$ 55 por barril, tal y como se muestra en la Gráfica 11.

Gráfica 11: Producción mundial de Aceite de Palma entre 2005 y 2025. Pronósticos sobre precio del barril de petróleo de USD \$55.



Fuente: LMC International. 2013.

1.4 Procesos de utilización de la biomasa a través de las biorefinerías

El aprovechamiento de biomasa que se producen en las plantas extractoras, requiere de la instalación de procesos para transformar la planta de beneficio en una biorefinería, la cual opera de manera similar a las refinerías petroleras que producen múltiples productos a partir de una sola materia prima inicial: el crudo. Así, la biorefinería añade procesos de conversión con nuevos equipos para producir combustibles (sólidos, líquidos y gaseosos), energía (calor, vapor y electricidad) y productos químicos.

La biorefinería es una planta industrial donde, además del proceso de extracción del aceite de palma, existen procesos alternativos complementarios que permiten aprovechar en el mismo sitio, la

biomasa resultante del proceso de extracción del aceite de palma. En los términos de este estudio, se consideraron las opciones en cuanto a productos que se pueden fabricar en una biorefinería con la biomasa resultante de la extracción del aceite de palma. Fundamentalmente son cinco productos así:

- Aceites y carbones obtenidos mediante un proceso de pirolisis.
- Recuperación del biogás mediante el cubrimiento con carpas de las lagunas de oxidación para convertirlas en lagunas anaeróbicas y facultativas.
- Producción de pellets mediante la compactación y secado de la biomasa, fundamentalmente tusa, fibra y cuesco.
- Producción de compost mediante procesos de descomposición aerobia de la masa residual y de los efluentes líquidos.
- Generación de vapor y electricidad utilizando la biomasa como combustible de las calderas y turbogeneradores.

La opción más promisoría para el uso de la biomasa es la cogeneración, la cual está siendo aprovechada en el sector azucarero de manera industrial. Pero, según las investigaciones adelantadas por Cenipalma, hoy se están evaluando las opciones antes mencionadas en plantas extractoras actualmente en funcionamiento.

Con la promulgación de la Ley 1715 de 2014, se establece una oportunidad para el desarrollo de la cogeneración en el sector palmero, pues es probable que aparezca la figura de inversionista ajeno al sector que esté interesado en la cogeneración en asocio con los dueños de plantas extractoras existentes o por construir.

Dentro de los propósitos de la Ley 1715 de 2014, cabe considerar la conversión en realidad del potencial de la cogeneración palmera, que en muchos casos también puede ayudar a suministrar el recurso a regiones no interconectadas del país, dado que varias de las plantaciones de palma aceitera se encuentran ubicadas en esos sitios.

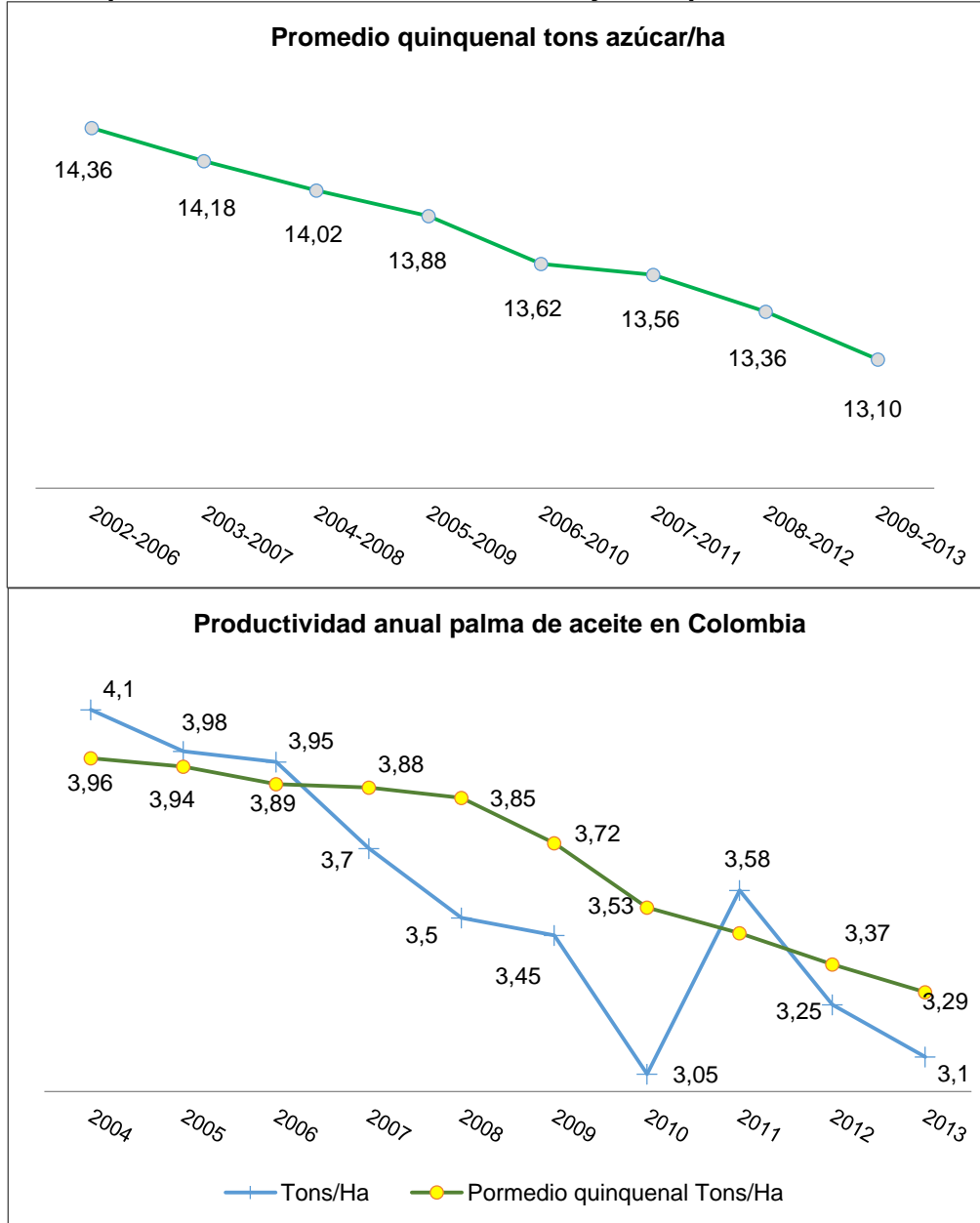
Si se utiliza el atractivo de las economías de escala de las plantas extractoras, que puede reducir el costo de producción del aceite de palma en USD \$50 por tonelada, o más, es posible justificar y apoyar la agrupación de plantaciones de propietarios de diferentes plantaciones para que entre ellos construyan plantas de 60 o 90 t-hora, aprovechando la gran cantidad de biomasa producida y concentrada en un mismo sitio. La posibilidad de justificar la cogeneración aumenta en la medida en que aumentan los KW que se pueden generar, lo cual a su vez depende de la biomasa disponible.

1.5 Impacto de la productividad y las economías de escala en los sectores azucarero y palmero

La decreciente productividad de la caña de azúcar y de la palma de aceite en cuanto al tonelaje por hectárea de azúcar y de aceite de palma crudo, es dramático y pone a los sectores en entredicho, particularmente al palmero. Si esto no se supera, tales sectores se pueden convertir en cargas pesadas en lugar de consolidarse como pilares para el desarrollo del país. En la Gráfica 12 se muestra la productividad de la caña y la palma en los años recientes.

Se ha planteado la pregunta por qué, si el valle geográfico del Río Cauca es uno de los sitios del mundo donde la caña de azúcar tiene los más altos rendimientos mundiales, los productos finales resultan más costosos que los de sus competidores que son menos eficientes en el primer eslabón agrícola de la cadena.

Gráfica 12: La productividad de la caña de azúcar y de la palma de aceite en Colombia.



Fuente: ASOCANA 2002 – 2013. FEDEPALMA 2014, ARTRO INFANTE

A esto se suma el deterioro en la productividad del segundo eslabón de la cadena que muestra rendimientos decrecientes en la producción de azúcar por hectárea, por ello, el análisis de la variación porcentual del rendimiento en azúcar respecto al registrado en el año 2005, muestra una tendencia inesperada. La argumentación de los agentes es que esto refleja las estacionalidades intrínsecas del cultivo y lo pertinente es examinar promedios quinquenales, lo cual se hizo y refrenda la tendencia decreciente.

En el caso de la palma de aceite la situación es más frágil porque existen factores conocidos como las enfermedades que han afectado adversamente a los cultivos en todo el país y que los han devastado en las zonas palmeras de Puerto Wilches (Santander), Cantagallo (Sur de Bolívar) y Tumaco (Nariño).

La enfermedad fundamentalmente responsable es la pudrición del cogollo (PC) para la cual, a pesar de haberse identificado por parte de Cenipalma a la *Phytophthora Palmivora* como el agente causante de las primeras lesiones que abren el paso a la intervención de una variedad de hongos oportunistas, la enfermedad aún no tiene cura. Por este motivo, los palmicultores han tenido que adoptar las siguientes medidas de emergencia:

- Medidas preventivas de vigilancia para detectar los síntomas tempranos de la enfermedad en las palmas para proceder a su tratamiento. En algunos casos se debe proceder a la erradicación de la palma enferma y, si los síntomas son avanzados, a la erradicación de las palmas circundantes que puede llegar a incluir a todo un lote.⁴
- Resiembra de la palma antigua con los nuevos materiales que por su robustez son más tolerantes a la enfermedad.
- Utilización de las mejores prácticas en el manejo de los cultivos para tener palmas sanas y fuertes que puedan no sólo producir más sino enfrentar mejor los embates de las enfermedades⁵.
- La mayoría de las nuevas plantaciones se están sembrando con las diferentes opciones del híbrido alto oleico que se ofrece en el mercado.
- Erradicación del cultivo y utilización de la tierra con otros fines, posiblemente ganadero.

La aparición de la Resolución No 004170 de 2014 cambia el panorama para muchos de cultivadores pequeños sin los recursos técnicos y financieros. Por este motivo, los pronósticos de áreas de palma aceitera en producción para los próximos años son bastante conservadores porque muchas plantaciones serán parcial o totalmente erradicadas.

Se debe considerar un análisis de las condiciones de cada plantación en proceso de renovación para determinar si tiene sentido su renovación o si es mejor destinar esas tierras para otros usos agropecuarios. La política pública debe ser la de promover la preservación y desarrollo de las

⁴⁴ Jens Mesa. Presidente Ejecutivo Fedepalma ("Frenada erradicación de palmas con PC" El Tiempo 24/01/2015 pp 16)

⁵⁵ Esto no es del todo claro porque en plantaciones sanas y muy bien manejadas se ha presentado la PC con gran intensidad.

plantaciones con potencial de alta eficiencia y de desestimular aquellas con perspectivas muy pobres desde el punto de vista técnico agrícola y financiero.

La situación es compleja y según información de los mismos agentes, aún se deben erradicar 30.000 hectáreas y está pendiente la renovación de 53.000 hectáreas adicionales. Fedepalma presentó al Ministerio de Agricultura una propuesta de política pública consignada en el documento “Plan de Normalización, Reorganización y Reactivación (PNRR)” para ejecutarlo en las zonas afectadas por el PC.

Sin embargo, la caída en la productividad en el sector palmero no es consecuencia exclusiva de las enfermedades, hay otros factores que han incidido notablemente en los resultados adversos como los manejos inadecuados de las plantaciones, la pobre preparación y mantenimiento de las tierras en cuanto a la aplicación de correctivos y la insuficiente e impropia aplicación de fertilizantes.

Finalmente, las plantaciones son muy pequeñas en Colombia, lo cual impide aprovechar las economías de escala en los diferentes eslabones de la cadena de valor, particularmente en el tamaño de las plantas extractoras. Esto no quiere decir que se debe promover la concentración de la propiedad de las plantaciones en unas pocas manos; lo que se debe promover es la integración de las plantaciones, en núcleos de 10 mil o más hectáreas.

La coyuntura es propicia para introducir cambios a través de la regulación apoyada en los espacios que ha abierto la Ley 1715 de 2014. En consecuencia, surgen algunas recomendaciones haciendo uso de los estímulos y exenciones contemplados en la mencionada ley:

- Todos los estímulos y exenciones deben tener un término fijo de vigencia, previamente establecido y sin posibilidades de prórroga, acompañados de una senda de desmonte, viable desde el punto de vista financiero. En el caso de las inversiones requeridas para la reconversión de las extractoras como biorrefinerías cogeneradoras de electricidad, las exenciones deben cubrir un máximo de 10 años, lo cual también cubre a la reconversión de las plantas de biodiesel para que produzcan “diesel pulido”.
- En el caso de la construcción de nuevas plantas extractoras o de fabricación de biocombustibles, el monto del estímulo y las exenciones debe depender del tamaño de la planta y de su capacidad de cogeneración, favoreciendo los tamaños más grandes si se trata de plantas extractoras de aceite. Los estímulos deben ser mayores si las plantas pertenecen a varios propietarios, así ellos no sean palmicultores o azucareros. Para plantas extractoras menores de 20 t-h no se deben conceder exenciones ni estímulos.

CAPITULO 2. BIOCOMBUSTIBLES

Este capítulo explica la aproximación para la evaluación de los biocombustibles, presenta antecedentes de los biocombustibles en Colombia y el mundo así como un aparte que incluye una revisión de costos, demanda, áreas sembradas y capacidad de producción. Finalmente, se presenta un análisis del impacto de la calidad de los precios del petróleo sobre los biocombustibles.

2.1 Aproximación para la evaluación de los biocombustibles

El sector de los biocombustibles se debe analizar bajo la perspectiva de cuatro pilares que fundamentan su razón de ser:

- La contribución neta económica a la canasta energética nacional, incluyendo sus costos directos y de oportunidad que guardan relación con los precios internacionales de sus materias primas –caña de azúcar y aceite de palma- y con los de los combustibles de origen fósil que complementan o reemplazan.
- La contribución neta ambiental en cuanto a la reducción de gases de efecto invernadero global y de emisiones contaminantes del aire local. Aquí es importante analizar las opciones alternas para lograr el mismo efecto ambiental, que pueden ser o no, mutuamente excluyentes con los biocombustibles. Esto es particularmente relevante en cuanto al cumplimiento de los compromisos ambientales del país. No se puede dejar de lado el impacto neto sobre el recurso hídrico, a lo largo del año.
- El aporte a la generación de empleo, particularmente rural no calificado. Sobre este punto, se deben considerar las alternativas para generar los mismos empleos, especialmente si son mutuamente excluyentes con los biocombustibles. Este pilar es particularmente relevante en el manejo del postconflicto.
- Los aspectos técnicos relacionados con los desarrollos científicos, tecnológicos y con las innovaciones que abren paso a nuevos productos que pueden complementar o sustituir a los existentes.

La evaluación incluye los cuatro pilares de manera simultánea, para establecer su conveniencia y sostenibilidad, cubriendo su desarrollo junto al de otras alternativas en proporciones óptimas, desde el punto de vista de los criterios financieros, económicos y sociales.

Los documentos que recogen los antecedentes del desarrollo de los biocombustibles en Colombia, a los que se hará referencia en este documento, son:

- La Ley 693 de 2001 y la Resolución 0447 del 14 de Abril de 2003.
- El “Estudio sobre la Prefactibilidad Técnica y Económica de la Producción en Colombia de los Derivados del Aceite Crudo de Palma como Carburantes para Motores Diesel” de Junio 2004.
- La documentación de la Coordinación Nacional para el Desarrollo Sostenible de los Biocombustibles en Colombia. 2007-2008.
- El documento CONPES 3510, objeto central de la Coordinación Nacional.

- El Informe Final de la Coordinación Nacional.

2.2 Antecedentes de los biocombustibles en Colombia y el mundo

El período de gestación de los biocombustibles en Colombia, está comprendido entre 2000-2008. En el primer quinquenio, se advertía que entre los diferentes combustibles consumidos en Colombia (todos ellos de origen fósil), el 80% estaba representado por las gasolinas y diésel. Ecopetrol veía en ese entonces, con preocupación, el aumento en la participación porcentual de las ventas del combustible diésel respecto de las ventas de la gasolina, porque había pasado de ser el 31% del total en 1998 a representar el 40% en 2001. Como causas de esta situación, se plantearon las siguientes:

- Disminución de las ventas de gasolina que bajaron del rango de 115.000-125.000 barriles diarios (bpdc) en 1996-98, a cerca de 85.000 bpdc en 2001, y a sólo 80.000 bpdc, en 2002.
- Ecopetrol estimaba en 24% la elasticidad- precio de la demanda por gasolina y en 76% la elasticidad- ingreso del consumidor de este combustible. En 1966, los precios de la gasolina y el diésel eran similares, alrededor de \$850 por galón. Se produjo un fuerte incremento del precio de la gasolina llegando a más de \$1.500 por galón en 2001-2002, mientras que el diésel solo llegó a \$1.070 por galón en 2001-2002. El diferencial de \$430 por galón, combinado con las elasticidades, propició la sustitución de la gasolina por el diésel.

Surgieron varios problemas relacionados con la pobre calidad del diésel producido en ese entonces en Colombia, que contenía en promedio 1,700 partes por millón de azufre, cuando los estándares internacionales sólo permitían un máximo de 500 ppm con una senda de descenso hacia 50 ppm. La Ley 693 de 2001 obligó al diésel a cumplir con los estándares internacionales en cuanto a contenido de azufre a partir de 2005, y este mandato implicó la necesidad de invertir USD\$ 150 millones en las plantas requeridas para conseguirlo (Infante y Ecología & Entropía Ltda. 2004).

Otra dificultad del problema que afloró fue el de la capacidad limitada para producir diésel en Colombia que solamente llegaba a 66.300 bpdc, cuando el consumo diario era de 69.000 barriles diarios. Esto llevó al país a importar diésel y a la necesidad de ampliar las refinerías.

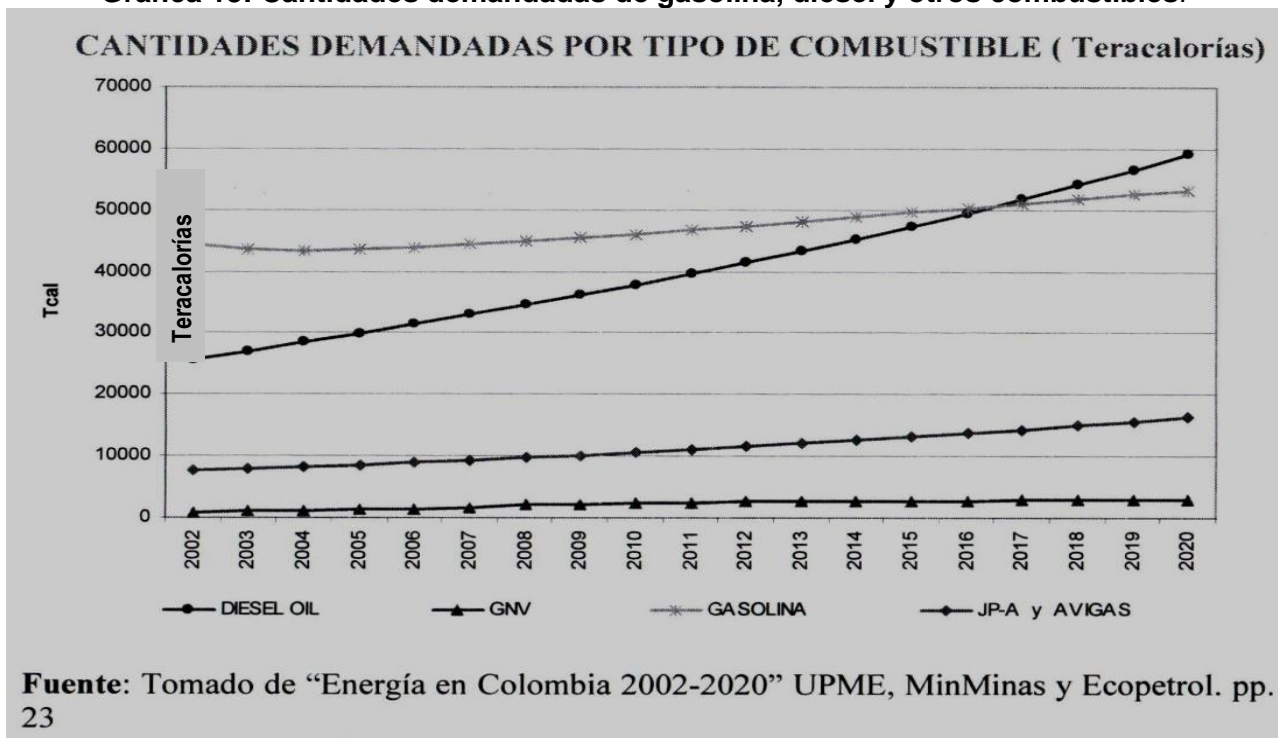
Por otra parte, el uso del diésel en Europa crecía cada vez más, con la aparición de vehículos livianos y automóviles propulsados por motores diésel. Además, el mayor poder calorífico del diésel respecto a la gasolina (36 Mj/lt vs 32 Mj/lt) y la incipiente preocupación por las emisiones contaminantes, ayudaban a mover la balanza a favor del diésel.

Los cambios plantearon la “existencia de un proceso de dieselización no planeado, que afectaba negativamente las finanzas del país y la dieselización obedecía a la distorsión del precio al público con respecto a la gasolina y a los mercados internacionales”. Por ello, Ecopetrol recomendó “suspender los proyectos de importación de vehículos livianos con motor diésel” y reiteró la necesidad de “evaluar la conveniencia de ensamblar e importar los nuevos buses de Transmilenio con motores de gas natural en todo el país”, con lo cual era factible la disminución gradual de subsidio al diésel.

2.2.1 Proyecciones de Consumo e Importaciones de Gasolina y Diésel 2002-2020:

En la Gráfica 13 se muestran las proyecciones de las cantidades totales de gasolina, diésel y otros combustibles demandados en Colombia, desde la perspectiva de UPME en el año 2002. En el pronóstico se mostraba que en el año 2017 la demanda de combustible diésel superará a la demanda de gasolina.

Gráfica 13: Cantidades demandadas de gasolina, diésel y otros combustibles.

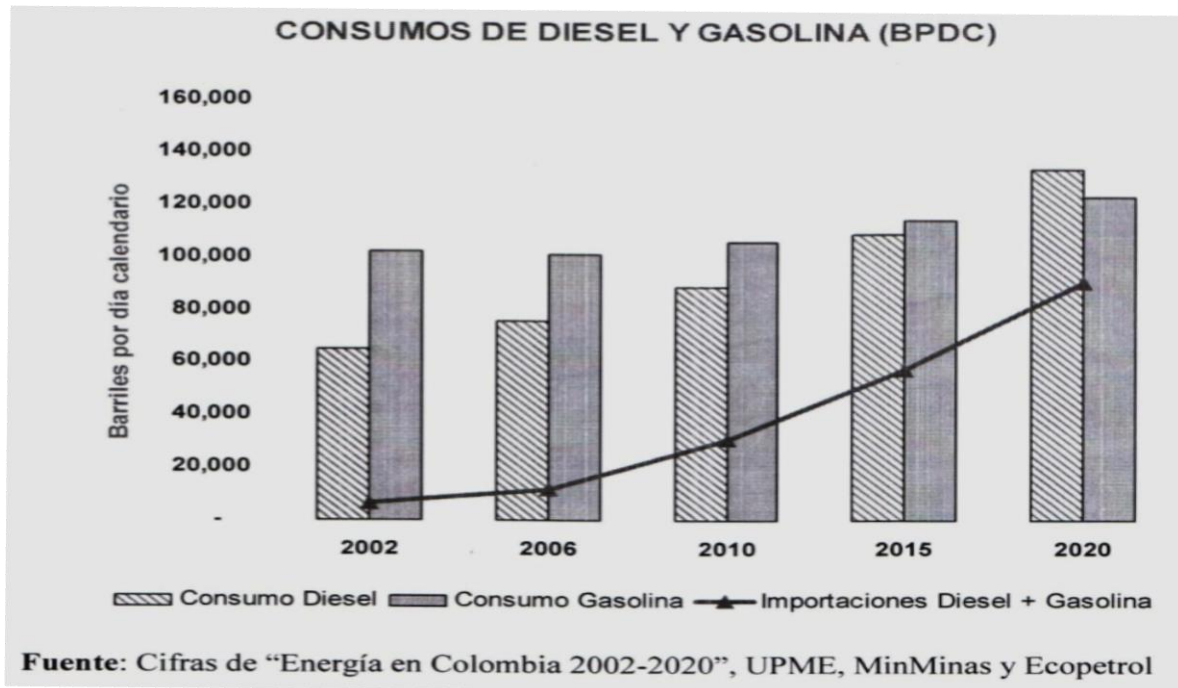


Fuente: UPME bpdcc de derivados del petróleo equivale a 0.4678 Teracalorías.

La caída en términos porcentuales del consumo de gasolina se visualizaba como consecuencia de su posición débil frente al diésel por su menor poder calórico y por la mayor eficiencia de los motores de ciclo Otto. También tenía efecto el contrabando y el hurto de combustibles despachados que estaba por encima del 3%, lo mismo que la entrada en vigencia de la Ley de alcohol para uso como carburante que promovía el uso del etanol y el funcionamiento del Transmilenio.

En la Gráfica 14 se presentan las proyecciones de consumo de diésel, gasolina y las importaciones de estos combustibles en el período 2002-2020.

Gráfica 14: Proyecciones del Consumo e Importaciones de Diesel y Gasolina en Colombia. 2002-2020.



Se advierte la importancia creciente otorgada al diésel como integrante de la canasta energética proyectada y se destaca la magnitud de las importaciones de diésel que se estimaron que llegarían a 72.000 bpdcc en 2020, lo cual llevó a que en el estudio “Energía en Colombia 2002-2020”, se advirtiera que *“es más importante en el momento impulsar un programa de biodiésel que el de alcoholes carburantes para gasolina, ya que para ella no se estiman déficits hasta antes del 2020”*⁶

2.2.2 Relación Precio Diésel 2 Golfo de México y CIF Rotterdam del aceite de palma

Para completar el conjunto de elementos principales que se tuvieron en cuenta en 2003-2004 para evaluar las posibilidades del biodiésel de palma en Colombia, se deben mencionar las comparaciones entre los precios que tendría que pagar el consumidor final por el Diésel 2 de bajo contenido de azufre y por el biodiésel de palma con cero contenido de azufre.

Esta información aparece en la Tabla 5 y se advierte, desde un principio, que en las dos opciones, los principales elementos en la conformación del precio son, las materias primas Diésel 2 Golfo

⁶“Energía en Colombia 2002-2020”. Ministerio de Minas Y Energía, Ecopetrol. 2003. Pp.39

México y Aceite crudo de palma CIF Rotterdam. El 48.31% del precio del diésel que paga el consumidor final en la estación de servicio lo representa el costo de lo que pudiéramos llamar la “materia prima”, es decir, el Diésel 2 que se compra en el Golfo de México. En el caso del biodiesel de palma, la “materia prima” hipotética, es el aceite de palma que se compra en Holanda, por lo cual, su precio es el CIF Rotterdam que representa el 84.92% cuando hay exención y el 62.74% cuando ésta se elimina.

Tabla 5: Precio al Consumidor Final del Diesel y el Biodiesel, con y sin exención.

PRECIO AL PUBLICO DEL COMBUSTIBLE PARA MOTORES DIESEL			
(US\$ 40 por Barril de crudo de Petróleo y US\$ 500 por Ton. de Aceite Crudo de Palma)			
Tasa cambio \$2700			
		Con Exención	Sin Exención
us\$ por galón	Diesel 2	Biodiesel	Biodiesel
Precio Diesel 2 Golfo de Méjico	\$ 1.0103		
Flete, Inspección y Seguro	\$ 0.0476		
Subtotal	\$ 1.0579		
Arancel (15% sobre Subtotal)	\$ 0.1587		
Timbre (1.5% sobre Subtotal)	\$ 0.0159		
Diesel 2 en Pozos Colorados*	\$ 1.2324	\$ 1.7494	\$ 1.7494
Transporte interno	\$ 0.1037	\$ 0.0412	\$ 0.0412
Impuesto Global (23.26% Pozos Color.)	\$ 0.2867	\$ -	\$ 0.4069
Impuesto Ventas (16% Pozos Colorado)	\$ 0.1972	\$ -	\$ 0.2799
Precio Venta Mayorista	\$ 1.8200	\$ 1.7907	\$ 2.4775
Márgen Mayorista	\$ 0.0566	\$ 0.0566	\$ 0.0566
Precio Planta de Abastos	\$ 1.8765	\$ 1.8472	\$ 2.5341
Márgen Minorista	\$ 0.0971	\$ 0.0971	\$ 0.0971
Transporte a Estación de Servicio	\$ 0.0049	\$ 0.0049	\$ 0.0049
Sobretasa (6% Precio Planta Abastos)	\$ 0.1126	\$ 0.1108	\$ 0.1520
Precio al Público	\$ 2.0911	\$ 2.0600	\$ 2.7880

Fuente: Tablas 3.1, 3.2, 3.3
 * Para el Biodiesel el Precio es el CIFF Rotterdam del Aceite Crudo de Palma

Fuente: Infante, Ecología & Entropía. 2004 pp. 132.

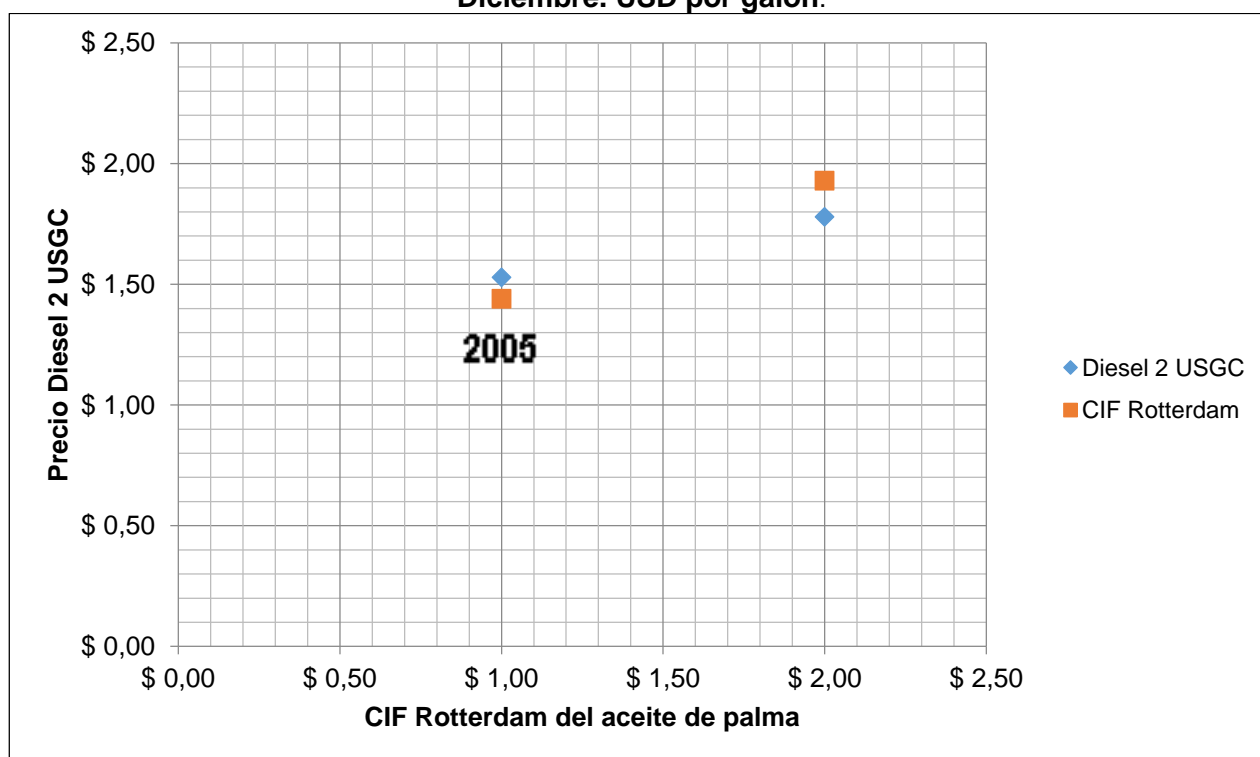
En el análisis que se adelantó en esa época, consideró que el valor de la glicerina resultante del proceso (10% en peso) compensaba plenamente el costo de fabricación del biodiesel, lo cual no resultó ser cierto. De todas maneras, se estimó que el precio del aceite crudo de palma era igual al precio del biodiesel de palma y por esta razón se utilizó directamente el precio CIF Rotterdam del aceite de palma.

2.3 La Realidad de lo Acontecido

2.3.1 En cuanto a costos y precios:

Vale la pena destacar que en diciembre de 2014, la relación entre los precios de las “materias primas” del biodiesel de palma fue de USD 1,78/galón del Diésel 2 y USD 1,93 del aceite de palma. En mayo de 2005 había sido USD 1.33 del combustible fósil y USD 1.44 del APC, ver Gráfica 15.

Gráfica 15: Precios observados del Diésel 2 y del CIF Rotterdam. 2005-Mayo y 2014-Diciembre. USD por galón.



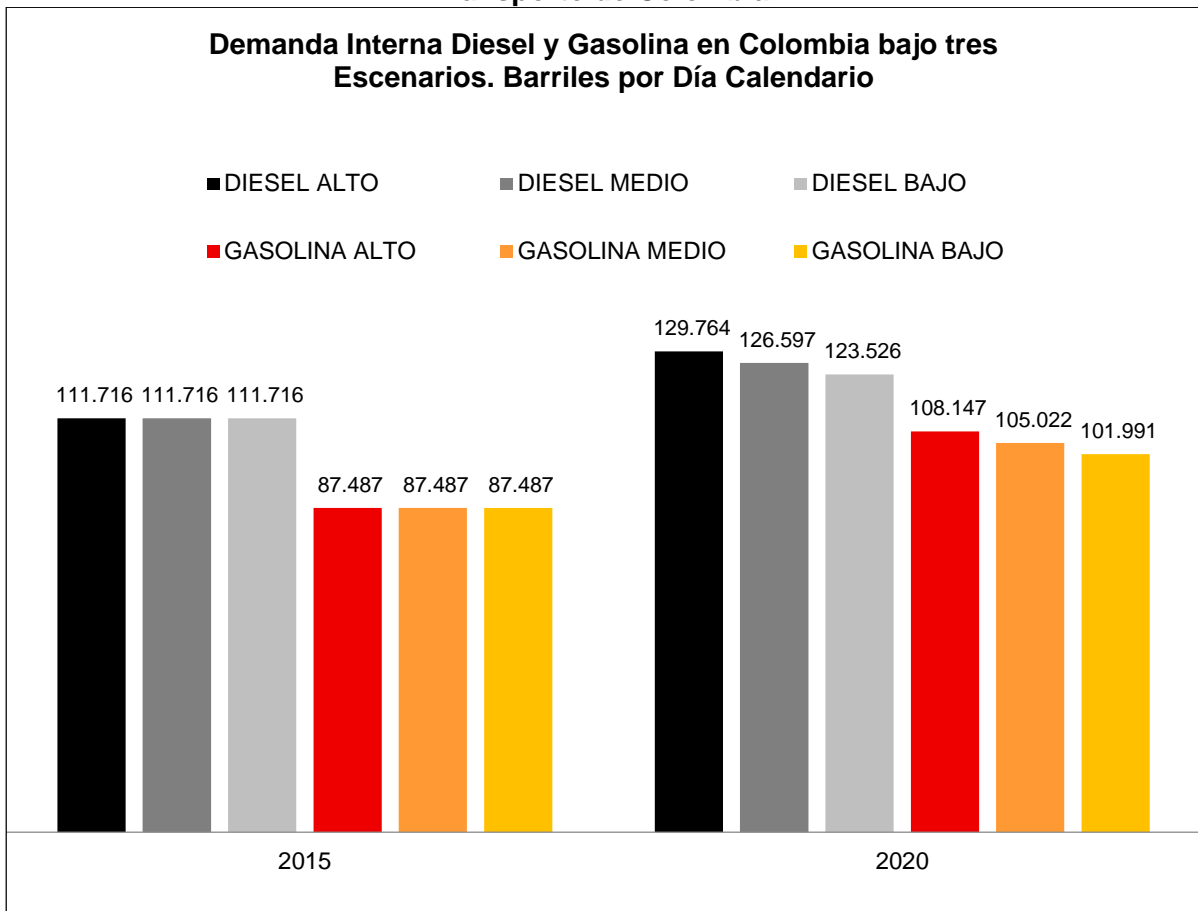
Fuente: ARTURO INFANTE, PLATTS y FEDEPALMA.

En el Gráfica 16 se muestran las proyecciones hechas por la UPME en diciembre de 2014 sobre el consumo interno del diésel y de la gasolina, bajo tres escenarios, ninguno de los cuales está afectado por las proyecciones de precios⁷⁷. Al comparar este gráfico con la Gráfica 14 se advierte que las proyecciones del Plan 2003- 2020 para el año 2015, en cuanto a gasolina se refiere, muestran una

⁷⁷ En el informe del 2014 de la UPME se anota que no se usaron los precios de los combustibles para construir las proyecciones debido a la inelasticidad actual entre precios y el consumo. Se supone que esta inelasticidad se mantendrá durante el período de la proyección.

demanda alrededor de 110,000 bpd y los nuevos pronósticos la colocan en sólo 87,815 bpd. Para el año 2020, las cifras son de más de 120,000 bpd en el pronóstico del 2003, y entre 108,000-102,000 bpd con el nuevo estudio. La UPME considera que este desfase en las proyecciones de la gasolina guarda relación con las políticas agresivas de incorporar el gas natural vehicular –GNV– en la canasta de combustibles del sector transporte y con la compleja relación entre el crecimiento del consumo y los precios de los combustibles, junto con el crecimiento del PIB.

Gráfica 16: Demanda Proyectada en Diciembre 2014 del Diésel y la Gasolina en el Sector Transporte de Colombia.



Fuente: UPME 2014 "Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia". Revisión Nov. 2014.

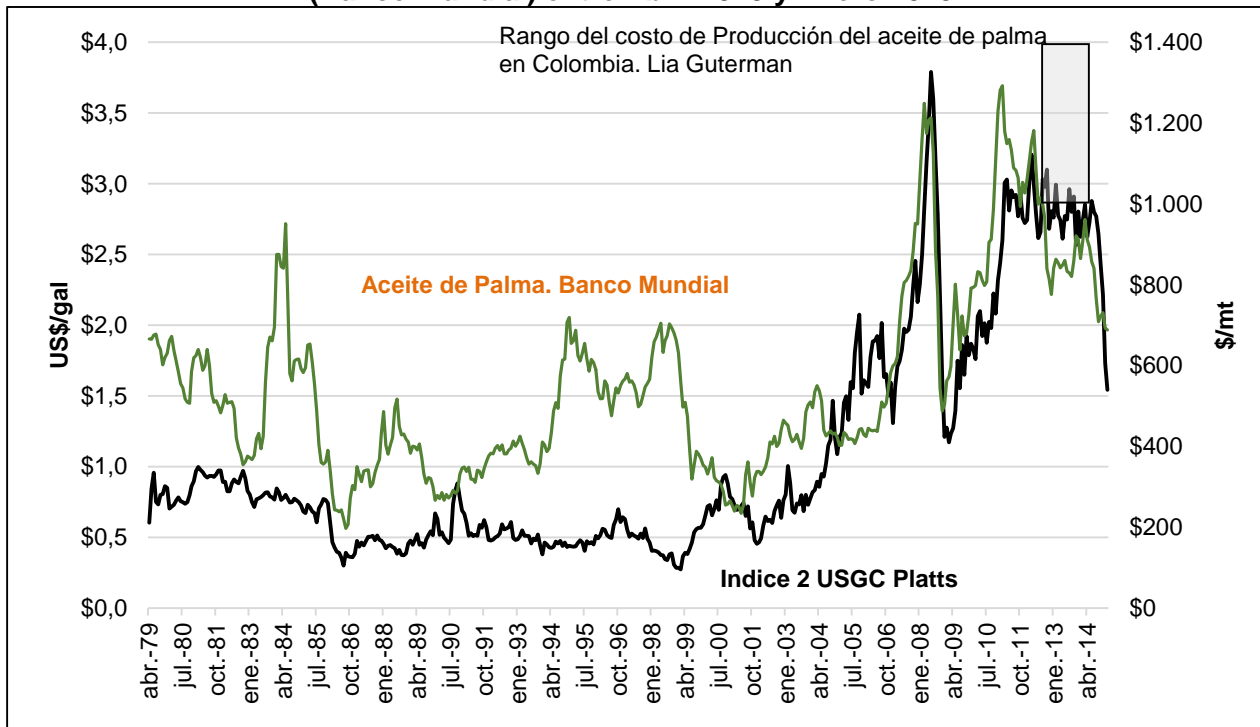
Al comparar las cifras relativas al diésel, se aprecia que las proyecciones al 2015 son muy cercanas porque las provenientes del trabajo del 2003 están por debajo de 150,000 bpd, mientras que los nuevos estimativos del 2014, ascienden a 111,716 barriles por día calendario. Al mirar el panorama del 2020 para el diésel, también se observa una cercanía entre los estimativos de los dos estudios: 135,000 bpd muestra el más antiguo, y entre 129,764 – 123,526 bpd presenta el más reciente.

La UPME anota que las proyecciones de diésel han coincidido más con la realidad debido a la correlación existente entre el desarrollo económico del país y el crecimiento del transporte de carga, el cual es el mayor consumidor nacional de diésel (UPME 2014, pp 21).

2.3.2 Evolución de los precios del Diésel 2 y del CIF Rotterdam del aceite de palma crudo:

En la Gráfica 17 se muestra la serie del precio del Índice No. 2 Platts en el Golfo de México, junto a la evolución del precio internacional del aceite de palma reportado por el Banco Mundial. Se muestra también el rango de los costos de producción del aceite de palma crudo en Colombia, reportado por Lia Guterman.

Gráfica 17: Evolución de los Precios del Índice No 2 USGC (Platts) y del Aceite de Palma (Banco Mundial) entre Abril 1979 y Enero 2015.



Fuente: Platts, Banco Mundial, UPME, Lia Guterman y Arturo Infante.

En términos generales, la viabilidad financiera de sustituir el Diésel 2 por el biodiésel de palma parte de comparar los precios de las “materias primas” que se muestran en la Gráfica 17: el aceite de palma y el Índice 2 del golfo de México. En lo corrido del nuevo siglo, sólo en pocas ocasiones el Índice 2 ha estado por encima del precio del aceite de palma (abril 2005 a Septiembre 2006, y Octubre 2012 a Enero 2013), y con excepción de 2005, nunca en montos importantes. Casi siempre, el aceite vegetal ha sido más costoso que el derivado petrolero. Como consecuencia de la caída de

los precios del petróleo a finales de 2014, también lo han hecho los precios del aceite de palma, aunque en menor proporción.

En la misma Gráfica 17, se aprecia la correlación surgida entre los dos productos. La correlación se ha originado en torno a la aparición del biodiesel fabricado con diversos aceites vegetales, principalmente, soya, colza y palma. Es notorio el cambio que se produce en la correlación durante lo corrido de este siglo, la cual se acentuó a partir del 2005 cuando se reactivó la producción de biodiesel de soya y palma. Un aspecto a resaltar es el rango de los costos de producción del APC en Colombia, reportados por Lia Guterman que sobrepasa el precio del aceite de palma en buena parte, indicando que algunos productores de zonas como la Central, están produciendo aceite a pérdida.

2.3.3 El costo de fabricar biodiesel de palma

El camino formal del cálculo del costo se desprende de lo que recibe el productor de biodiesel de palma que no es necesariamente igual a su costo de producción. Por este camino, a los costos de los materiales se añade el factor de producción eficiente, que es la suma que se reconoce al productor por el proceso de fabricación en sí mismo, el cual a diciembre 1 de 2014 ascendió a COP \$385,000 / tonelada de biodiesel de palma. Se debe observar que aún falta por incluir el costo del aceite de palma crudo que fluctúa diariamente.

En la Tabla 6 se muestra el costo de fabricación del biocombustible incorporando el factor de producción eficiente para tres fechas: el promedio del año 2013, diciembre 1 de 2014 y mediados del año 2016, con las respectivas tasas de cambio.

Tabla 6: Costo de fabricación del Biodiesel de Palma en Colombia sin incluir el costo del APC.

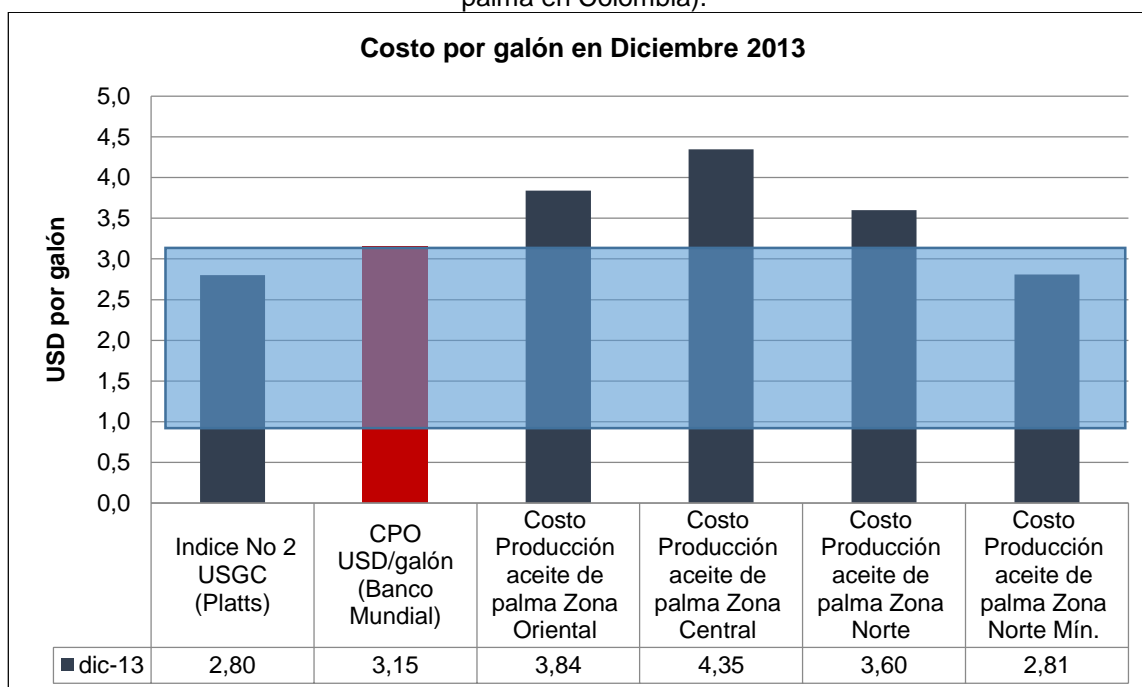
Costo de Producción del Biodiesel de Palma en Colombia excluyendo el costo del APC							
Factores	COL\$/ton	USD\$/ton	Costo Total USD\$/ton		Costo alternativo USD\$/ton	Tasa de Cambio	
Metanol		77,46	año 2013	318,46		Promedio 2013	\$ 1.868,90
Metilato		35				Final 2014	\$ 2.117,12
Subtotal materiales		112,46	año 2014	294,31	219,68	2017	\$ 2.850,00
Factor Producción Eficiente	385.000	206,00				año 2017	247,55
		181,85	COL\$/ton	USD\$/ton 2014			
		135,09	\$ 227.000	\$ 107,22			

Fuente: Fedebiocombustibles, Banco de la República,

Es importante precisar el costo de fabricación porque el valor de la glicerina como subproducto, no alcanza a compensarlo. Cuando se inició el desarrollo del biodiesel en Colombia se pensó que con los precios del momento, de alrededor de USD \$2,000/ton de glicerina, se podrían recuperar los costos de fabricación del biodiesel. Debido a la sobreoferta de glicerina en los mercados mundiales como consecuencia de la creciente producción de biodiesel, estos se saturaron y los precios cayeron a niveles de USD \$250 por tonelada.

En la Gráfica 18 se muestra la situación de los costos por galón del derivado No. 2 del petróleo en el Golfo de México, del aceite crudo de palma y de los costos promedios de producción del aceite de palma en las tres principales zonas palmeras de Colombia en Diciembre de 2013. Se advierte que únicamente el costo mínimo de producción del APC en la zona norte está por debajo, tanto del derivado petrolero como del precio internacional del aceite de palma.

Gráfica 18: Costos del diésel Índice No 2, del aceite de palma crudo según el Banco Mundial y de producción del aceite de palma en Colombia (No incluye costo de fabricación del biodiesel de palma en Colombia).

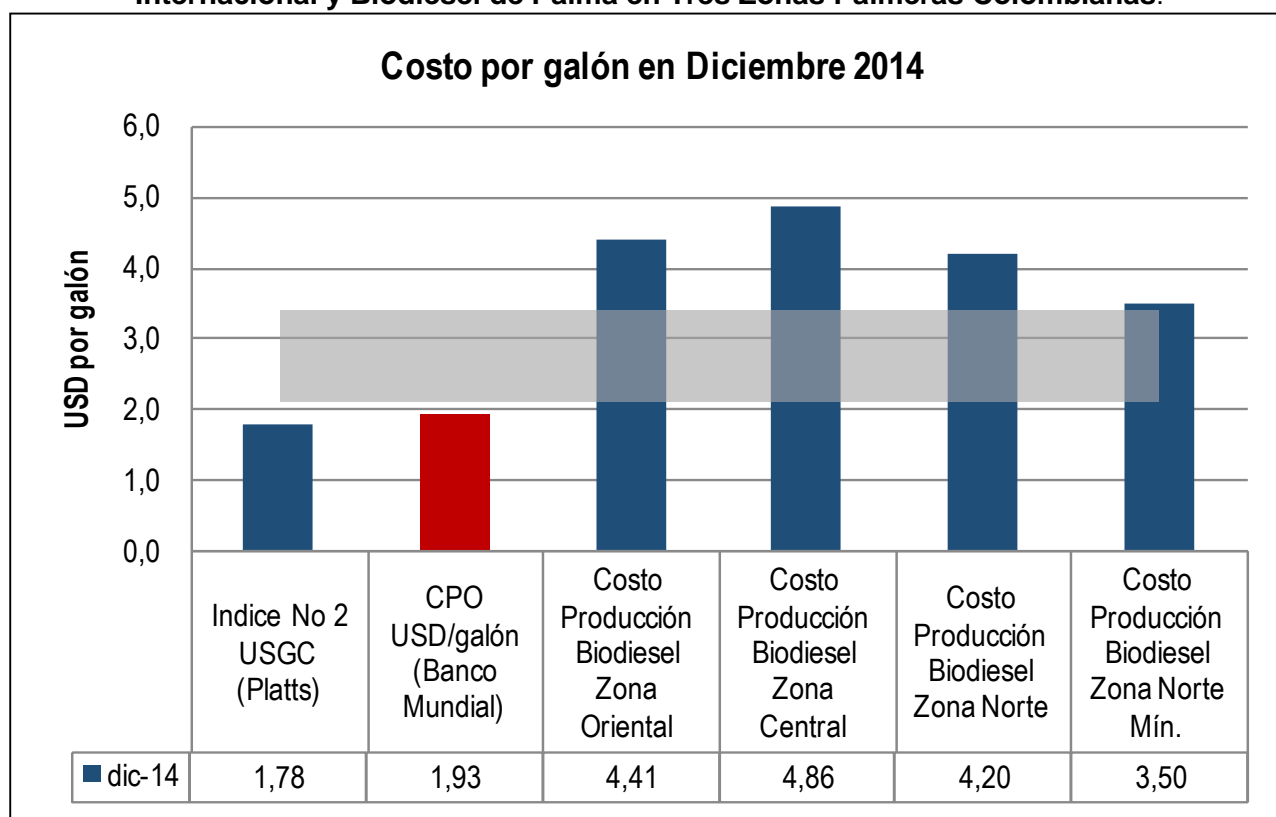


Fuente: Platts, Banco Mundial, Lia Guterman, Arturo Infante.

La Gráfica 19 incorpora el estimativo del costo de fabricación del biodiesel en diciembre de 2014 con una tasa de cambio de \$ 2,117.12 que ya refleja el impacto de la caída global de los precios del petróleo y que favorece al costo colombiano en dólares. Se advierte, sin embargo, el amplio sobrecosto del biodiesel de palma colombiano respecto al índice No 2 USGC cuyo precio por galón es de USD\$ 1.78, versus USD\$ 3.50 del biodiesel colombiano en la zona Norte, aun utilizando el más bajo costo de producción del APC. En las condiciones de la ilustración, el precio internacional

del diésel está muy cercano al precio internacional del aceite de palma. Si se hacen los cálculos del costo del biodiésel colombiano con la tasa de cambio del año 2016 de COL\$2,850 por dólar y todo lo demás se mantiene constante, el costo del galón de biodiésel descendería a USD\$ 2.61, de todas maneras, bastante por encima del precio del diésel.

Gráfica 19: Comparación del Precio por galón del Diesel No2 USGC, Aceite de palma Internacional y Biodiésel de Palma en Tres Zonas Palmeras Colombianas.

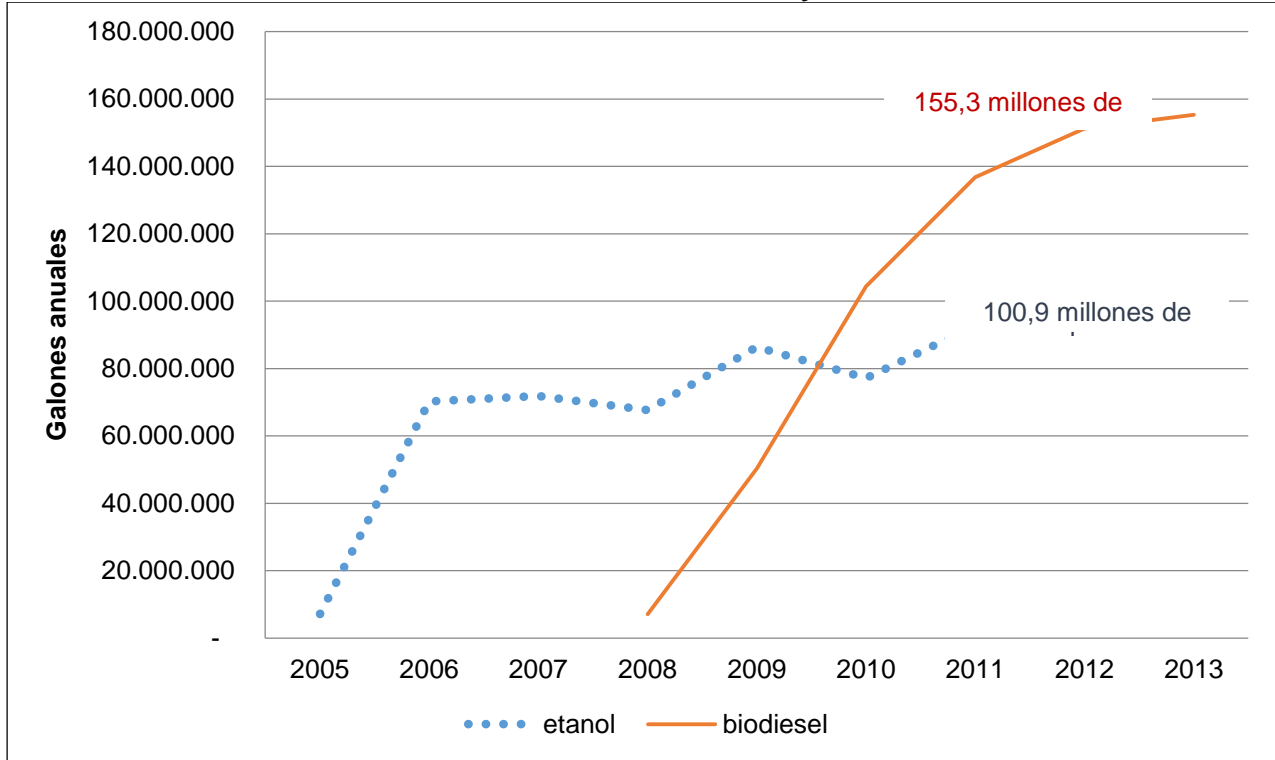


Fuente: Platts, Banco Mundial, Banco de la República, LiaGuterman, Arturo Infante

2.3.4 En cuanto a volúmenes de producción y ventas

La Gráfica 20 muestra el crecimiento que ha tenido el sector de los biocombustibles en Colombia desde el año 2005. Tres años después empezó la producción del biodiésel de palma con un ritmo aún más vertiginoso de crecimiento, a pesar de que en un comienzo se favorecía más el desarrollo del sector gasolina-etanol que el del diésel-biodiésel. Al finalizar 2013, se habían producido en ese año, 101 millones de galones de etanol y 155 millones de biodiésel. El biodiésel sobrepasó al etanol en producción anual en el año 2010.

Gráfica 20: Volúmenes de Producción de Etanol de Caña y Biodiesel de Palma en Colombia.



Fuente: Cifras de Fedebiocombustibles y Arturo Infante.

El objetivo que se perseguía en 2008, cuando se elaboró el documento Conpes 3570, se fundamentaba en la siembra de 2 millones de hectáreas con palma de aceite en el año 2020 para destinar los excedentes a la fabricación de biodiesel, luego de atender la demanda del mercado interno convencional. Con este criterio se elaboró la Gráfica 21 con las proyecciones de la UPME sobre la demanda esperada de gasolina y diésel.

Los estimativos de ese entonces resultaron extremadamente optimistas porque para el 2013 se proyectaron 220 millones de etanol y 342 millones de biodiesel, aproximadamente 45% de lo que efectivamente se produjo, en ambos casos. En cuanto al aceite de palma, hacia el año 2014 ya deberían estar sembradas cerca de un millón de hectáreas, y la realidad apenas existen sembradas alrededor de medio millón de hectáreas.

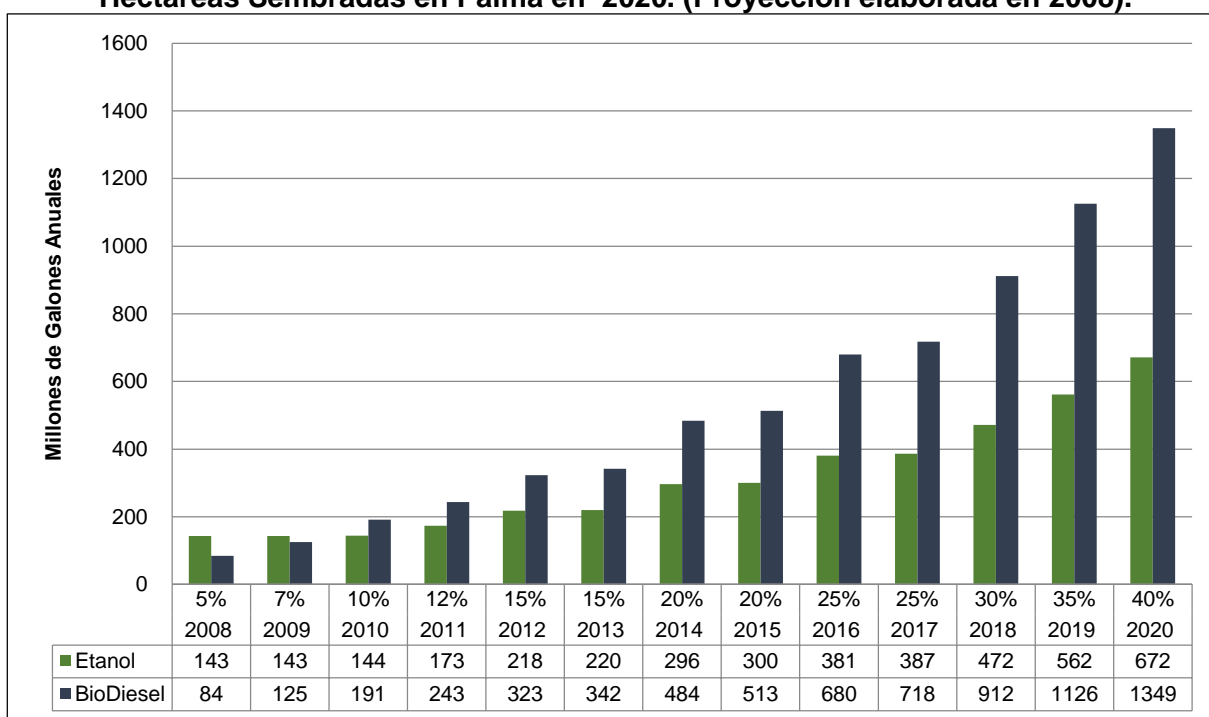
2.4 Producción de materias primas para fabricar biocombustibles en el futuro

Una de las consideraciones importantes en cuanto a la cantidad futura de biocombustibles que se pueden producir en Colombia es la disponibilidad de materia prima nacional para fabricarlos, de un lado y del otro la demanda nacional de combustibles. Como es obvio, en el primer caso, esto incide

directamente en las mezclas que se pueden establecer como mandatos de consumo con garantía de confiabilidad, sin acudir a importaciones de los mismos.

Un aspecto fundamental en las estimaciones de producción de etanol y biodiesel es el área sembrada con caña y palma de aceite y particularmente con la que se encuentra en la etapa productiva en el caso de palma. A continuación, se detallan en cada caso los aspectos más importantes, para evaluar la disponibilidad de materia prima

Gráfica 21: Proyección Consumo Interno Etanol y Biodiesel en Colombia con 2 Millones de Hectáreas Sembradas en Palma en 2020. (Proyección elaborada en 2008).



Fuente: UPME y Arturo Infante.

2.4.1 Sobre el biodiesel de palma

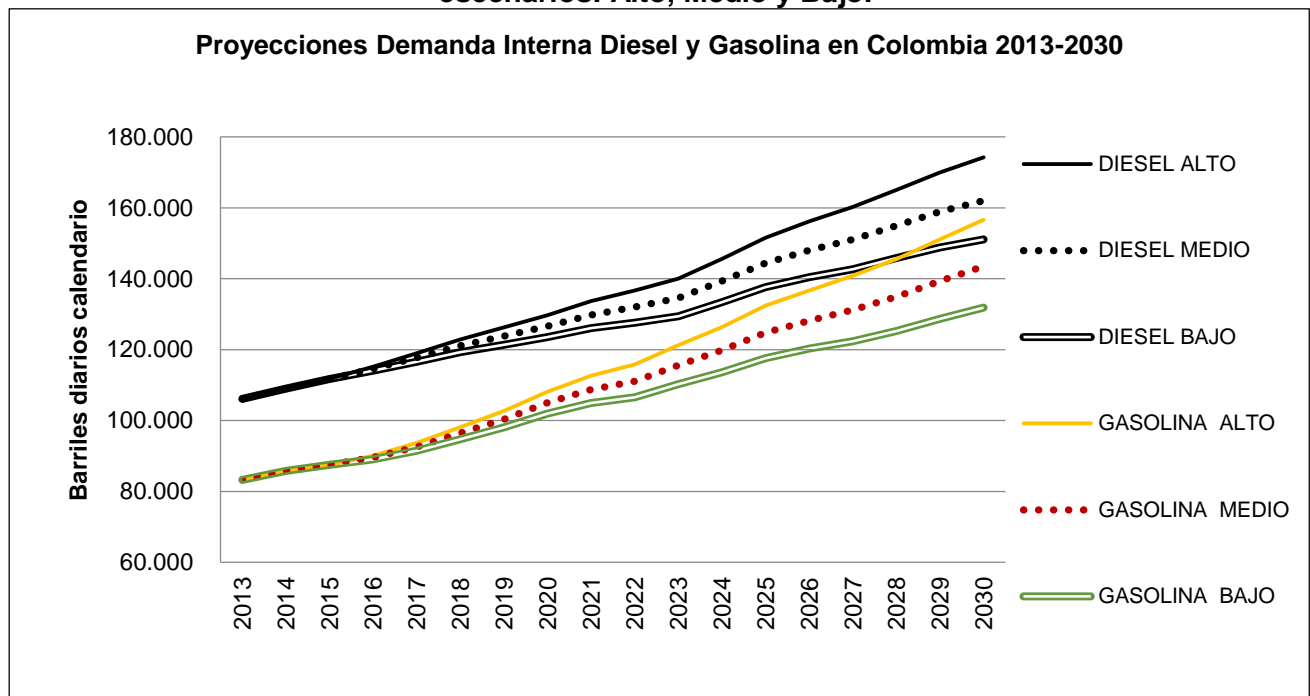
Para establecer cuál es la realidad actual y las expectativas futuras en cuanto a mezclas máximas, es necesario empezar con los pronósticos de consumo de combustible diésel en el sector transporte del país. Como el crecimiento del parque automotor y de los viajes está relacionado principalmente con el crecimiento de la economía y con el crecimiento de la población, UPME construyó un rango dentro del cual posiblemente se moverá el consumo de combustibles en el sector transporte, de la siguiente manera:

1. Un escenario medio que es el mismo escenario base con crecimiento del PIB del 4.6% anual.

2. Un escenario bajo que asume un crecimiento del parque más moderado, asociado con un crecimiento del PIB inferior al esperado y un crecimiento de la población menor en 0.2 puntos porcentuales en el promedio del periodo de análisis. En el caso del PIB, se asume un crecimiento del 4.3% anual.
3. Un escenario alto, en el que se asume un aumento del PIB y de la población del escenario medio en un 0.3% y 0.2%, respectivamente, esto en el promedio del periodo de análisis. Esto implica un crecimiento del PIB de 4.9% anual.

Las más recientes proyecciones de la UPME arrojan los estimativos presentados en la Gráfica 22, la cual incluye los tres escenarios de gasolina y diésel

Gráfica 22: Demanda esperada de diésel y gasolina en Colombia entre 2013 y 2030 para tres escenarios: Alto, Medio y Bajo.



Fuente: Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia, UPME Revisión Noviembre 2014.

En el caso del biodiésel de palma, la disponibilidad futura de materia prima depende del área sembrada en etapa de producción, de la productividad en cuanto a toneladas de aceite por hectárea y de la demanda tradicional del mercado interno. Se podría añadir la cantidad de aceite comprometido con la exportación, pero esto depende de las condiciones del mercado internacional.

Actualmente existen situaciones de alta incertidumbre que afectan la siembra de nuevas hectáreas con palma de aceite dentro de las que se tiene:

- La incidencia en la productividad de las plantaciones de las enfermedades y costo de resiembra con materiales más tolerantes a las enfermedades e insectos y en la rentabilidad de las más altas inversiones requeridas.
- La dificultad e indefinición de la posible titulación de las tierras como consecuencia de las interpretaciones de la Ley 90 de 1990 que se expidió para proteger a los pequeños agricultores favorecidos con adjudicaciones de tierra. La titulación de las tierras particularmente en zonas como la oriental, donde las propiedades se demarcaron con métodos imprecisos hace varias décadas y la actualización de los linderos y cabidas apenas se empieza a actualizar con las herramientas modernas como la georeferenciación.
- La caída de los precios del petróleo y su impacto en la economía nacional que afectará al sector agropecuario con una menor oferta de créditos, con un mayor costo de los insumos importados debido al incremento en la tasa de cambio y con un incremento en las tasas de interés.
- La Resolución No. 004170 del 2 de diciembre de 2014 del Instituto Colombiano Agropecuario ICA que establece el control oficial del cultivo de palma de aceite en el territorio nacional y las medidas fitosanitarias para su manejo y control.
- La reforma tributaria en cuanto al impuesto al patrimonio, que en las plantaciones de palma de aceite por ser altamente intensivas en capital inicial y por ser de tardío rendimiento, es particularmente alto e improductivo durante los años iniciales (3 a 5).

En la Tabla 7 se muestra el efecto combinado de la transformación de las áreas en desarrollo en áreas productivas y de las nuevas siembras, para establecer la cantidad de hectáreas en producción en los años futuros. Se aprecia que las hectáreas en producción en Colombia aumentarían en un 50% en el período 2014- 2020, llegando a 587,967 hectáreas en el último año, a lo cual se sumarían 130,113 hectáreas en desarrollo para un gran total de 718,080 hectáreas sembradas con palma de aceite en el año 2020.

Tabla 7: Palma de Aceite. Áreas en Producción en Colombia [hectáreas].

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Nuevas Siembras	25.651	27.031	28.485	30.018	31.633	33.334	35.128
Nuevas que entran en producción	35.572	32.481	38.664	61.223	27.031	28.485	30.018
Total en Producción. Incluye las que vienen en producción	370.065	402.546	441.210	502.433	529.464	557.949	587.967

Fuente: Cálculos del autor con Cifras Básicas de FEDEPALMA.

La productividad del aceite de palma en Colombia es uno de los aspectos básicos de la coyuntura actual. De continuar con los niveles promedios actuales de 3.1 toneladas de aceite por hectárea, el sector no parece viable financieramente como un todo.

Para calcular la producción nacional de aceite de palma crudo, se combinan las áreas en producción con los escenarios de productividad y se obtienen los estimativos de la producción total de aceite de palma crudo en el país, a los cuales se resta la demanda esperada proveniente de la industria tradicional de grasas y aceites para obtener la disponibilidad nacional con destino a la fabricación de biodiesel de palma. Esto se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8: Aceite de Palma. Disponibilidades en Colombia para fabricar Biodiesel de Palma [Toneladas por año].

Toneladas Anuales de Aceite para fabricar Biodiesel de Palma							
Escenarios	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo Tradicional de APC	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000	500.000
Producción de APC							
Escenario 1	1.140.000	1.220.061	1.371.344	1.702.112	1.914.489	2.129.192	2.249.263
Escenario 2	1.140.000	1.220.061	1.496.012	1.907.128	2.317.539	2.661.490	2.811.578
Disponibilidad de Aceite de Palma Crudo para Fabricar Biodiesel de Palma							
Escenario 1	640.000	720.061	871.344	1.202.112	1.414.489	1.629.192	1.749.263
Escenario 2	640.000	720.061	996.012	1.407.128	1.817.539	2.161.490	2.311.578

Fuente: Cálculos del autor con cifras básicas de FEDEPALMA.

A partir de estos resultados se pueden estimar las mezclas máximas de biodiesel de palma que puede atender el sector palmero colombiano en el futuro, tal y como se muestra en la Tabla 9. La mezcla más alta que se estima para el año 2020 es B37 y la más baja está alrededor de B27. Lo anterior considerando solo la disponibilidad en volumen de aceite de palma.

Tabla 9: Biodiesel de Palma. Mezclas Máximas que se pueden atender con el APC Nacional para dos escenarios de productividad y tres de demanda futura de diésel.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Escenario 1						
Mezcla alto	12,74%	14,95%	19,97%	22,75%	25,50%	26,64%
Mezcla medio	12,74%	15,02%	20,17%	23,09%	26,01%	27,31%
Mezcla bajo	12,74%	15,10%	20,37%	23,43%	26,52%	27,98%
Escenario 2						
Mezcla alto	12,74%	17,08%	23,37%	29,23%	33,83%	35,20%
Mezcla medio	12,74%	17,17%	23,61%	29,67%	34,50%	36,08%
Mezcla bajo	12,74%	17,26%	23,84%	30,11%	35,19%	36,98%

Fuente: Elaboración del autor con cifras de la UPME para demanda de combustibles.

En cuanto a la fabricación de biodiesel, la Tabla 10 muestra la capacidad instalada existente en Colombia a diciembre de 2014. A esta capacidad se deben añadir dos nuevos proyectos en la zona centro que suman 300,000 toneladas por año y otros dos en la zona oriental que suman 160,000 toneladas anuales, según lo reportado por Fedebiocombustibles.

Tabla 10: Biodiesel de Palma. Capacidad Instalada en Colombia finales 2014.

Región	Empresa	Capacidad (Tn/Año)	Capacidad (Lts/Día)	Área Sembrada [Ha]	Empleos Directos	Empleos Indirectos
Norte, Codazzi	Oleoflores	60.000	193.477	17.544	2.506	5.013
Norte, Santa Marta	Biocombustibles Sostenibles del Caribe	100.000	322.461	29.240	4.177	8.354
Norte, Santa Marta	Odin Energy	36.000	116.086	10.526	1.504	3.008
Central, B/bermeja	Ecodiesel de Colombia	120.000	386.953	36.810	5.259	10.517
Oriental, Facatativá	BioD	120.000	386.953	36.810	5.259	10.517
Oriental, San Carlos de Guaranoa (Meta)	Aceites Manuelita	120.000	386.953	36.810	5.259	10.517
Oriental, Castilla la Nueva (Meta)	Biocastilla	15.000	48.369	4.601	657	1.315
Total		571.000	1.841.252	172.341	24.621	49.241

Fuente: Fedebiocombustibles.

La Tabla 11 muestra que la máxima mezcla que se puede cubrir con la producción nacional de biodiesel de palma es B10 en el año 2015, de B19 en el 2018 y de un poco más del B18 en el año 2020. Si se llegaren a resolver los problemas del comportamiento del biodiesel en temperaturas bajas, solamente se podría pensar en llegar a mezclas del B18 en el año 2020, siempre y cuando se cumplan las ampliaciones de capacidad reportadas por Fedebiocombustibles.

Tabla 11: Biodiesel de Palma. Faltantes en la capacidad Instalada para cubrir la mezcla máxima posible [Toneladas anuales].

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Faltante sin ampliaciones	148.461	299.744	630.512	842.889	1.057.592	1.177.663
Faltante con ampliaciones	148.461	299.744	345.012	271.889	486.592	606.663
Mezcla máxima posible con ampliaciones	10,11%	9,90%	14,52%	18,93%	18,60%	18,28%
Mezcla máxima posible sin ampliaciones	10,11%	9,90%	9,68%	9,47%	9,31%	9,14%

Fuente: Arturo Infante.

Así, desde el punto de vista de la capacidad instalada y con compromiso de instalación, la mezcla máxima de biodiesel en 2020 es B18, la cual aumenta al B28 cuando el tope se calcula con base en el aceite disponible para el biodiesel, con los estimativos de demanda de la UPME.

No obstante, una desventaja que tienen los combustibles diésel en general y el biodiesel de palma en especial, se relaciona con las propiedades y el desempeño de sus principales componentes (alkyl ester) en ambientes fríos, lo cual produce problemas en el encendido y operación de los motores de ciclo diésel cuando la temperatura es baja. El diésel de origen fósil forma cristales en la medida en que baje la temperatura y si no se remueven pueden restringir o impedir el paso del combustible a través de los filtros, causando problemas de encendido y flujo operacional, pero en esta clase de combustibles la temperatura de cristalización es muy baja; -42°C para el diésel de bajo azufre

Por otra parte, el biodiesel está compuesto por mono-alkyl ester provenientes de los ácidos grasos contenidos en los aceites y grasas que se usaron para su fabricación y algunos de sus elementos tienen temperaturas altas de fusión, formando cristales solidos con temperaturas bajas como el caso de la palma que es 14°C , lo cual constituye una dificultad pues se produce una especie de nube, que impide la circulación del combustible hacia el motor. Esta situación no permite predecir el comportamiento y estabilidad del combustible cuando la temperatura es inferior a 14°C .

Un incremento de las mezclas con biodiesel en ambientes fríos de operación y almacenamiento, debe ir acompañado de nuevos requerimientos en cuanto a la calidad del biodiesel para garantizar que no contenga los elementos menores en proporciones significativas (que son muy bajas). Esto implica la revisión de los procesos e instalaciones de las plantas de biodiesel o la difícil diferenciación entre algo así como el biodiesel de verano (que tendría que ser más barato) y el biodiesel pulido para todos los climas (que sería más costoso)

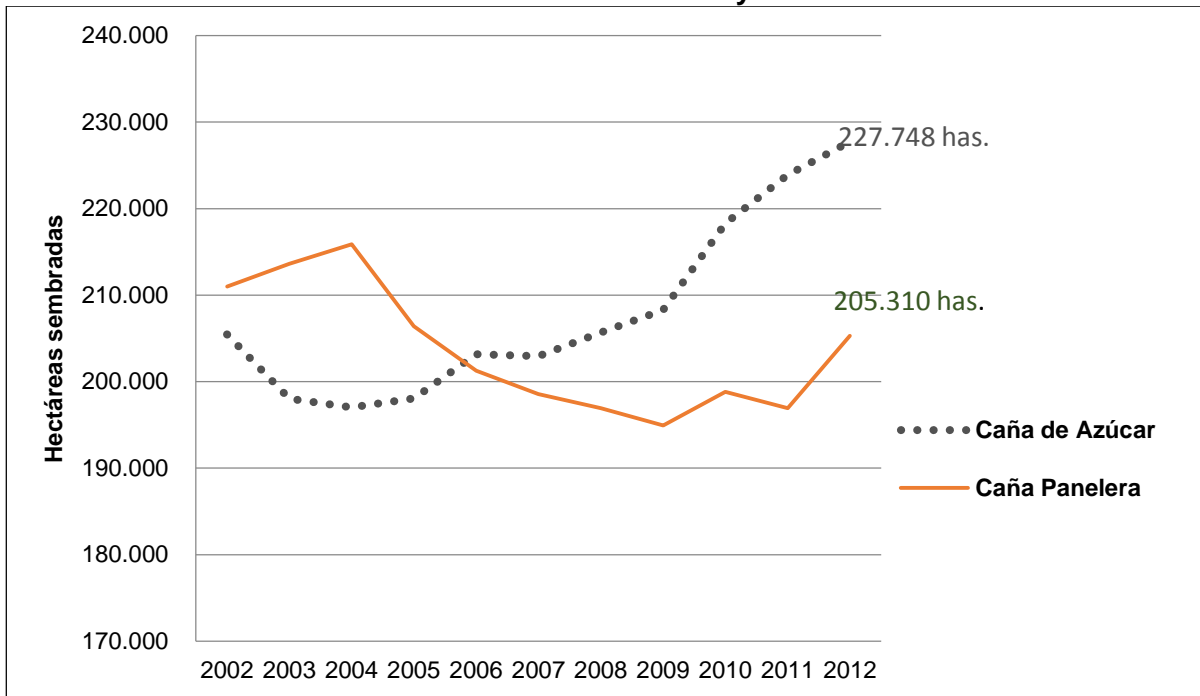
2.4.2 Sobre el etanol de caña

En cuanto al sector azucarero colombiano, este ha evolucionado en los departamentos del Cauca, Valle y Risaralda con un área sembrada de 218 mil hectáreas en el año 2010, de las cuales se cosecharon más de 172 mil, mientras que la caña panelera disponía de cerca de 205.000 hectáreas plantadas en 2012, que produjeron 1.27 millones de toneladas de panela.

En la Gráfica 23 se muestra esta situación y el comparativo con el área sembrada en caña de azúcar y caña panelera. La caña de azúcar del valle del río Cauca registra productividades y rendimientos porcentuales de azúcar por tonelada de caña, entre las más elevadas del mundo. La diferencia en cuanto a la productividad por hectárea de azúcares y panela, es un 75% mayor la primera (10,81 vs 6,81) y desde el punto de vista botánico, las dos denominaciones de caña son similares, las diferencia la forma como se cultiva, cosecha y beneficia.

El azúcar disponible en el país, tanto la producida localmente como la importada tiene dos usos principales: para fabricar etanol y alcohol industrial o para fabricar los diferentes tipos y grados de azúcar refinada y blanqueada para el consumo interno o para la exportación

Gráfica 23: Áreas sembradas en Caña de Azúcar y en Caña Panelera 2002-2012.



Fuente: Agronet, Ministerio de Agricultura, Asocaña.

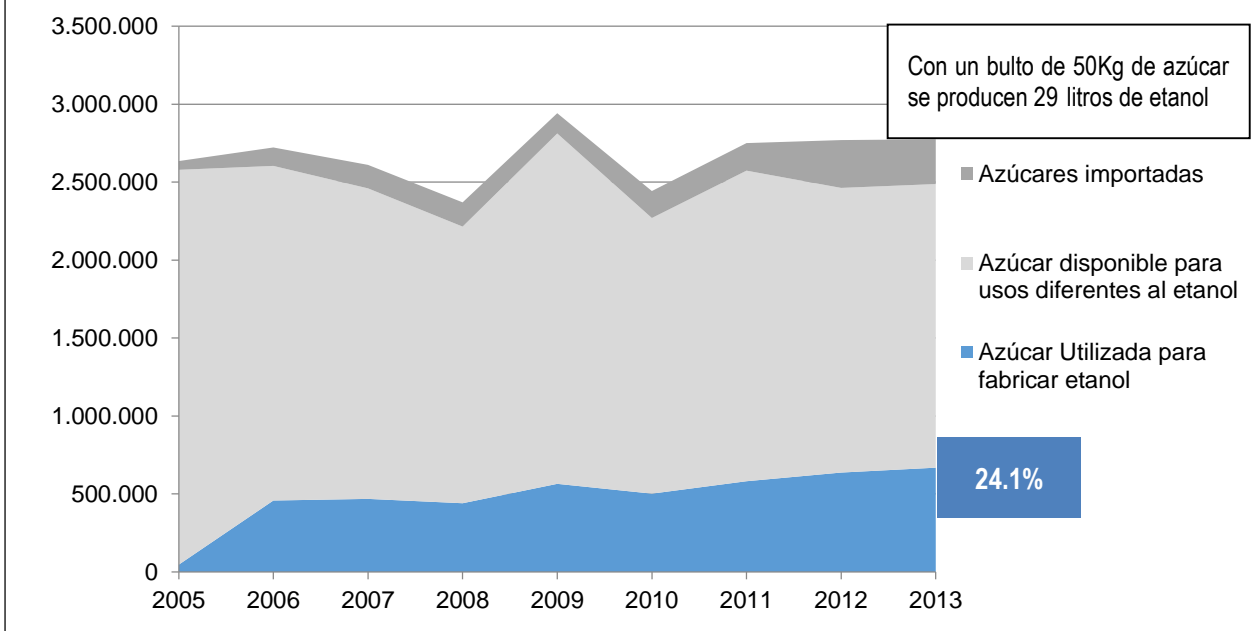
En la Gráfica 24 se muestra el uso dado al azúcar disponible en Colombia, apreciándose el incremento suave que ha tenido la destinada a la producción de etanol, que en el año 2013 representó el 23.1 % del total que incluye a las azúcares importadas.

Debe advertirse que solamente cinco ingenios producen etanol y que los 9 restantes enfrentan la decisión de producir azúcar para la exportación o para el mercado interno. Para los ingenios que han logrado consolidar nichos en el mercado internacional, la opción de la exportación resulta más atractiva que la de producir etanol para el mercado local.

La producción nacional de etanol se inició en el año 2005 con la producción de 27 millones de litros, la cual aumentó hasta 370 millones de litros en 2012 y 387,9 millones de litros en 2013⁸. Según el gremio del sector “en el país no ha sido necesario ocupar terrenos adicionales para la siembra de caña, ya que la que está sembrada en el Valle Geográfico del Río Cauca, alcanza para producir el bioetanol requerido para mezclarlo en un 8% con la totalidad de las gasolinas colombianas”. Sin embargo, esta situación dista de la realidad, pues el crecimiento del consumo de gasolinas en el país viene superando el 6.9% en los últimos tres años, con lo cual se requieren mayores volúmenes de etanol para mantener la mezcla del 8% y las importaciones están impedidas.

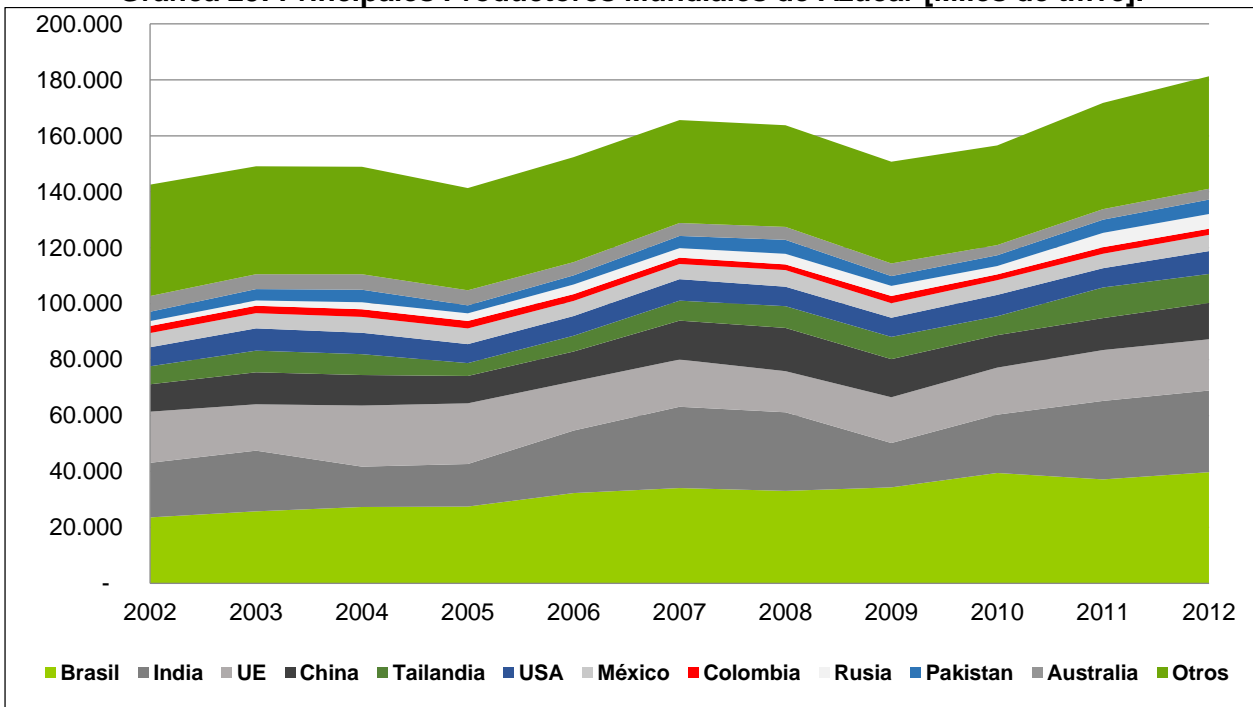
⁸ Según la Federación de Biocombustibles

Gráfica 24: Utilización de los Azúcares en Colombia. Para Etanol y demás Usos [Toneladas].



Fuente: ASOCAÑA, ARTURO INFANTE. www.asocana.org/modules/documents/10575.aspx

Gráfica 25: Principales Productores Mundiales de Azúcar [Miles de tmvc].



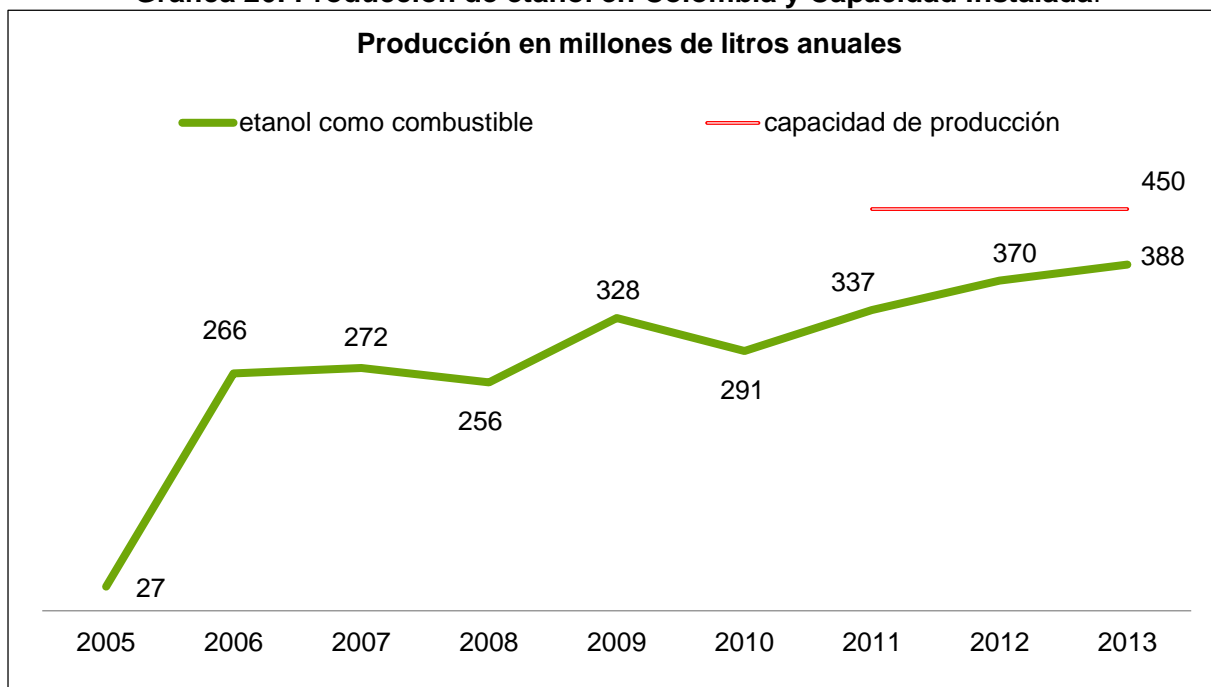
Fuente: ASOCAÑA, ARTURO INFANTE (tmvc: toneladas métricas en su equivalente a volumen de azúcar crudo)

En el concierto mundial de productores de azúcar, Brasil aparece como el país dominante, seguido de India con oscilaciones fuertes en su participación. Colombia es un jugador pequeño (línea roja en la Gráfica 25).

Se aclara que el total de las exportaciones de azúcar de Colombia representaron el 34,68% y 31,59% respectivamente en los años 2012 y 2013 de la producción nacional. El porcentaje correspondiente a la producción de azúcar destinada al mercado interno fue de 65,32% y 68,41%, durante 2012 y 2013, incluyendo la requerida para la fabricación de etanol.

La producción nacional de etanol se inició en el año 2005 con la producción de 27 millones de litros, la cual ha venido aumentando gradualmente hasta 370 millones de litros en 2012 y 387,9 millones de litros en 2013 (ver Gráfica 26).

Gráfica 26: Producción de etanol en Colombia y Capacidad Instalada.



Fuente: Elaborado por el autor con datos de ASOCANA.

Capacidad de Fabricación de Etanol:

La capacidad de fabricación de etanol que tiene Colombia se presenta en la Tabla 12, donde únicamente se incluye el escenario bajo de la demanda de combustibles esperada en el período 2015-2020, elaborada por la UPME. Se incluye la capacidad instalada de 1.25 millones de litros diarios y los incrementos esperados de 740,000 litros diarios que se estiman entrarán en producción en los próximos años.

Se advierte que sin tener en cuenta las necesidades y opciones de fabricar etanol en lugar de azúcar o de importar etanol para llenar los faltantes, el mandato máximo de mezcla que se puede cumplir con la capacidad actual apenas se llega al E7 en el año 2020, y con la inclusión de las capacidades adicionales, se puede alcanzar el E13 en ese año.

Tabla 12: Etanol de caña. Proyecciones de consumo y mezclas máximas posibles.

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Consumo	13.910.433	14.162.130	14.548.818	15.068.748	15.589.314	16.216.569
Capacidad Instalada	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000	1.250.000
Capacidad adicional	480.000	400.000				
Nueva capacidad Instalada	1.730.000	2.130.000	2.130.000	2.130.000	2.130.000	2.130.000
% Máximo de mezcla con etanol						
Capacidad Actual	8,99%	8,83%	8,59%	8,30%	8,02%	7,71%
Nueva Capacidad	12,44%	15,04%	14,64%	14,14%	13,66%	13,13%

Fuente: Mezcla UPME. Capacidades Fedebiocombustibles

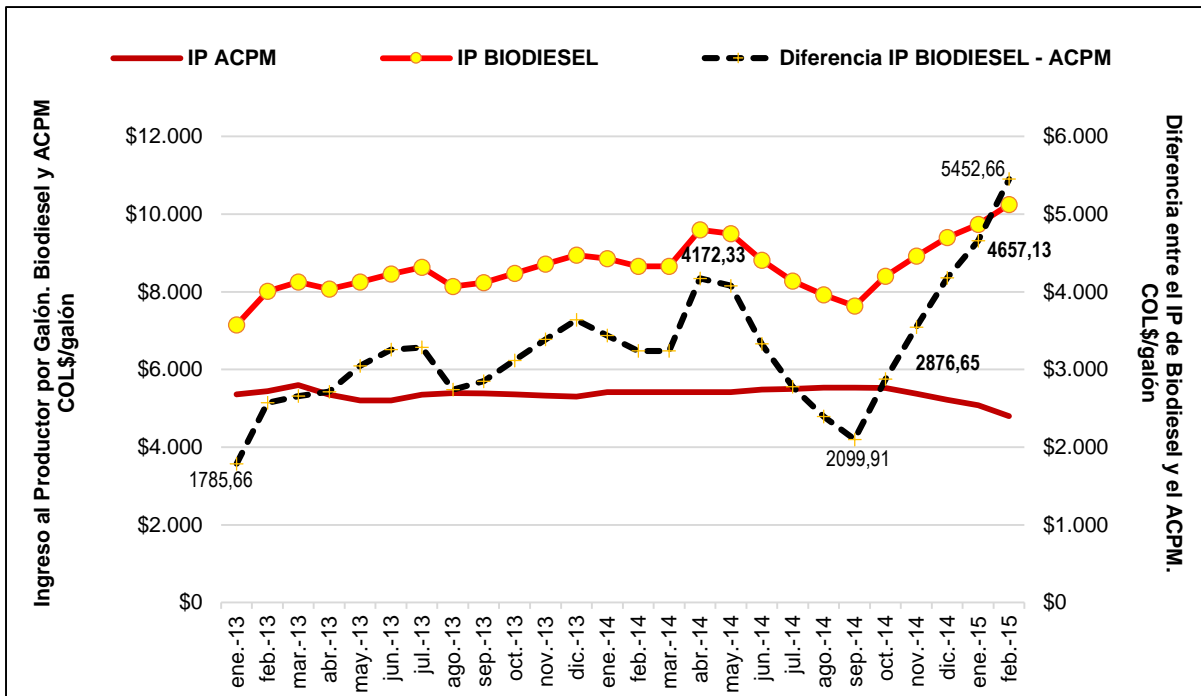
2.5 Impacto de la Caída de los Precios del Petróleo en los sectores azucarero y palmero

El impacto favorable, en ambos sectores, proviene de la devaluación del peso respecto al dólar que permite a los cultivadores e industriales de los sectores, recibir más pesos por cada tonelada de producto exportada. Esto también tiene el resultado favorable de poner los productos colombianos en los mercados internacionales con unos precios más bajos en US dólares, incrementando así su competitividad en tales entornos.

La preocupación principal se relaciona con la posición precaria en que ha puesto la caída de los precios del petróleo a los biocombustibles en el mercado interno porque este nicho del mercado es muy importante para la colocación parcial del azúcar y del aceite de palma crudo. La preocupación surge por cuanto las posibilidades de vender los productos derivados del aceite de palma en los mercados de exportación están limitadas por el alto costo con el cual llegan a competir.

En la se muestra la serie histórica de los ingresos por galón recibidos por el productor del biodiesel y el productor de ACPM desde enero 2013 y la diferencia entre tales ingresos.

Gráfica 27: Ingreso al Productor de ACPM y de Biodiesel de Palma en Colombia



Fuente: UPME Febrero 2015.

La diferencia fue de \$ 1.785,66 en enero de 2013, monto que se elevó a \$ 5.452,66 en febrero de 2015 como consecuencia de la caída de los precios del petróleo. A partir de esto se evidencia la influencia del precio y costo de la materia prima principal, el aceite de palma crudo, en la conformación del precio final del B8, a través del IP del Biodiesel.

La tendencia sostenida del incremento en la diferencia entre los dos ingresos tuvo un punto de quiebre en septiembre de 2014, resultante de la caída de los precios del petróleo, que se empezó a reflejar en el IP del productor de ACPM, a partir de octubre de 2014.

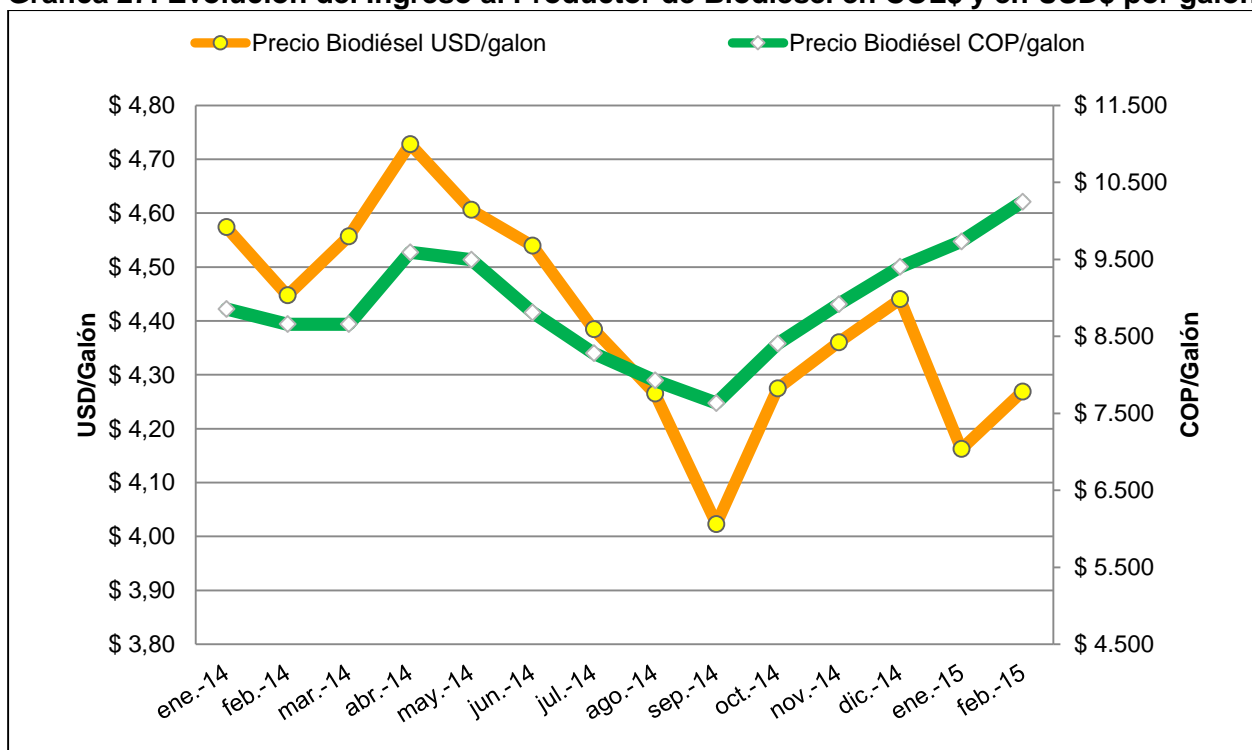
El efecto de la tasa de cambio en el ingreso al productor (IP) del biodiesel se muestra en la Gráfica 27, donde se muestra que su deterioro ha tenido un efecto de amortiguación en el IP, cuando éste se calcula en USD. Este hecho constituye una ventaja en la eventual posibilidad de colocar biodiesel de palma colombiano en los mercados internacionales, aunque sólo sea posible hacerlo en algunas coyunturas, y eventualmente solo para el biodiesel “pulido” que se empezará a producir en una de las plantas de Colombia.

La Federación de Biocombustibles anota, respecto a los precios de febrero 2015, que “el precio del Galón del Biodiesel se estableció en \$10,248.72/Galón, mostrando un aumento de \$516.35/Galón con respecto al mes pasado, alza causada por el aumento en el precio del Aceite de Palma, el ajuste

por inflación del Factor de Producción Eficiente y el incremento en la Tasa Representativa del Mercado, la cual ha tenido un efecto significativo en el precio final del Biodiesel desde septiembre del año 2014⁹.

En esta explicación, la Federación se refiere en realidad, no al precio del biodiesel puro, que no se vende en los mercados nacionales y cuyo precio sería de \$ 11,926.62 al aplicar el mismo procedimiento de cálculo utilizado para establecer el precio del B8, sino al Ingreso al Productor de Biodiesel que no incluye los márgenes a los mayoristas y minoristas, ni los transportes e impuestos.

Gráfica 27: Evolución del Ingreso al Productor de Biodiesel en COL\$ y en USD\$ por galón.



Fuente: Fedebiocombustibles. Febrero 2015.

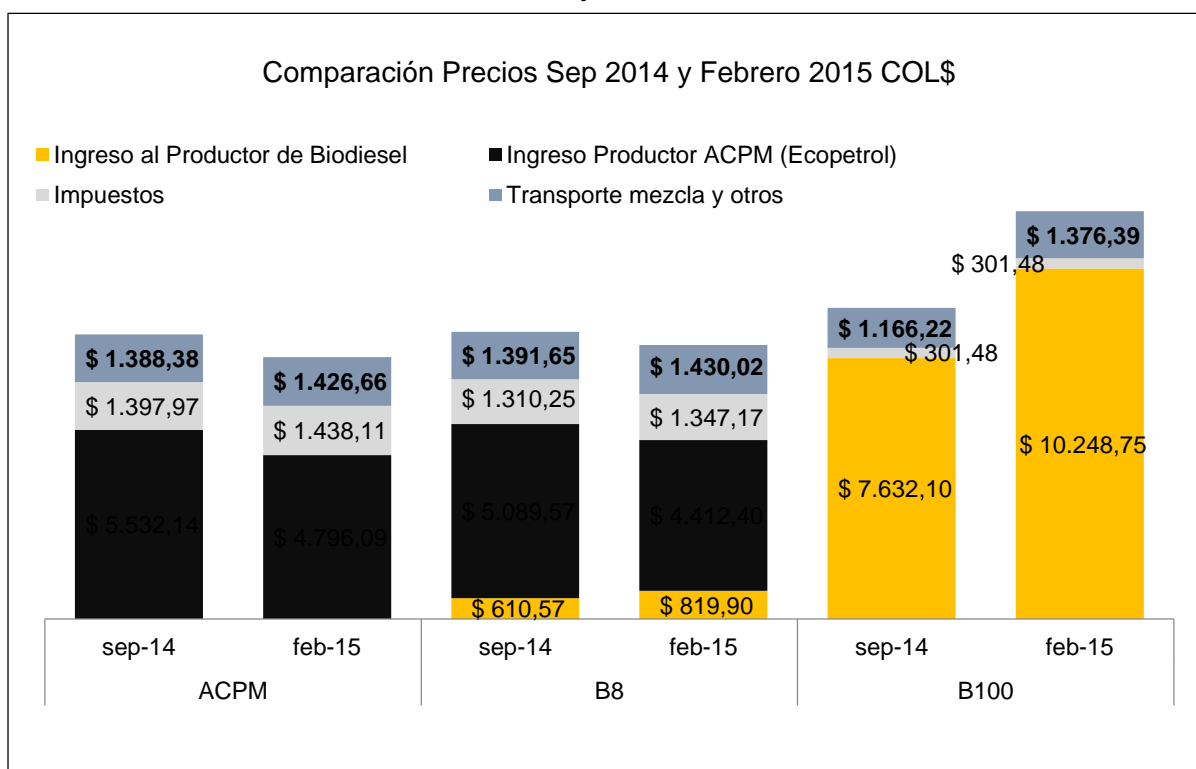
En la Gráfica aparecen los componentes del precio que debe pagar en la estación de servicio el consumidor final del ACPM, del B8 y del biodiesel puro (B100), antes (septiembre 2014) y después de la caída (febrero 2015) de los precios del petróleo. En la situación existente en septiembre de 2014, previa al desplome de los precios del petróleo, el precio por galón al consumidor final en dichos establecimientos era muy parecido para los dos primeros combustibles: para el ACPM \$ 8.318,49 y

⁹ Federación Nacional de Biocombustibles. Febrero 2015. "Informe Mensual Variación de Precios". Dirección Planeación, Desarrollo & Innovación. Análisis Económico

para el B8 \$ 8.402,04. El precio calculado del B100 era de \$ 9.099,80 por galón y estaba un 9,39% más alto que el del B100. En Febrero de 2015 el panorama aparece distinto porque los precios finales del ACPM, B8 y B100, fueron COL\$ 7.660,86, COL\$ 8.009,49, COL\$ 11.625,14, respectivamente, y el precio calculado del B100 fue 51,74% superior al del ACPM a pesar de las exenciones tributarias.

Como se puede apreciar a simple vista en la Gráfica , el IP al productor del ACPM y del Biodiesel es el componente más importante en la conformación del respectivo precio al consumidor final.

Gráfica 29: Composición del Precio al Consumidor Final del ACPM, B8 y Biodiesel puro. COL\$ por Galón.



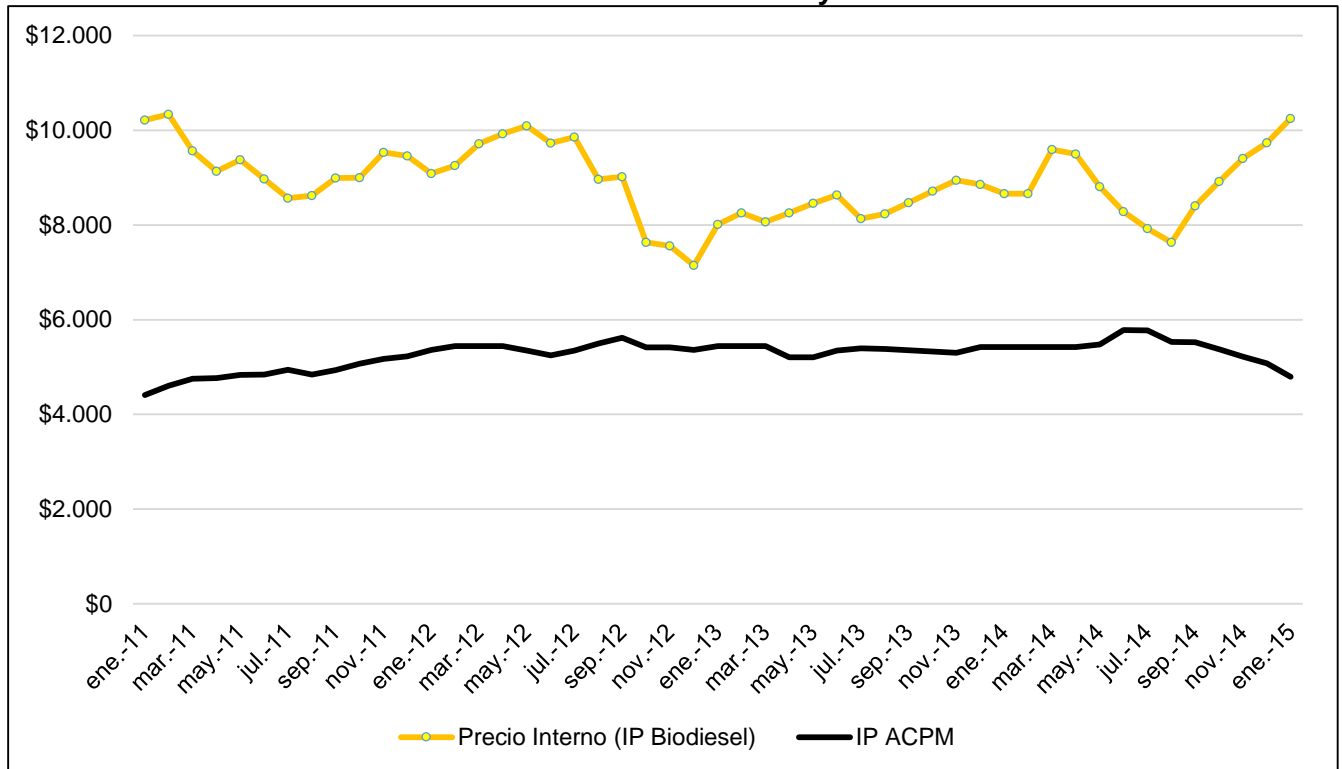
Fuente: ARTURO INFANTE; UPME; Fedebiocombustibles.

La Gráfica 28 muestra la evolución de los mencionados IP. Allí se observa que ante la caída de los precios del petróleo se marcó un cambio en la tendencia de los IP, los cuales empezaron a apartarse en Julio de 2014.

Cuando se analiza la participación porcentual del ingreso al productor de biodiesel en el precio final del B100 en los dos meses en referencia, se encuentra que tal porcentaje subió del 83,87% al 88,16%, lo cual resalta la influencia determinante del IP en el precio final del biodiesel, que de todos modos, acentuó su peso en casi 5 puntos porcentuales. Como el IP está relacionado con el precio

del aceite de palma crudo, es necesario revisar toda la cadena de valor de la palma de aceite para detectar ineficiencias y posibilidades de mejoría en los diversos eslabones que la integran. No se puede culpar únicamente al último eslabón por las ineficiencias y sobrecostos que pueden venir de “aguas arriba”.

Gráfica 28: Evolución del IP del Biodiesel y del IP del ACPM.



Fuente: UPME.

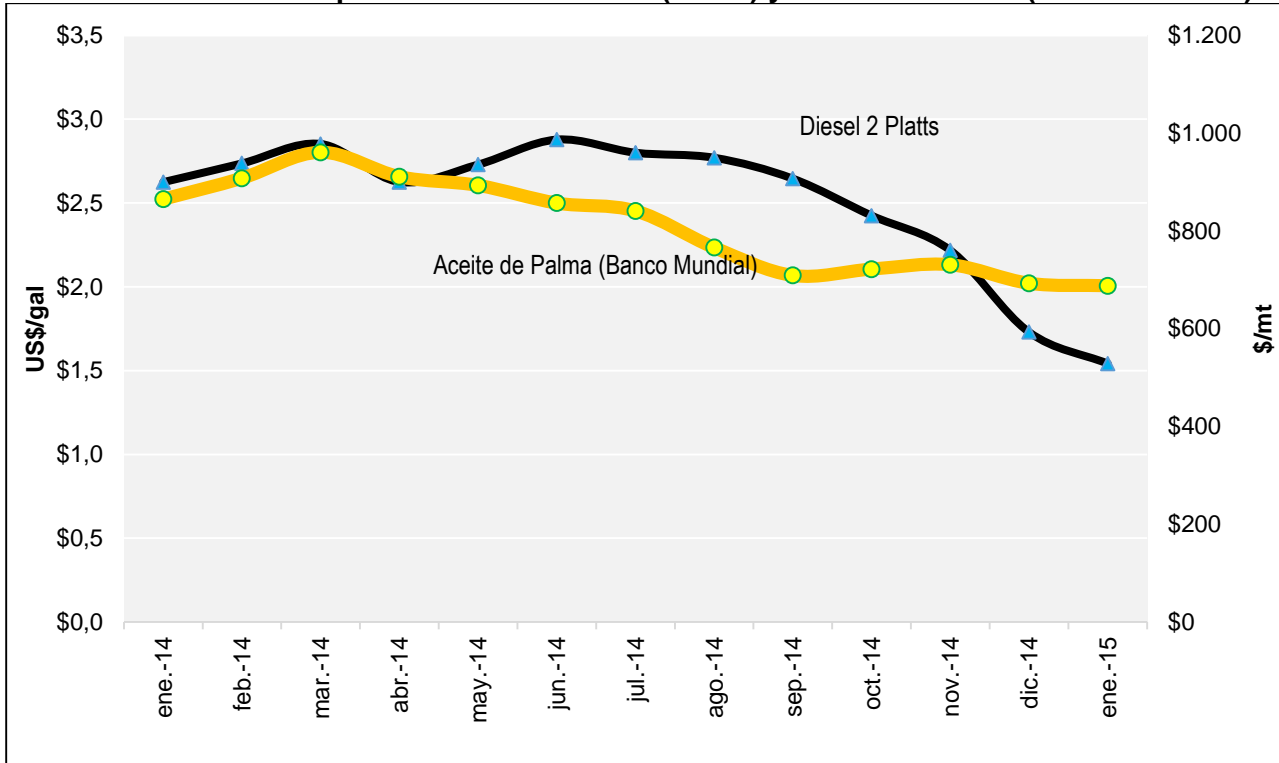
La Gráfica muestra las respectivas series de precios durante el último año, para resaltar la incidencia de la caída de los precios del petróleo que se evidencia con la mayor disminución del precio del Diésel 2, que a partir de diciembre de 2014 se coloca por debajo del precio del Aceite de Palma, que es el principal contribuyente a la conformación del precio del biodiesel de palma.

El entorno internacional muestra un deterioro de la competitividad del biodiesel de palma respecto al Diésel 2, como se aprecia al comparar el precio del combustible fósil con el precio del aceite de palma como principal materia prima del biodiesel de palma.

Para comprender la evolución del precio interno de los componentes de la mezcla, es necesario revisar la forma explícita como se calculan los precios del ACPM y del Biodiesel de palma en Colombia. Este análisis se puede iniciar con la revisión de la Resolución No. 180134 de 29 Diciembre 2005, mediante la cual el Ministerio de Minas y Energía revisa y fija los precios del ACPM y del

biodiesel de palma utilizados en la mezcla. Un componente central en tal resolución es la determinación del *Ingreso al Productor*, tanto de ACPM (que está regulado por la resolución 8 2439 de 1998) como del Biodiesel de palma.

Gráfica 31: Evolución precios Diésel 2 USGC (Platts) y Aceite de Palma (Banco Mundial).



Fuente: UPME.

En términos generales, el *Ingreso al Productor* del biodiesel de palma (IP_{BUMD}) termina siendo una función del precio interno nacional del aceite de palma ajustado por calidad, del factor de producción eficiente del biocombustible (US\$ 177/ton en ese entonces), de la tasa representativa del mercado, del precio internacional del metanol, del costo promedio de nacionalización, logística de puerto y transporte del metanol a la planta de biodiesel.

A su vez, el precio interno nacional del aceite de palma ajustado por calidad depende del CIF Rotterdam del APC, del arancel, de las bonificaciones por calidad, del precio internacional del aceite de soya FOB Argentina, del sebo y de la estearina con sus respectivos aranceles y fletes. También afecta al IP_{BUMD} la ponderación entre la paridad exportación y la paridad importación del ACPM.

De manera resumida, la resolución establece en sus considerandos, que el Ingreso al Productor del biocombustible, es el mayor precio que resulte de los siguientes tres precios:

- Un precio que tome como referencia el costo de oportunidad de los usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para producir los biocombustibles, en este caso se calcula a partir del precio de referencia del mercado interno del aceite de palma, con sus respectivos ajustes por calidad. Adicionalmente, se tendrá en cuenta el precio internacional del metanol como insumo en su producción y el cálculo de un Factor Eficiente de Producción.
- Un precio que tome como referencia los precios internacionales del diésel, medido éste sobre la base actual en la que se fijan los precios internos de nuestro ACPM, es decir, una ponderación entre la paridad exportación y la paridad importación.
- Un precio mínimo que permita atenuar las consecuencias de reducciones considerables en los anteriores precios. Dicho precio se fijó en \$6,545/galón a precios de 2008, bajo un análisis de costos de producción del biocombustible tomando como referencia el costo promedio de las materias primas en los últimos 10 años, el cual se debe actualizar anualmente de acuerdo con el comportamiento del índice de precios al productor en un 70% y del comportamiento de la tasa de cambio en un 30%.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La biomasa que se produce en Colombia proviene casi en un 50% de los sectores azucarero y palmero, aunque la mayoría de los residuos (44,38%) se originan en el sector azucarero. Sin embargo, a esta producción se le debe descontar la biomasa de la caña panelera (18,02%) que se encuentra dispersa y en condiciones muy precarias por impurezas. Aunque el aporte del sector de palma de aceite es bajo (3,56%), es el que tiene mayores posibilidades de aumentar dada la producción nacional de APC que estima crecerá por lo menos en un 50%, con lo cual la biomasa palmera representará cerca del 5,5% del total. Así, entre la caña y la palma se producirá la tercera parte de la biomasa del país.

El sector de la caña utiliza eficientemente la biomasa que produce, especialmente a través del proceso de cogeneración. En el sector de la palma solamente en algunos casos se produce electricidad para atender las necesidades propias de plantas extractoras y no existe la cogeneración. Si la biomasa palmera, tanto la sólida como el biogás, se utilizara para la producción de energía térmica y eléctrica se podría producir aproximadamente 300 MW para entrega a la red, los cuales sumados a lo cogenerado por el sector del azúcar, pondría el aporte de los dos sectores en 500 MW en el año 2018.

La productividad del sector azucarero y del sector palmero viene decayendo desde el año 2004. El promedio quinquenal de las toneladas de azúcar por hectárea ha descendido uniformemente de 14,36 t/ha en 2002-2006, a 13,1 t/h en 2009-2013. El promedio quinquenal del aceite de palma producido por hectárea también ha descendido de 3,96 t/ha en 2004-2005 a 3,29 t/ha en 2009-2013. Esta situación compromete la competitividad internacional del azúcar, del aceite de palma, del etanol de caña y del biodiesel de palma de origen colombiano.

El sector azucarero es más homogéneo y mejor estructurado como clúster de valor que el sector palmero y tiene la ventaja de estar ubicado fundamentalmente en la hoya geográfica del Río Cauca con condiciones edafoclimáticas muy favorables para el cultivo de la caña de azúcar. Además, cuenta con dos productos principales, el azúcar de caña y el etanol de caña, los cuales demandan la materia prima de acuerdo a las condiciones del mercado internacional que frecuentemente es favorable para el azúcar de exportación.

En contraste, el sector palmero está disperso por el país, con plantaciones que en no pocos casos están ubicadas en sitios no aptos para el cultivo de la palma de aceite, bien sea por razones edafoclimáticas o por la presencia muy fuerte de las enfermedades en sus versiones más agresivas, frecuentemente letales.

La variabilidad de la eficiencia de las plantaciones y de las plantas extractoras es muy grande y afecta negativamente al promedio nacional. Es así como se reporta un costo del fruto fresco por tonelada de APC que oscila entre COL\$ 1.430.875 y COL\$ 2.663.733 y un costo de extracción por tonelada de APC que oscila entre COL\$ 50.78 y COL\$ 535.029. Estas son diferencias del 86,16% en el caso del RFF y del 900,62% en la extracción (aquí entra en juego el aprovechamiento de los co-productos y residuos). Por las razones anteriores, el APC colombiano no es competitivo en los

mercados internacionales (USD 684/ton del APC Colombiano versus USD 409/ton del APC Malayo) y por ende, tampoco lo es el biodiesel de palma nacional.

Como los excedentes crecientes del APC colombiano se deben localizar en el mercado interno del biodiesel de palma (871.000 toneladas en 2016 y 1.750.000 toneladas en 2020, de acuerdo con un estimativo conservador) el gremio solicita que se incremente el porcentaje de mezcla del 8-10% actual, al 12-15% futuro. Como las posibilidades de exportación del APC y sus derivados como el biodiesel de palma, tendrían que hacerse a pérdida por el alto costo de producción del APC colombiano, la sostenibilidad financiera del sector depende de una reducción en los costos de producción, de una demanda adicional garantizada con el mandato del incremento de la mezcla o de una combinación de estas opciones.

Esta situación se ha tornado más complicada con la caída internacional de los precios del petróleo que terminó poniendo el ingreso del productor del ACPM a la baja y el IP del productor de biodiesel al alza con una diferencia que en septiembre de 2014 era de \$ 2.100/galón a favor del productor de biodiesel, la cual ascendió abruptamente a \$5.453/galón en febrero de 2015, contexto delicado porque entran en conflicto los intereses del gremio palmero, cuyo futuro depende del aumento en el consumo interno del biodiesel de palma y los del gremio de los transportadores de carga que se ven afectados por un mayor costo de la mezcla en la medida en que esta contenga una proporción mayor de biodiesel.

Por otra parte, en una coyuntura en la cual los ingresos fiscales se han visto fuertemente golpeados por la caída de los precios del petróleo, un incremento de la mezcla implica una reducción de los impuestos cobrados por los combustibles para motores del ciclo diésel que se consumen en Colombia.

En esta situación es indispensable buscar la reducción de los costos de producción del APC, lo cual se puede abordar mediante las siguientes recomendaciones:

- Utilizar el empoderamiento que tiene el ICA mediante la Resolución No. 004170 del 2 de diciembre de 2014 para controlar oficialmente el cultivo de la palma de aceite, no sólo para enfrentar las enfermedades y plagas que azotan a la palmicultura colombiana sino para trabajar conjuntamente con Fedepalma, para evitar que se establezcan nuevas plantaciones en zonas no aptas para el cultivo y para que se erradiquen o transfieran a otros propietarios aquellas que están inadecuadamente ubicadas, pobremente manejadas y muy débilmente financiadas.
- Promover una actitud de mesura respecto a las nuevas plantaciones en cuanto al relativo desconocimiento que se tiene sobre la caracterización de los nuevos materiales recomendados para la siembra por ser tolerantes a las enfermedades (todas las variedades del híbrido alto oleico y los materiales nuevos provenientes de África).
- Promover el estudio y difusión de las posibilidades de complementación y/o sustitución de las plantaciones de palma de aceite por esquemas agropecuarios de alta productividad como los identificados y promovidos por el Centro para la Investigación de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria- CIPAV. Se debe tener en cuenta que Colombia probablemente tiene

una mayor vocación ganadera que agrícola, la cual ha sido desaprovechada y manejada con indolencia, en términos generales.

- Revisar cuidadosamente las condiciones de aptitud y conveniencia de la Orinoquia para el desarrollo masivo de la agricultura intensiva y la producción de biocombustibles. No olvidar que se trata de uno de los sitios del planeta donde el proceso de desertificación es más intenso, por causas naturales.
- Explorar y apoyar el desarrollo de la cogeneración en el sector palmero como mecanismo para aprovechar los coproductos y la biomasa, para así reducir el costo total de producción del APC colombiano. Vale la pena recordar que en el eslabón de las plantas extractoras, nuestro costo de extracción del APC a partir de los RFF es de USD \$204 por tonelada en tanto que el de Malasia es de USD \$20. Este valor negativo proviene de acreditar lo recibido por los procesos colaterales de aprovechamiento de la biomasa y los aceites mismos.
- En cuanto a la cogeneración se debe revisar el Rendimiento Eléctrico Equivalente REE para el sector palmero, dado que para niveles superiores al 15% es muy difícil que la cogeneración palmera sea viable.
- Fomentar la agrupación de las plantaciones de palma en unidades mayores para aprovechar las economías de escala provenientes de la instalación de plantas extractoras de mayor tamaño y sofisticación. Por este solo concepto se podría reducir el costo del APC en USD \$50/ton.
- Estimular la producción de biodiesel de palma refinado donde las partículas de los estéril glucósidos se rebajan a los estándares americanos, lo mismo que los residuos de los triglicéridos acilados que resultan del proceso mismo. Debe advertirse que una empresa ya lo está haciendo, habiendo tenido que incurrir en el costo de instalar una planta nueva porque esto le permite acceder eventualmente a los mercados internacionales y eliminar los problemas de la formación de cristales orgánicos que obstruyen las tuberías y los filtros de los motores y los equipos de las gasolineras.
- Adelantar un estudio de prefactibilidad en una planta extractora existente con caldera y turbina para establecer las posibilidades de cogeneración. Los resultados deben ser del dominio público.

Otras recomendaciones, planteadas al revisar el impacto de la caída de los precios del petróleo en los sectores azucarero y palmero son:

- Buscar la reducción del costo de producción del aceite de palma mediante el aumento de la eficiencia en la producción nacional, resultante de desestimular el establecimiento y continuidad de las plantaciones ubicadas en las zonas no aptas para este cultivo, particularmente en aquellas donde la incidencia de las enfermedades es mayor y donde los recursos hídricos son más limitados.
- Buscar las actividades agropecuarias modernas que puedan complementar o sustituir a las plantaciones de palma de aceite, tales como la ganadería intensiva no estabulada.
- Proceder con mesura en el establecimiento de nuevas plantaciones, teniendo en cuenta el estado temprano en que se encuentra la caracterización de las nuevas variedades del híbrido alto oleico y de otros materiales tolerantes a las enfermedades.

- Buscar la agrupación de las plantaciones en unidades mayores que permitan aprovechar las economías de escala en las plantas extractoras, con el resultado adicional de producir biomasa en cantidades mayores en el mismo sitio
 - Buscar el aprovechamiento de la biomasa en las plantas extractoras, particularmente en cuanto a la opción de la cogeneración.
 - Mejorar la calidad del biodiesel de palma nacional incorporando procesos de reducción de los estéril glucósidos y de los residuos de triglicéridos acilados, con lo cual se controla la formación de cristales orgánicos que obstruyen las tuberías y filtros de los motores y las gasolineras. Esto abre la opción de la exportación del biodiesel de palma colombiano “pulido” y de ampliar el porcentaje de mezcla nacional, desde la perspectiva puramente técnica.
- **Biomasa**
 1. El mercado internacional de los aceites y grasas vegetales se encuentra en estado de crecimiento y el aceite de palma, de acuerdo con las proyecciones hechas para el año 2025, estará representando más del cincuenta por ciento del total mundial. La tendencia proyectada por LMC International es de un crecimiento promedio anual del 3,7%, debido al aumento del consumo per cápita de los aceites vegetales de una población creciente en número y en ingreso. También el fortalecimiento del mercado del biodiesel ha encontrado conveniente utilizar el aceite de palma como materia prima porque no produce grandes cantidades de tortas que pueden afectar la oferta de concentrados de animales y co-productos similares, como sí ocurre con el aceite de soya y de colza.
 2. A pesar de los precios decrecientes en los mercados internacionales, el aceite de palma y su principal competidor y sustituto, el aceite de soya, registran incrementos en la demanda histórica y proyectada. El aceite de soya ha venido acortando la brecha en cuanto a precio respecto al aceite de palma, la cual se redujo de USD \$800 en 1990, a USD \$200 en 2013. Esto ha debilitado la competitividad internacional del aceite de palma.
 3. La brecha se ha reducido como consecuencia de las mejoras en la productividad resultantes de los avances en la genética y la mecanización de la soya. Pero también, a la importancia de la torta de soya como coproducto, que determina que el aceite de soya crudo llegue a los mercados internacionales con un costo CIF negativo.
 4. La pérdida de competitividad del aceite de palma respecto al de soya se debe al incremento en el costo de la mano de obra que ha afectado a los principales productores y a Colombia aún más. Esto plantea un serio dilema porque la generación de mano de obra rural no calificada, ha sido una de las principales justificaciones para la expansión del sector palmero en Colombia. Si para mantener y mejorar la productividad es preciso mecanizar los procesos y reducir los requerimientos de la mano de obra, se presenta un dilema mayor que puede limitar la expansión del sector.
 5. Algo similar ha ocurrido en el sector azucarero en el entorno global. La remolacha azucarera, su principal rival, ha hecho desaparecer la brecha en precios que eran ampliamente favorables

a la caña. Los avances genéticos y la mecanización en la remolacha, junto con el incremento de los costos de la mano de obra en la caña, han sido los factores determinantes de esta situación.

6. La siembra y corte de caña de azúcar se ha mantenido relativamente estable en Colombia y las perspectivas de crecimiento se relacionan con el establecimiento de plantaciones en regiones con menores productividades y mayores costos, como es el caso de la altillanura de la Orinoquia.
7. La siembra de palma de aceite ha tenido un considerable crecimiento en el país pero la productividad se ha visto seriamente afectada por las enfermedades, las malas prácticas administrativas y de manejo de las plantaciones, así como de la inadecuada calidad de los materiales sembrados en algunas plantaciones.
8. En el mercado internacional Colombia es un actor muy pequeño frente a Indonesia y Malasia que producen casi el 90% del aceite de palma mundial. Si a esto se suma la buena productividad de estos países y el pobre desempeño de Colombia, las perspectivas mundiales son muy limitadas para nuestro país.
9. La utilización de la biomasa en las biorefinerías constituye una opción para generar coproductos que puedan compartir el costo de producción y extracción del aceite de palma, tal y como acontece con el aceite de soya. Esto ya lo logró Malasia donde el costo de extracción es negativo por el uso de la biomasa.
10. Lo presentado ilustra claramente la perspectiva internacional en la que mayores costos de mano de obra (el empleo bien remunerado o en mayor cantidad) es contradictor de la competitividad en el caso de las industrias de la palma y de la caña de azúcar. En ese mismo orden de ideas, un factor clave a ser incorporado para rebajar los altos costos de la producción nacional radica en la mecanización de la actividad agrícola. Siendo que esto va en contravía del propósito de una política pública para generar empleo y prosperidad en el campo, el país se ve enfrentado a una encrucijada interesante de la cual debe surgir con algún tipo de propuesta innovadora.
11. Existe la posibilidad de mejorar la competitividad específica del sector palmicultor a través de la utilización o el desarrollo de nuevos co-productos que compartan los costos de producción, especial y posiblemente a través de la implementación del concepto de biorefinería. Este esquema puede ser aplicado a otros sub-sectores donde el aprovechamiento de co-productos que involucren la bioenergía aumente su competitividad (ej. Molinos de arroz que usen la cascarilla de arroz, o esquemas de ganadería estabulada que utilicen eficientemente la bovinaza).
12. De las opciones de procesos en las plantas extractoras de aceite de palma para convertirlas en biorefinerías, la más atractiva es la cogeneración aprovechando la biomasa que se produce en el procesamiento de los racimos de fruta fresca. Es posible construir la capacidad de generación de 500 o más MW, en el horizonte 2015-2020, estimulando la instalación de turbinas de

condensación. La Ley 1715 incluye los incentivos que pueden facilitar la realización de estas inversiones porque la cogeneración con biomasa agrícola puede acceder al cargo por confiabilidad de acuerdo a la Resolución CREG 153 de 2013.

13. Un elemento decisivo para el aprovechamiento del potencial de cogeneración palmera es la presión del vapor del sistema, lo cual depende de las especificaciones de la caldera. Para calderas de presión inferior a 60 bares es muy difícil cumplir con las exigencias de la CREG en cuanto a los mínimos del Rendimiento Eléctrico Equivalente (REE) requeridos. Las calderas deben ir acompañadas de las turbinas adecuadas que deben ser de multietapa o, por lo menos, de condensación. Estos sistemas, sin embargo, tienen un alto costo de inversión.
14. La decreciente productividad de la caña de azúcar y de la palma de aceite en cuanto al tonelaje producido por hectárea de azúcar y de aceite de palma crudo, es preocupante y pone a los sectores en entredicho, particularmente al palmero. Esta situación se debe entender y corregir en la medida de lo posible para evitar que estos sectores, en lugar de constituirse en pilares del desarrollo del país, se conviertan en cargas pesadas.

- **Biocombustibles**

1. Se debe analizar cuidadosamente el tema de la calidad del biodiesel de palma colombiano respecto a su comportamiento en ambientes de baja temperatura, teniendo en cuenta la presencia de los elementos menores como el estéril glucósido que pueden ocasionar muchos problemas en cuanto a la precipitación de cristales sólidos que obstruyen las tuberías y los filtros.
2. Las mezclas de biodiesel de palma se pueden incrementar a un B12 sin mayores problemas en cuanto al suministro y comportamiento del biocombustible en climas cálidos. Como se anotó en la conclusión anterior, para el altiplano Cundiboyacense y Nariño, debe estudiarse la exigencia de un biodiesel más pulido en cuanto a los niveles de elementos menores. Por ahora, parece que solamente dos plantas están incorporando procesos para conseguir esto. Una planta simplemente está empezando a instalar un proceso completo nuevo; otra está considerando incluir una etapa de limpieza que se encuentra en los trámites de ser patentada. Si la patente y el proceso tienen éxito, su incorporación a las plantas existentes podría ser una solución al comportamiento del biodiesel de palma en los ambientes fríos.
3. Debe estudiarse la posibilidad de producir dos tipos de biodiesel de palma en Colombia. Uno para climas cálidos, que los malasios denominan biodiesel de verano y otro para todos los climas con una baja concentración certificada de elementos menores (posiblemente menos de 15 ppm de estéril glucósidos) y que se podría llamar el biodiesel pulido o biodiesel súper. Este nuevo tipo de biodiesel puede tener posibilidades de ser exportado a los países templados. ¿Diferenciar los dos tipos de biodiesel en cuanto a precio? o con un mandato sobre las zonas donde se puede comercializar, o con una perspectiva más audaz, autorizando mezclas obligatorias mayores para el biodiesel pulido.

4. No parece probable que en el próximo quinquenio se produzcan incrementos significativos en las áreas plantadas con palma de aceite, azúcar de caña u otros cultivos industriales, ante el ambiente de gran incertidumbre que presenta el futuro nacional. En el caso de la palma, es probable que los esfuerzos se orienten a renovar las plantaciones con materiales más tolerantes a las enfermedades y las plagas (híbrido alto oleíco) a pesar de su mayor complejidad y costo. Esto implica que la disponibilidad de biomasa en el futuro puede no crecer de manera significativa y que los volúmenes mínimos para adelantar los diferentes procesos no se alcancen. La cogeneración parece ser la actividad que tiene más posibilidades de éxito, aunque la dispersión de los núcleos donde puede desarrollarse, impide que se configuren las escalas mínimas requeridas para hacer viables y sostenibles los proyectos. El tema de las calderas es crítico, en este contexto
5. Los aspectos técnico-industriales son muy importantes en la actualidad. Es necesaria una renovación de procesos y de incorporación de las nuevas tecnologías e innovaciones que se han venido presentando en el mundo. Esto implica mayores inversiones y un grado de riesgo que puede ser considerable. También requiere el repensar las cadenas productivas de valor, como es el caso del sector de la palma de aceite, donde es imperativo que la cadena tienda y llegue a operar como un “cluster” y no como un conjunto de protagonistas desarticulados que no se ayudan para progresar para luego, sí entrar competir. El país no puede continuar operando con una cadena de valor trunca, donde se separan las actividades “agrícolas” de las “industriales”, como si la integración de estas actividades no fuera parte del éxito de los grandes productores del sudeste asiático
6. Las perspectivas del etanol están ligadas a la expansión y productividad de la caña de azúcar en el país, las cuales no parecen tener expansiones significativas en el futuro. En consecuencia, no es posible pensar en mezclas de etanol superiores al E15 sin contemplar importaciones de los grandes productores como Brasil o los Estados Unidos
7. Ante la caída de los precios del petróleo y la divergencia creciente entre el Ingreso al Productor del Biodiesel y el IP del ACPM, no parece viable incrementar la mezcla porque de hacerlo se aumentaría el costo de la mezcla obligatoria a expensas del consumidor final, particularmente de los transportadores de carga. Antes de expandir obligatoriamente el consumo del biodiesel de palma colombiano, es preciso iniciar la corrección de las ineficiencias en la producción de aceite de palma y el aprovechamiento de los coproductos como la biomasa sólida utilizable en la cogeneración donde las consideraciones técnicas relacionadas con las calderas y turbinas son de especial relevancia.

BIBLIOGRAFIA

- Asocaña. 2014. "Aspectos Generales del Sector Azucarero 2013-2014" FEPA.
- Cenipalma. 2014. Ceniavances. No 176. Abril 2014.
- Cenipalma. 2014. Ceniavances. No 178. Octubre 2014.
- Dunn R.O. 2009. "Effects of minor constituents on cold flow properties and performance of Biodiesel". Progress in Energy and Combustion Science.
- Fedebiocombustibles. 2014. "Evaluación beneficio-costo del uso del Biodiesel como componente en la formulación del diesel distribuido en Colombia" Estudio realizado por Energías Limpias y Renovables de Colombia S.A.S. (ELRC).
- FEDEPALMA. 2014. Boletín Económico Junio 2014.
- FEDEPALMA. 2014. Boletín Económico Octubre 2014.
- FEDEPALMA. Sistema de Información Estadística del Sector Palmero (SISPA).
- FEDEPALMA 2014. "Anuario Estadístico – La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo-2009-2013".
- Gómez H. J, Malagón J. Ruiz C. 2014. Colombia frente a una destorcida en los precios del petróleo. Cuadernos PNUD. ISBN: 978-958-8863-86-3 2014.
- Guterman L. Consultora DG, 2014 "Medición de Costos de Producción e Indicadores de Productividad Laboral en la Agroindustria de la Palma de Aceite en Colombia 2011 – 2012".
- Lee I, Pfalzgraf LM, Solheim L, Bloomer S. 2007 "Processes of producing biodiesel and biodiesel produced therefrom. US Patent Appl 20070151146; Julio 5, 2007.
- Rajagopal D., Zilberman D., 2007 " Review of Environmental, Economic and Policy Aspects of Biofuels" Policy Research Working Paper. Banco Mundial. WPS4341.
- Reporte Multicliente de LMC International "The LMC Oilseeds & Oil Report. 2013 Report" Report.
- Reporte Multicliente de LMC International "Profiting from the EU Biodiesel Market. The choice of Raw Materials and Production Locations". 2006.
- Infante A, Ecología y Entropía Ltda. 2004. "Estudio sobre la Prefactibilidad Técnica y Económica de la Producción en Colombia de los Derivados del Aceite Crudo de Palma como Carburantes para Motores de Ciclo Diesel". Estudio realizado para FEDEPALMA.
- Infante A. 2008 "Informe Final. Coordinación del Desarrollo Sostenible de los Biocombustibles en Colombia" Contrato FONADE – ANH 2071277.
- UPME. 2014 "Preliminares para la Formulación de una Política Nacional de Biomasa y Bioenergía". Documento interno de trabajo.
- UPME. 2014. "Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia" Revisión noviembre de 2014. Documento Interno.