

**CONSULTORÍA PARA EVALUAR LAS ACTUALES
METODOLOGÍAS DE REMUNERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES
EN COLOMBIA**

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

Entregable 1: Plan de trabajo

Coordinador General

Juan Benavides

Consultores Senior

David Forero

Sergio Cabrales

15 de octubre de 2024



FEDESARROLLO

Centro de Investigación Económica y Social

Consultoría para evaluar las actuales metodologías de remuneración de biocombustibles en Colombia

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

Entregable 1: Plan de trabajo

15 de octubre de 2024

S1. Cronograma detallado

Se ajustan los tiempos para los entregables 2 y 3, como se presenta a continuación, sin modificación de la duración total del proyecto, como se muestra a continuación:

ANEXO G - Cronograma/Plazo

No.	Entregables (D-..)	Semanas												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
D - 1	Informe A: Plan de trabajo													
	S1. Cronograma detallado	0,5												0,5
	S2. Comité de seguimiento de avance	0,5												0,5
	S3. Ajuste de metodologías		1,0											1,0
D - 2	Informe B: Revisión de mecanismos de remuneración y regímenes de competencia de Colombia y otros países													
	S1. Revisión de mecanismos de remuneración y regímenes de competencia de Colombia y otros países			0,5										0,5
	S2. Evaluación reflexiva, entrevistas y diagnóstico			0,5	0,5	0,5	0,5							2,0
D - 3	Informe C. Propuestas de ajuste de precios y mezcla													
	S1. Alternativas de metodología					0,5	0,5							1,0
	S2. Proyecciones y simulaciones							0,5	0,5	0,5	0,5			2,0
	S3. Evaluaciones e impactos (CBA, FEPC, Análisis de impacto regulatorio)							0,5	0,5	0,5	0,5			2,0
D - 4	Informe D. Recomendaciones de mejora regulatoria en la remuneración de biocombustibles con criterios evaluados (duración: 2 semanas)													
	S1. Policy brief de la alternativa recomendada										1,0			1,0
	S2. Recomendaciones de implementación											1,0		1,0

S2. Comité de seguimiento de avance

Se ha conformado un Comité de Monitoreo de Avance junto al equipo del BID y del MHCP que se reunirá de manera quincenal, con una agenda de revisión de cumplimiento del cronograma, los entregables, y de discusión de alto nivel de los hallazgos que surjan durante el desarrollo del proyecto.

S3. Ajuste de metodologías

Para tener una mejor secuencia en el desarrollo de los productos, se propone el traslado de la actividad de Evaluaciones e impactos al Entregable 3, como se muestra en el nuevo cronograma. El contenido detallado de las secciones y subsecciones se presenta a continuación:

Entregable 2. Revisión de mecanismos de remuneración y regímenes de competencia de Colombia y otros países

S1. Revisión bibliográfica y lecciones internacionales

1.1. El sector de producción de biocombustibles en Colombia

1.2. La normativa de Colombia: resumen y balance preliminar

1.3. La experiencia internacional

S2. Evaluación reflexiva, entrevistas y diagnóstico

2.1. Evaluación reflexiva

2.2. Balance de las entrevistas

2.3. Diagnóstico de la normativa

Entregable 3. Propuestas de ajuste de precios y mezcla

S1. Alternativas de metodología

1.1. Criterios para la selección de la nueva metodología

1.2. Propuestas

S2. Proyecciones y simulaciones

2.1. Cambios en precios

2.2. Cambios en cantidades y comercio exterior

2.3. Cambios en emisiones

S3. Evaluaciones e impactos

3.1. Análisis costo-beneficio, salud pública y pobreza energética

3.2. Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles

3.3. Evaluación de impacto regulatorio (EIR) simplificada

Entregable 4. Recomendaciones de mejora regulatoria en la remuneración de biocombustibles teniendo en cuenta criterios económicos, ambientales, de comercio internacional y jurídicos

S1. *Policy brief* de la alternativa recomendada

S2. Recomendaciones de implementación

**CONSULTORÍA PARA EVALUAR LAS ACTUALES
METODOLOGÍAS DE REMUNERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES
EN COLOMBIA**

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

**Entregable 2: Revisión de mecanismos de remuneración y
regímenes de competencia de Colombia y otros países**

Coordinador General

Juan Benavides

Consultores Senior

David Forero

Sergio Cabrales

26 de noviembre de 2024



FEDESARROLLO

Centro de Investigación Económica y Social

Consultoría para evaluar las actuales metodologías de remuneración de biocombustibles en Colombia

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

26 de noviembre de 2024

Entregable 2: Revisión de mecanismos de remuneración y regímenes de competencia de Colombia y otros países

Resumen

La introducción de los biocombustibles en Colombia corresponde a una política de diversificación de combustibles líquidos y promoción industrial, definida hace cerca de 20 años. Los biocombustibles han reducido la presión sobre la refinación doméstica y las importaciones de combustibles fósiles, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 'del pozo a la rueda (Well-to-Wheels)' y a la reducción de emisiones de material particulado. El primer aporte es un impacto sobre la macroeconomía y, en menor proporción a la balanza de pagos (hay un *swap* de importaciones de combustibles fósiles por importaciones de alcohol carburante). El aporte en reducción de GEI no se ha evaluado en comparación con otras intervenciones de descarbonización del transporte dentro de una curva de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas in inglés) de GEI del transporte, que es el sector individual que más contribuye a las emisiones de GEI (cerca del 12% del total).

La formación de precios del etanol varía según las características de cada país. Por ejemplo, en Estados Unidos y Brasil, el precio se determina por la oferta y la demanda, con particularidades como los subsidios al maíz en EE. UU. y la integración con la industria azucarera en Brasil. Por su parte, Indonesia, Argentina y Colombia utilizan fórmulas micro manejadas.

En muchos períodos, el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante supera el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de maíz proveniente de Estados Unidos (subsidiado), lo que genera incentivos para importar etanol. Por su parte, el IP del biodiésel ha sido consistentemente más alto que el del diésel fósil, debido tanto a los desahorros del FEPC aplicados al IP del diésel fósil, que no se han eliminado, como a la fórmula del IP para biocombustibles.

La producción de materia prima y de biocombustibles ya pasó por su etapa de industria naciente. El sector debe aumentar la productividad y sostenibilidad de su producción, competir con otras alternativas de descarbonización y/o diversificar su producción en nichos de alto valor agregado con base en I+D+i masivas. La política de biocombustibles debe actualizarse para que tenga como objetivo central el cumplimiento de los compromisos NDC de descarbonización del transporte para 2030 de manera competitiva, y como objetivo complementario la inserción de la industria productora de insumos en una industria 4.0 basada en biotecnología y la producción diversificada de bienes de alto valor agregado.

Índice

Sección 1. Revisión bibliográfica y lecciones internacionales

- 1.1. El sector de producción de biocombustibles en Colombia
- 1.2. Reducción de GEI y material particulado de los biocombustibles
- 1.3. La normativa de Colombia: resumen
- 1.4. La experiencia internacional

Sección 2. Diagnóstico de la normativa, entrevistas y evaluación reflexiva

- 2.1. Diagnóstico de la normativa
- 2.2. Ingreso al productor (IP) de alcohol carburante
- 2.3. Ingreso al productor (IP) del biodiésel
- 2.4. Balance de las entrevistas
- 2.5. Evaluación reflexiva

Apéndice. Entrevistas

Sección 1. Revisión bibliográfica y lecciones internacionales

1.1. El sector de producción de biocombustibles en Colombia

La producción de biocombustibles se introdujo con la Ley 693 de 2001 para promover la diversificación de la canasta energética. Con su implementación se “permitió ampliar el espectro en el uso de los biocombustibles generando las condiciones para estimular la producción y comercialización de biocombustibles no solo de origen vegetal, sino de origen animal, para su uso en motores diésel” (UPME, 2009)¹. En el 2005 se introdujo un requerimiento de 5% de biodiesel en la mezcla del combustible para transporte. El Decreto 2629 de 2007 define las mezclas obligatorias de biocombustibles en 10% a partir de 2010, y 20% a partir de 2012, así como la obligación de que a partir de 2012 el parque automotor nuevo y demás artefactos nuevos a motor deben ser *flex-fuel* como mínimo al 20%, tanto para mezcla E-20 (80% de gasolina básica de origen fósil con 20% de alcohol carburante) como para B-20 (80% de diésel de origen fósil con 20% de biocombustibles) (Delgado y col., (2015).

Como se observa en la Tabla 1, Colombia cuenta con ocho plantas de producción de biodiesel y siete para la producción de bioetanol.

Tabla 1. Capacidad instalada de biocombustibles de Colombia (2024)

Productor biodiésel	Biodiésel (ton/año)	Productor bioetanol	Bioetanol (litros/día)
Manuelita	120.000	Incauca	350.000
BioD	244.000	Providencia	300.000
Ecodiesel	150.000	Manuelita	250.000
Bgreen	77.200	Mayagüez	250.000
BioSC	110.000	Riopaila	400.000
Oleoflores	No operativa	Risaralda	100.000
La Paz	75.000	Bionergy*	504.000
Biocastilla	-		
Alpo	12.000		
Odin	No operativa		
TOTAL BIODIÉSEL	788.200	TOTAL BIOETANOL	2.154.000

Fuente: FedeBiocombustibles (2023). Nota: *No tiene en cuenta zafra en el promedio.

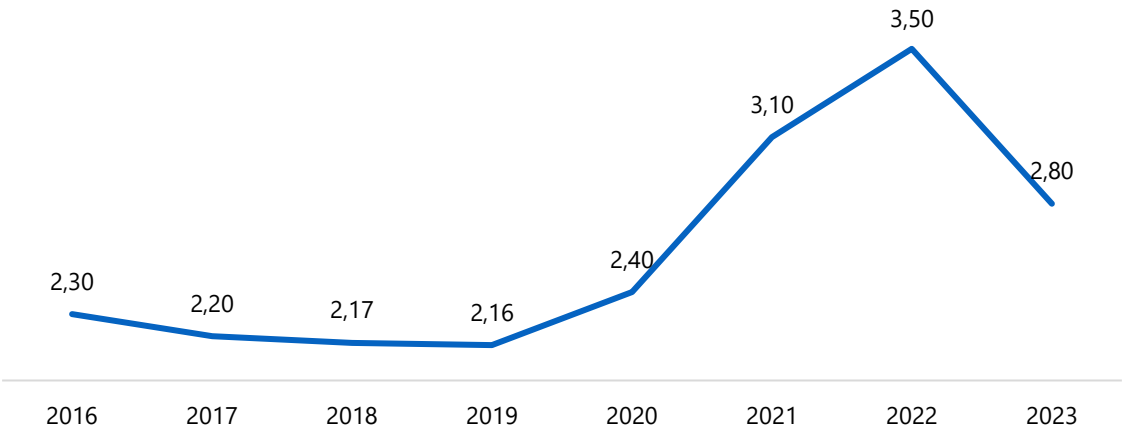
El alcohol carburante se produce principalmente a partir de la caña de azúcar y el biodiésel se produce principalmente a partir de aceite de palma, una de las principales oleaginosas cultivadas en el país. En el 2023, se comercializaron 700 mil toneladas de biodiésel, lo que representa un crecimiento del 2% respecto al año anterior. Por su lado, las ventas de bioetanol alcanzaron 81

¹ Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). (2009.). Biocombustibles en Colombia [PDF]. https://www.upme.gov.co/docs/biocombustibles_colombia.pdf

millones de galones (Fedebiocombustibles 2024).² En 2022 se consumieron 685 mil toneladas o 207 millones de galones de biodiésel de aceite de palma en el sector de transporte de carga, pasajeros, paqueteo y mercancías. Por segundo año consecutivo rompió su registro de consumo, con un crecimiento cercano al 8% respecto del 2021, apostándole de manera concreta y contundente a la transición energética justa. Por otro lado, 17 millones de vehículos particulares, taxis y motocicletas que circulan por el país, usaron 394 millones de litros de alcohol carburante en ese mismo año.

El sector de biocombustibles representó el 2,8% PIB de manufactura en 2023. Cayó con respecto al 2022 en 7 p.p., debido a la reducción de los precios promedio del biodiésel y la reducción en la producción de bioetanol de caña (Fedebiocombustibles 2023). La Gráfica 1 muestra la evolución del PIB de biocombustibles en Colombia desde 2016.

Gráfica 1. Aporte de los biocombustibles al % del PIB de manufactura



Fuente: DANE – Fedebiocombustibles. Adaptado de Fedebiocombustibles (2023).

En 2023, y para todo tipo de consumos, se dedicaron 223,905 hectáreas al cultivo de caña de azúcar y 404,104 hectáreas a la palma de aceite. En el caso del etanol, el factor crítico de sostenibilidad es la capacidad de producirlo sin protecciones arancelarias, apelando a las ganancias de productividad provenientes de la I+D+i, y en el caso del biodiésel, son las consideraciones ambientales. Según la Federación Nacional de Biocombustibles (Fedebiocombustibles 2023), este sector podría generar hasta 49,000 nuevos empleos en los próximos 12 años. Actualmente, la industria de biocombustibles aporta alrededor de 90,000 empleos directos e indirectos, principalmente en áreas rurales.

Las plantas productoras de etanol en Colombia están integradas con la agroindustria de la caña de azúcar. El etanol producido localmente cubre más de la mitad de la demanda nacional, mientras que

² Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (Fedebiocombustibles). (2024). Los Biocombustibles son una alternativa clave para la descarbonización de Colombia. <https://fedebiocombustibles.com/2024/02/28/con-biocombustibles-sector-transporte-redujo-32-millones-de-emisiones-en-el-2023/>

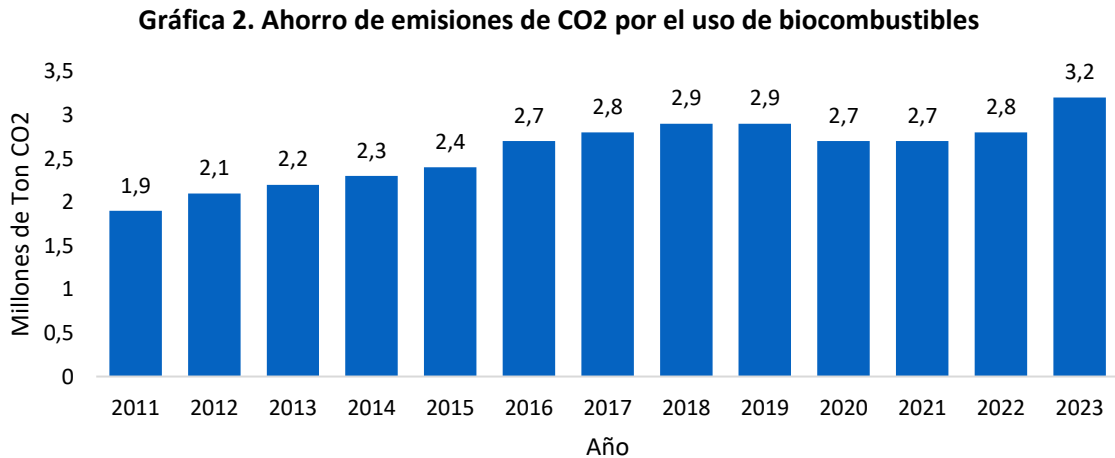
el resto se complementa con importaciones, principalmente desde Estados Unidos. Su costo de oportunidad debe ser el precio de paridad de importación.

Las plantas de biodiésel se abastecen de aceite de palma. Este tipo de producción involucra una serie de procesos industriales para convertir el aceite en biodiésel, integrando también actividades de extracción y refinación de aceite. El biodiésel doméstico cubre la totalidad de necesidades de mezcla con combustibles fósiles y potencialmente podría ser un producto de exportación. Su precio de paridad debe ser el precio de paridad de exportación.

Según el Informe Anual 2023 de FedeBiocombustibles, más de 90,000 empleos directos e indirectos están vinculados a la industria de biocombustibles en Colombia. Esto contribuye directamente al PIB manufacturero al aumentar la producción y mejorar la sostenibilidad económica del sector. La expansión del sector de biocombustibles tiene un efecto multiplicador en la economía, estimulando sectores conexos como transporte, maquinaria agrícola y servicios financieros. La inversión en investigación y desarrollo también ha fortalecido la capacidad productiva y la innovación dentro del sector manufacturero. El uso de biocombustibles ha reducido los volúmenes de importación de combustibles fósiles, generando ahorros que se reinvierten en el sector productivo local. Esto contribuye a mejorar la competitividad de la industria manufacturera colombiana en los mercados internacionales.

1.2. Reducción de GEI y material particulado de los biocombustibles

El uso de etanol y biodiesel ha evitado la emisión de más de 34 millones de toneladas de CO₂ equivalente desde 2011 (ver Gráfica 2), contribuyendo al 84% de la reducción total de emisiones en el sector transporte³.



Fuente: adaptado de FedeBiocombustibles (2023).

³ FedeBiocombustibles. (2023). Informe Anual 2023.
<https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Anual-2023-FNBC.pdf>

La Resolución 1962 del 2027 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció un valor máximo de intensidad de carbono (IC) para el etanol combustible, basado en el inventario de gases de efecto invernadero (GEI). Esta normativa busca incentivar la reducción de las emisiones asociadas a la producción y uso del etanol.

La industria azucarera colombiana asumió el compromiso de reducir en un 20% las emisiones de GEI respecto al nivel base de 2016, cuando la IC del etanol de caña se estimó en 52.8 gCO₂e/MJ. Para 2021, este esfuerzo logró disminuir la IC a aproximadamente 42.3 gCO₂e/MJ, lo que representa una reducción del 61% en las emisiones del etanol en comparación con la gasolina. Además, un estudio realizado por Cenicaña en 2020 calculó un valor promedio de IC de 31.5 gCO₂e/MJ, por debajo del límite obligatorio establecido por la normativa.

Aunque no existen regulaciones específicas para la huella de carbono del biodiésel, un estudio realizado en 2012 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en colaboración con el gobierno colombiano concluyó que el biodiésel de palma podría reducir las emisiones de GEI en un 83% en comparación con el diésel fósil. Investigaciones más recientes resaltan el potencial de Colombia para producir biodiésel sostenible a partir de palma, siempre y cuando se implementen medidas estrictas para prevenir la deforestación. Sin embargo, las emisiones de GEI asociadas al biodiésel de palma aún no se han reportado de manera formal a nivel nacional.

Los combustibles renovables han ayudado a disminuir la emisión de 800 toneladas anuales de material particulado, un contaminante asociado a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. El sector de biocombustibles reportó una reducción de aproximadamente 81 mil toneladas de material particulado hasta 2022.

La Organización Mundial de la Salud ha establecido un umbral máximo de 10 microgramos por metro cúbico (µg/m³) de material particulado en el aire, pero los niveles de contaminación de Bogotá (15 µg/m³), por ejemplo, está por encima de este nivel (Florence School of Regulation 2020)⁴. El Banco Mundial y el IHME (2016)⁵ encontraron que, en 2013, el total de fallecidos por contaminación del aire en América Latina y el Caribe fue 173,000, que corresponde al 4,7% del total de fallecidos en la región. Los fallecidos por contaminación con PM_{2.5} en la región fueron 101,000 en 2013. Los fallecidos por PM_{2.5} ambiental son 25 por cada 100.000 habitantes.⁶ De acuerdo con

⁴ Florence School of Regulation. (2020). Electromobility in Latin America and the Caribbean. Can electromobility help solve health, traffic, environment and energy problems in Latin America and the Caribbean (ALC)?

<https://fsr.eui.eu/electromobility-in-latin-america-and-the-caribbean-gearing-up-for-a-revolution/>

⁵ Banco Mundial y el Instituto para la medición y evaluación de la salud (IHME). (2016). The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25013>

⁶ Benavides, J. (2022). INFRAESTRUCTURA Y ECONOMÍAS DE AGLOMERACIÓN EN LAS CIUDADES DE ALC. Documento de trabajo preparado para la Red de Ciudades del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Supervisora: María Camila Uribe, División de Desarrollo Urbano y Vivienda.

la Organización Mundial de la Salud (2024)⁷, Colombia registró 13.082 muertes atribuibles a la contaminación del aire por enfermedades como infecciones respiratorias de vías inferiores, cáncer de tráquea, pulmón o bronquios, cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares (53.1 muertes por 100 000 habitantes) en 2019).

1.3. La normativa de Colombia: resumen

El marco normativo de biocombustibles en Colombia, compuesto por leyes, decretos y resoluciones emitidas desde 2001, se ha centrado principalmente en promover el uso de etanol y biodiésel a través de incentivos fiscales, regulaciones sobre mezclas obligatorias y mecanismos para garantizar precios mínimos a los productores. Sin embargo, se ignora si su contribución a la reducción de emisiones de GEI en transporte a las que se ha comprometido Colombia los compromisos de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) son de menor costo incremental de abatimiento que otras medidas. Además, el compendio normativo no promueve la incorporación de los avances tecnológicos en biotecnología.

El compendio normativo de biocombustibles de Colombia incluye las siguientes disposiciones:

- Ley 693 de 2001. Establece normas sobre el uso de alcoholes carburantes, crea estímulos para su producción, comercialización y consumo.
- Ley 788 de 2002. Exime del IVA al alcohol carburante con destino a la mezcla con combustible motor. Exonera del pago del impuesto global y sobretasa al porcentaje de alcohol carburante mezclado con gasolina motor.
- Las Leyes 788 de 2002 y 939 de 2004 permiten que los productores locales de biocombustibles se beneficien de incentivos fiscales.
- El Ingreso al Productor (IP) de *alcohol carburante* está reglamentado por la Resolución 181088 de 2005, modificada por las Resoluciones 180222 de 2006, 181232 de 2008, 180825 de 2009 y más recientemente por la Resolución 180643 de 2012.
- Decreto 2629 de 2007. Promueve el uso de biocombustibles en vehículos y artefactos a motor. Obliga a importadores, ensambladores y comercializadores a garantizar el correcto funcionamiento de motores *flex-fuel*.
- CONPES 3477 de 2007. Establece la "Estrategia para el desarrollo competitivo del sector palmero colombiano", que incluye lineamientos para la producción sostenible de biocombustibles.
- CONPES 3510 de 2008. Define lineamientos para la producción sostenible de biocombustibles. El documento enfatiza la importancia de la certificación de calidad y sostenibilidad en la cadena de producción.
- El Ingreso al Productor (IP) de biodiésel para uso en motores se reconoce como el precio máximo al mayor entre los siguientes tres valores (Resoluciones 181966 de 2011, 181489 de 2012, 91566 de 2012 y 41010 de 2018):

⁷ Organización Mundial de la Salud. (2024). Leading causes of death, Colombia.
<https://data.who.int/countries/170>

- Resolución 40111 de 2021. Define el contenido máximo de alcohol carburante (etanol) en la mezcla con gasolina motor corriente y extra, así como el contenido de biocombustible (biodiésel) en la mezcla con combustible diésel fósil. Según esta normativa, a partir de septiembre de 2021, las mezclas deben contener un 10% de biocombustible, ya sea etanol en la gasolina o biodiésel en el diésel, con un 90% de combustible fósil correspondiente.
- Resoluciones del Ministerio de Minas y Energía. Definen porcentajes mínimos de mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles (B10, B12, etc.), parámetros de calidad, metodologías de cálculo de precios, entre otros aspectos técnicos. La lista completa de resoluciones sobre precios se encuentra ordenada en la página web de Fedebiocombustibles⁸.
- La disposición más reciente sobre mezcla para biodiésel es la Resolución 40421 del 29 de diciembre de 2021 - Por la cual se modifica el contenido del biocombustible – biodiesel en la mezcla con diésel fósil y se dictan otras disposiciones, con el fin de darle continuidad al abastecimiento en el territorio nacional, y para para etanol, es la Resolución 40148 del 1 de junio de 2023 - Por la cual se adoptan medidas temporales en relación con el contenido máximo de alcohol carburante – etanol en la mezcla con gasolina motor corriente y extra a nivel nacional, excepto para los departamentos de Nariño y Cauca.
- La disposición más reciente sobre precios es la Resolución 40276 del 31 de julio de 2024 - Por la cual se establece el ingreso al productor del alcohol carburante y del biocombustible para uso en motores diésel, que regirá a partir del 3 de agosto de 2024.

1.3. La experiencia internacional

Se describen las experiencias de formación de precios de biocombustibles en Argentina, Brasil, Estados Unidos e Indonesia, que reflejan diversas políticas y uso de la competencia para determinar el Ingreso al Productor. Al final de esta subsección se presenta una tabla comparativa de estas experiencias.

Argentina

El marco regulatorio de los biocombustibles en Argentina se inició con la Ley Nacional N°26.093 de 2006, que definió el Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles en el país por 15 años. Esta ley establece un régimen de promoción para los biocombustibles, que incluye subsidios y requisitos de mezcla mínima. Aunque ha promovido el crecimiento del sector, existen interrogantes y dudas sobre su continuidad y efectividad a largo plazo. Los productores de biocombustible reciben incentivos económicos que ayudan a cubrir los costos de producción. La Ley Nacional N°26.334 de 2007 modificó la ley anterior y estableció el Régimen de Promoción para la Producción de bioetanol⁹ y modificaba la Ley N° 26.093⁹.

⁸ Fedebiocombustibles. (2024). Resoluciones de precios y de mezclas.

<https://fedebiocombustibles.com/normatividad/>

⁹ Chidiak, M. et al (2013). Estudio piloto indicadores GBEP de sustentabilidad de la bioenergía en Argentina. Centro iDeAS, Universidad Nacional de San Martín.

https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/sustentabilidad/archivos/000001_Indicadores%20de%20Sustentabilidad%20de%20Bioenerg%C3%ADa%20Argentina/000001_Indicadores%20de%20Sustentabilidad%20de%20Bioenerg%C3%ADa%20Argentina.pdf

Argentina tiene mandatos regulatorios que oscilan entre el 10% de etanol y un rango del 5 al 12% de biodiésel en las mezclas de gasolina y diésel. En junio de 2022, debido a una escasez de suministro de diésel, el gobierno, a través de la Resolución 438/2022, aumentó permanentemente el mandato de biodiésel del B5 al B7.5. Al mismo tiempo, aprobó el Decreto 330/2022, que aumentó temporalmente la mezcla de biodiésel en 5 puntos porcentuales adicionales, hasta el B12.5%, permitiendo a las grandes plantas locales de biodiésel diseñadas para exportación participar en el 5% adicional bajo condiciones de mercado libre. Esta medida se aplicó durante 60 días y luego se renovó por otro período, pero ya no está en vigor. Además, el consumo de bioetanol en el 2023 se estimaba en 1,17 millones de litros.

A partir del año 2006, Argentina incrementó sustancialmente la producción de sus biocombustibles líquidos, en particular de biodiesel a partir de soja y bioetanol a partir de caña de azúcar. La industria argentina de biodiesel tiene una capacidad de producción de alrededor de 4,6 millones de toneladas anuales. En 2022 existen 18 plantas de bioetanol con destino al corte obligatorio de combustibles distribuidas en 6 provincias, que cuentan con una capacidad nominal de producción de 1.125.000 metros cúbicos por año¹⁰.

La producción de biodiesel ha sido relevante, alcanzando en 2022 un total de 2 millones de toneladas. A nivel mundial, Argentina se posiciona como un jugador importante en el mercado de biocombustibles, especialmente en biodiesel, aunque enfrenta desafíos en la producción de etanol. En 2023, se espera que la producción de etanol en Argentina disminuya un 1%, después de tres años consecutivos de crecimiento. Los precios de los biocombustibles en Argentina se establecen mediante fórmulas y parámetros definidos por el gobierno nacional a través de la Secretaría de Energía¹¹.

El precio del biodiesel de Argentina se calcula con la siguiente fórmula¹²:

Precio biodiesel

$$= (COSTO DE ACEITE DE SOJA + COSTO DE METANOL + COSTO DE MANO DE OBRA + RESTO DE COSTOS) * (1 + RETORNO DE CAPITAL)$$

¹⁰ Herrera, M. (2023). Planificación estratégica como instrumento de mejora para incrementar el posicionamiento y participación de Bio Ledesma en el mercado de bioetanol en Argentina. <https://repositorio.21.edu.ar/bitstream/handle/ues21/27783/TFG%20-%20Herrera%20Mario%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

¹¹ USDA Foreign Agricultural Service. (2022). *Biofuels annual: Argentina*. <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual%20Buenos%20Aires%20Argentina%20AR2022-0013.pdf>

¹² Ministerio de Economía. (2019). Cálculo de Precios de Biodiesel. <https://www.federalregister.gov/documents/2023/06/15/2023-12827/biodiesel-from-argentina-and-indonesia-continuation-of-antidumping-duty-orders-and-countervailing>

Donde:

COSTO DE ACEITE DE SOJA se basa en el precio FOB promedio de los últimos 30 días, la alícuota de derechos de exportación vigente y el tipo de cambio promedio.

COSTO DE METANOL, COSTO DE MANO DE OBRA y RESTO DE COSTOS se establecen según categorías de productores (grandes, no integradas, PyMEs).

RETORNO DE CAPITAL es del 3% para todas las categorías.

Por su parte, el precio del bioetanol elaborado a base de caña de azúcar y maíz se actualiza periódicamente por la Secretaría de Energía. En mayo de 2024, el gobierno nacional actualizó los precios mínimos de los biocombustibles: biodiésel: \$940.334 por tonelada; bioetanol de caña de azúcar: \$584,180 por litro; y bioetanol de maíz: \$570 por litro. Recientemente, el Decreto 184/2022 permite a la Secretaría de Energía establecer un mecanismo diferenciado para fijar el precio del bioetanol de maíz cuando el precio no cubra los costos de producción para incentivar la producción de este biocombustible. En algunos casos, se han implementado subsidios para facilitar la exportación de biocombustibles, lo que ha permitido a los productores acceder a mercados internacionales y mejorar su rentabilidad.

Brasil

Brasil es el segundo mayor productor mundial de biocombustibles y fue uno de los pioneros en el diseño e implementación de mecanismos de remuneración de biocombustibles. En 1977 desarrolló el programa Proálcool, que implementó políticas normativas, como el mandato de uso obligatorio de etanol en la gasolina, la cual actualmente se mezcla en un 27%¹³.

En 2020, la producción de bioetanol fue de aproximadamente 30,7 mil millones de litros. En 2023, Brasil logró un récord histórico, produciendo 35,4 mil millones de litros de bioetanol, con un aumento del 15,5% en comparación con el año anterior. En 2023, la producción de biodiésel alcanzó más de 7,5 mil millones de litros, impulsada por un aumento en el porcentaje de mezcla obligatorio con el diésel¹⁴. Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) ha desempeñado un papel fundamental en el aumento de la productividad de los biocombustibles. Por ejemplo, en 2023-2024 se espera que la productividad de azúcar alcance 78 toneladas por hectárea, (crecimiento del 6.1% en un año),¹⁵ debido a la introducción de nuevas variedades de caña de azúcar y a prácticas agrícolas mejoradas.

¹³ Fedebiocombustibles. (2024). <https://fedebiocombustibles.com/2024/04/17/latinoamerica-avanza-en-la-consolidacion-de-los-biocombustibles/>

¹⁴ Secretaría de Comunicación Social. (2024). La producción de biocombustibles crece en Brasil y alcanza un récord histórico. <https://www.gov.br/secom/es/ultimas-noticias/2024/07/la-produccion-de-biocombustibles-crece-en-brasil-y-alcanza-un-record-historico>

¹⁵ CONAB. (2023). <https://revistacultivar-es.com/noticias/conab-estima-recorde-na-producao-de-acucar-mesmo-com-reducao-na-producao-de-cana>

El programa RenovaBio lanzado por la Ley N° 13.576/2017 materializa la Política Nacional de Biocombustibles. Los objetivos de esta política incluyen¹⁶: (i) contribuir significativamente al cumplimiento de los compromisos asumidos por Brasil en el Acuerdo de París; (ii) fomentar una expansión adecuada de los biocombustibles en la matriz energética, asegurando un suministro regular de combustibles; y (iii) garantizar previsibilidad en el mercado de combustibles, promoviendo mejoras en la eficiencia energética y reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción, comercialización y uso de biocombustibles.

El programa abarca todos los tipos de biocombustibles como beneficiarios con el uso del mecanismo de CBIO (Créditos de Descarbonización), que es un sistema de créditos de ahorro de carbono comercializables semejantes a los contemplados en el Estándar de Combustibles Bajos en Carbono de California. Cada CBIO representa una tonelada de carbono equivalente en emisiones evitadas al sustituir combustibles fósiles por renovables.

Dentro del mercado de CBIO, el etanol es el principal generador de créditos debido a la alta eficiencia en la reducción de emisiones de la cadena productiva de la caña de azúcar. RenovaBio ha implementado el sistema RenovaCalc, que permite a los agentes de la Agencia Nacional del Petróleo, Gas Natural y Biocombustibles (ANP) realizar inspecciones en las empresas productoras registradas en el programa. Estas inspecciones verifican la cantidad de créditos de carbono generados y las posibles deudas asociadas con la producción de biocombustibles. El programa también establece regulaciones específicas para biocombustibles derivados de granos, como el biodiésel, y reconoce el potencial de reducción de emisiones del uso de sebo, incentivando así la generación de créditos de descarbonización a partir de esta fuente.

La implementación del programa ganó impulso una vez que la Bolsa de Valores de Brasil (B3) comenzó a negociar CBios el 27 de abril de 2020¹⁷. Actualmente el programa cuenta con 339 plantas de biocombustibles (que representan más del 75 por ciento del total de plantas en Brasil) están certificadas para emitir CBios (283 plantas de etanol a base de caña de azúcar, seis plantas de etanol a base de caña de azúcar y maíz, una planta de etanol celulósico, cinco plantas de etanol de maíz, 38 plantas de biodiésel y seis plantas de biometano).

El precio promedio de los Créditos de Descarbonización (CBios) en junio de 2023 alcanzó niveles que no se habían registrado durante casi un año en la bolsa de São Paulo. El 22 de junio, el precio promedio de negociación fue de R\$144.30/CBio, con un máximo de R\$146.94/CBio y un mínimo de R\$136.75/CBio". A partir del 1 de marzo entró en vigor el aumento en el contenido obligatorio de biodiésel en la mezcla de diésel que se vende en Brasil a los consumidores finales, ahora con un 14%¹⁸. La metodología para definir el precio de los biocombustibles en Brasil se estructura en dos

¹⁶ Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Renovabio. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>

¹⁷ USDA Foreign Agricultural Service. *Biofuels annual: Brazil* (Report No. BR2023-0018). [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual%20Brazil%20BR2023-0018)

¹⁸ Fedebiocombustibles. *Informe Anual 2023*. <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Anual-2023-FNBC.pdf>

líneas: una que ajusta el costo existente para el alcohol y otra que incorpora aspectos de mercado y competitividad. Cuando el precio del petróleo se eleva por encima del costo de producción del etanol, la fórmula ajusta el precio del etanol para que se mantenga competitivo. Este aumento considera también los incentivos gubernamentales que podrían reducir el costo final al consumidor. En términos simplificados, el precio de los biocombustibles es la suma del costo de producción, los incentivos (con su signo aritmético), más un ajuste por el cambio de los precios de los combustibles fósiles y consideraciones regulatorias abiertas.

Estados Unidos

Estados Unidos es el primer productor mundial de bioetanol, con una producción que ha mostrado un crecimiento significativo a lo largo de los años. Según USDA (<https://www.ers.usda.gov/data-products/u-s-bioenergy-statistics/>) la producción de bioetanol en el 2022 fue de 15 400 millones de galones y la producción combinada de biodiésel y diésel renovable ascendió a unos 3100 millones de galones.¹⁹ Según USDA también, se estima que la producción promedio sea de 1,03 millones de barriles por día en el 2024. La producción de diésel renovable se ha disparado en los últimos años, pasando de 25.000 barriles diarios (bpd) en 2020 a los 220.000 bpd previstos para 2024²⁰. El consumo en EE. UU. superó los 200.000 bpd durante algunos meses de 2023, y parece que este crecimiento continuará en el mediano plazo.

El Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE) ha implementado diferentes metodologías para incentivar y desarrollar la producción de biocombustibles (etanol y biodiesel). En particular, para el biodiesel han desarrollado los siguientes programas²¹:

- Programa de Asistencia para Cultivos de Biomasa (BCAP). El BCAP fue establecido por la Ley de Alimentos, Conservación y Energía de 2008 con el fin de brindar asistencia financiera a los propietarios de tierras forestales privadas, agrícolas y no industriales que produzcan y entreguen materias primas para el desarrollo de la bioenergía. Los beneficiarios pueden recibir hasta un 50% de reembolso del costo de establecer el cultivo de biomasa como materia prima. Además, ofrece a los productores de cultivos de biomasa como materia prima calificados pagos equivalentes por la recolección, cosecha, almacenamiento y transporte de sus cultivos a instalaciones de producción avanzada de biocombustibles por hasta dos años. Los pagos equivalentes son de \$1 por cada \$1 por tonelada seca pagada por una instalación de producción avanzada de biocombustibles calificada, hasta \$20 por tonelada seca.
- Programa de asistencia para refinerías. Ofrece garantías de préstamos para el desarrollo, construcción y modernización de biorrefinerías a escala comercial. La garantía máxima del préstamo es de \$250 millones y la financiación máxima de la subvención es del 50% de los costos del proyecto.

¹⁹

²⁰ Roca, J. (2024). EE. UU. está preparado para capitalizar la creciente demanda de biocombustible. <https://elperiodicodelaenergia.com/eeuu-esta-preparado-capitalizar-creciente-demanda-biocombustibles/>

²¹ U.S. Department of Energy. (n.d.). Biodiesel laws and incentives. Alternative Fuels Data Center. <https://afdc.energy.gov/fuels/laws/BIOD?state=US>

- Pagos por producción de biocombustibles avanzados. El objetivo de esta metodología es aumentar la producción de biocombustibles avanzados²². Las entidades que produzcan y vendan biocombustibles elegibles recibirán pagos trimestrales por la cantidad producida en su equivalente en Unidades Térmicas Británicas (BTU).
- Crédito fiscal para infraestructura de combustibles alternativos previo a 2023. Los equipos de abastecimiento de combustible para gas natural, propano, hidrógeno licuado, electricidad, E85 o mezclas de combustible diésel que contengan un mínimo de 20 % de biodiésel instalados hasta el 31 de diciembre de 2022 son elegibles para un crédito fiscal del 30 % del costo, que no supere los \$30 000. Las tarifas de permisos e inspección no están incluidas en los gastos cubiertos. Los propietarios de estaciones de servicio que instalen equipos calificados en varios sitios pueden usar el crédito para cada ubicación. Los créditos no utilizados que califiquen como créditos fiscales comerciales generales, según lo define el Servicio de Impuestos Internos (IRS), pueden trasladarse un año hacia atrás y 20 años hacia adelante.

Los precios de los biocombustibles en Estados Unidos se definen por la interacción de la oferta y la demanda en el mercado. La interacción entre productores y consumidores, así como la competencia con los combustibles fósiles desempeña un papel significativo. Las transacciones en el mercado spot y las actividades de comercio también proporcionan evaluaciones de precios en tiempo real que reflejan las condiciones actuales del mercado. Los mandatos para mezclar biocombustibles con combustibles convencionales, como el Estándar de Combustibles Renovables (RFS por sus siglas en inglés) definen requisitos mínimos para el uso de biocombustibles en los combustibles de transporte crean un mercado garantizado para los biocombustibles, lo que influye en sus precios.

Indonesia

El desarrollo de los biocombustibles en Indonesia inició en el 2006 con la instrucción presidencial No. 1/2006 para la oferta y utilización de biocombustibles. Este mandato orientó a otras agencias gubernamentales a tomar medidas para avanzar en el desarrollo de biocombustibles. Esta norma surgió porque se emitieron permisos de utilización forestal para plantas de biocombustibles en "bosques/terrenos críticos o abandonados", y se promovió el uso de biocombustibles con el objetivo de reemplazar los combustibles fósiles como una alternativa para el transporte. Los objetivos de este mandato incluían aliviar la pobreza y el desempleo; impulsar las actividades económicas a través de la adquisición de biocombustibles; y reducir el consumo interno de combustibles fósiles.

Con la Política Energética Nacional de Indonesia bajo el Reglamento Presidencial No. 5/2006, se formalizó la promoción de biocombustibles en Indonesia, tanto para etanol como para biodiésel, y se estableció un mandato del 5% de biocombustibles en el consumo energético nacional para 2025²³. En el 2008, el Ministerio de Energía y Recursos Minerales de Indonesia (MEMR) emitió una regulación con un objetivo progresivo para un mandato de mezcla de biocombustibles en el período

²² En Estados Unidos, se definen como un líquido, un gas o un sólido que resultan de un proceso industrial a partir de biomasa renovable distinta del almidón del grano de maíz.

²³ International Council on Clean Transportation (ICCT). Indonesia biofuels policy.

https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Indonesia-Biofuels-Policy_ICCT_08082016.pdf

2008-2025. La regulación definía la cantidad mínima de biocombustibles utilizada en el transporte, en el uso industrial y comercial, y para la generación de electricidad en la fecha objetivo-establecida para el mandato. En 2015 se emitió una nueva regulación que aumentaba la mezcla obligatoria de biodiésel del 10% al 15% para usos de transporte e industriales, y aumenta la mezcla obligatoria de biodiésel al 25% para la generación de electricidad a partir de abril de 2015.

La Tabla 2 presenta el mandato de biocombustibles de Indonesia según la Regulación MEMR 12/2015. El mandato de mezcla se conoce a nivel nacional como el programa B20.

Tabla 2. Reglamentación de mezcla de biodiesel (Regulación N° 12/2015) en Indonesia

Sector	2015	2016	2020	2025
Micro-negocios, pescaderías, agricultura, y servicio público	15%	20%	30%	30%
Transporte	15%	20%	30%	30%
Industria y comercio	15%	20%	30%	30%
Electricidad	25%	30%	30%	30%

Fuente: ICCT (2016)²⁴.

La Política Energética Nacional (KEN), establecida mediante el Reglamento Gubernamental (GR) No. 79/2014, es la base política más importante para el programa de biocombustibles. Esta política “apunta a un uso de energía renovable del 23 por ciento en toda la economía para 2025 y del 31 por ciento para 2050. La contribución de los biocombustibles para alcanzar estos objetivos, mostrada en el Reglamento Presidencial (PR) No. 22/2017, se traduce aproximadamente en 13.9 mil millones de litros y 52.3 mil millones de litros de uso de biocombustibles, respectivamente”²⁵. El programa de biodiésel fue inestable hasta que se estableció un mecanismo de apoyo confiable, tras el cambio de Indonesia de proporcionar subsidios a través del presupuesto estatal nacional (APBN) a subsidios mediante el fondo CPO, que se creó en 2015 para recaudar un gravamen sobre las exportaciones de productos de aceite de palma.

Desde 2015, Indonesia ha expandido agresivamente el programa de mezcla desde su aplicación inicial, que solo cubría a las industrias con Obligación del Sector Público (PSO), al programa B20 a nivel nacional en 2018 y luego al programa B30 en enero de 2020. El apoyo gubernamental a los biocombustibles ha aumentado considerablemente, pasando de 10,8 billones de IDR (806,7 millones de USD) en 2016 a 30,8 billones de IDR (2.100 millones de USD) en 2020. En 2020, el

²⁴ International Council on Clean Transportation (ICCT). Indonesia biofuels policy.

https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Indonesia-Biofuels-Policy_ICCT_08082016.pdf

²⁵ USDA Foreign Agricultural Service. (2023). Biofuels annual: Indonesia. <https://fas.usda.gov/data/indonesia-biofuels-annual-7>

Programa B30 recibió un apoyo único de 2,78 billones de IDR (USD 191,3 millones)²⁶. De manera similar a Brasil, y en términos simplificados, el precio de los biocombustibles es la suma del costo de producción, los incentivos (con su signo aritmético), más un ajuste por el cambio de los precios de los combustibles fósiles y consideraciones regulatorias abiertas.

En 2020, Indonesia produjo 9,6 millones de toneladas de biodiésel, y se espera que esta cifra continúe creciendo debido a la demanda interna y las políticas de mezcla²⁷. El país también ha comenzado a diversificar su producción de biocombustibles, explorando opciones como el etanol a partir de caña de azúcar y otros cultivos. En febrero de 2023, Indonesia aumentó su tasa de mezcla de biodiésel al 35 ²⁸por ciento para varias regiones y la expandió a cobertura nacional en agosto de 2022.

El balance de las 4 experiencias internacionales se presenta en las Tablas 3 y 4:

Tabla 3. Comparación de normas en alcohol carburante

País	Objetivo de política	Formación de precio	Mezcla	Comentarios
Argentina	Promoción de bioetanol a partir de caña de azúcar y maíz.	Precios definidos por la Secretaría de Energía. Subsidios para cubrir costos cuando el precio no es rentable.	Etanol: 10%	Ajustes de precios para asegurar la rentabilidad de los productores. El consumo de bioetanol en 2023 se estimó en 1,17 millones de litros.
Brasil	Expansión del uso de bioetanol como parte de su matriz energética renovable.	Precios ajustados según mercado y competitividad. Programa RenovaBio con créditos CBIO.	Etanol: 27%	Segundo mayor productor mundial de etanol después de Estados Unidos. Alta eficiencia en reducción de emisiones de la cadena productiva de la caña de azúcar.
EE.UU.	Reducción de emisiones y dependencia de combustibles fósiles. Mandatos del RFS para el uso de bioetanol.	Precios definidos por el mercado, regulados por la interacción entre oferta y demanda.	Etanol: 10-15%	Primer productor mundial de bioetanol. Amplio soporte gubernamental con créditos fiscales, y mandatos de mezcla obligatoria.
Indonesia	Promoción del etanol como	Precios determinados por	Etanol: 5%	El desarrollo del etanol es menos prominente que el

²⁶ International Institute for Sustainable Development (IISD). (2022). *Indonesia's Energy Support Measures: An inventory of incentives impacting the energy transition*. <https://www.iisd.org/system/files/2022-06/indonesia-energy-support-measures.pdf>

²⁷ USDA Foreign Agricultural Service. (2021). Biofuels Indonesia. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual_Jakarta_Indonesia_06-21-2021.pdf

²⁸ USDA Foreign Agricultural Service (2023). Indonesia to Implement Biodiesel B35 in February 2023. <https://fas.usda.gov/data/indonesia-indonesia-implement-biodiesel-b35-february-2023>

	alternativa para reducir consumo de combustibles fósiles.	costos de producción, ajustados con subsidios.		biodiésel. Enfocado en diversificar la producción de biocombustibles.
--	---	--	--	---

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

Tabla 4. Comparación de normas en biodiésel

País	Objetivo de política	Formación de precio	Mezcla	Comentarios
Argentina	Impulsar la producción de biodiésel a partir de soja, asegurando el abastecimiento interno y exportaciones.	Fórmula basada en costos de producción (aceite de soja, metanol, mano de obra) más retorno de capital del 3%.	Biodiésel: 5-12%	Mandatos flexibles según necesidades de suministro. Capacidad de producción de biodiésel: 4,6 millones de toneladas anuales.
Brasil	Reducción de emisiones y desarrollo de biocombustibles.	Precios basados en costos de producción y ajustes de mercado.	Biodiésel: 14%	El biodiésel representa una parte importante del mercado de biocombustibles en Brasil. Ajustes regulares del mandato de mezcla.
EE.UU.	Fomentar el desarrollo del biodiésel y combustibles avanzados para disminuir la dependencia de combustibles fósiles.	Precios determinados por el mercado. Incentivos gubernamentales como créditos fiscales y pagos por producción.	Biodiésel: ~5%	Producción combinada de biodiésel y diésel renovable de 3.100 millones de galones en 2022. Programas específicos como el BCAP y asistencia a refinerías.
Indonesia	Sustitución de combustibles fósiles y promoción del biodiésel a partir de aceite de palma.	Subsidios del fondo CPO, ajustados según costos de producción y precios de combustibles fósiles.	Biodiésel: 30-35%	Enfocado en el programa B30/B35. Importante crecimiento en la producción de biodiésel, alcanzando 9,6 millones de toneladas en 2020.

Fuente: elaboración Fedesarrollo.

En conclusión, las experiencias de Argentina, Brasil e Indonesia son de limitada utilidad, pues están basadas en esquemas regulatorios y mecanismos de formación de precios similares a los colombianos. Estos modelos carecen de presión competitiva, lo que restringe la eficiencia económica y no estimula la innovación. En estos tres casos, los precios son definidos o influenciados en gran medida por el gobierno. Para Colombia, es fundamental revisar y actualizar su marco regulatorio, adoptando mecanismos más dinámicos y orientados al mercado, como en el caso de Estados Unidos, que fomenten la competencia y la eficiencia en la cadena de valor de los biocombustibles, con un enfoque claro en la reducción de emisiones de GEI en el sector transporte.

Sección 2. Evaluación reflexiva, entrevistas y diagnóstico

2.1. Diagnóstico de la normativa

La política pública de biocombustibles se originó hace dos décadas y no se ha actualizado en el contexto de los compromisos internacionales de descarbonización del país, donde las intervenciones deben priorizarse por costo-efectividad de la reducción de GEI. Además, la política original no incluyó el apoyo a la construcción de cadenas de valor alternativas a la conversión del producto en combustible, que eventualmente cederá una fracción de su consumo a tecnologías que compiten (gas, hidrógeno, electricidad) en costo-eficiencia y en aportes a la descarbonización.

Como se argumenta en las subsecciones 2.2 y 2.3, las fórmulas de ingreso al productor son opacas, complejas, difíciles de replicar, no están orientada por la eficiencia económica, se han aplicado de manera discrecional en muchos casos y genera oportunidades de arbitraje en detrimento de los productores.

2.2. Ingreso al productor (IP) de alcohol carburante

El Ingreso al Productor (IP) de *alcohol carburante* está reglamentado por la Resolución 181088 de 2005, modificada por las Resoluciones 180222 de 2006, 181232 de 2008, 180825 de 2009 y más recientemente por la Resolución 180643 de 2012.

Actualmente, el Ingreso al Productor (IP) de alcohol carburante corresponde al valor equivalente del alcohol carburante expresado como azúcar blanca refinada, según la siguiente ecuación:

$$VEAC_t = \frac{(AZLN_t - GE) * TRM - TT_t}{(FC1 - FC2 - FC3 - FC4) * FC5} * FC6 - CV$$

Donde:

$VEAC_t$: Es el valor equivalente del alcohol carburante, expresado en pesos por galón, para el periodo t.

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

GE : Son los gastos de exportación promedio del azúcar refinado.

TT_t : Flete de transporte promedio del azúcar refinado entre el centro de producción y el puerto de exportación (Cali-Buenaventura).

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

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

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

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

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

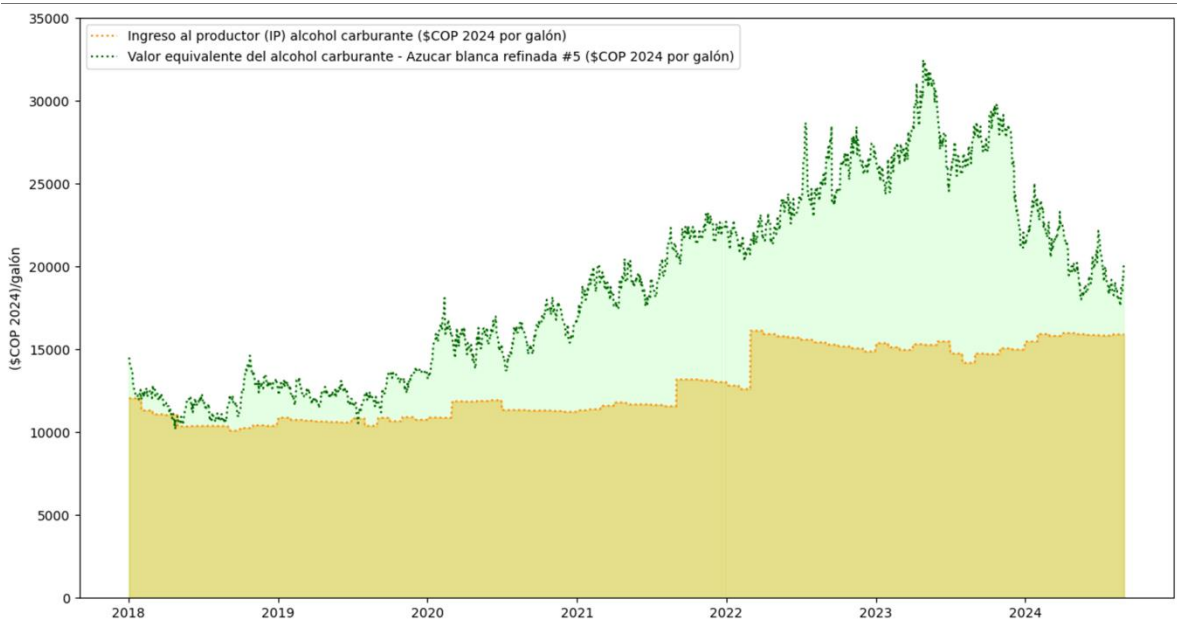
FC6: Es el factor de conversión de galones a litros, el cual es de tres puntos sentenciando ochenta y cinco (3.785).

CV: Es el ahorro en pesos por galón (\$/galón), que se obtiene al utilizar la vinaza.

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

Antes de mediados de 2020, el valor equivalente del alcohol carburante en azúcar blanca refinada determinaba el ingreso que recibían los productores de dicho alcohol, como se muestra en la Gráfica 3. Después de este período, ese valor equivalente superó ampliamente el Ingreso al Productor, pero en los meses recientes de 2024, nuevamente el equivalente del alcohol carburante ha determinado el Ingreso al Productor.

Gráfica 3. Evolución del ingreso al productor (IP) del alcohol carburante y el valor equivalente del alcohol carburante en azúcar blanca refinada entre 2018 y 2024 (pesos 2024)



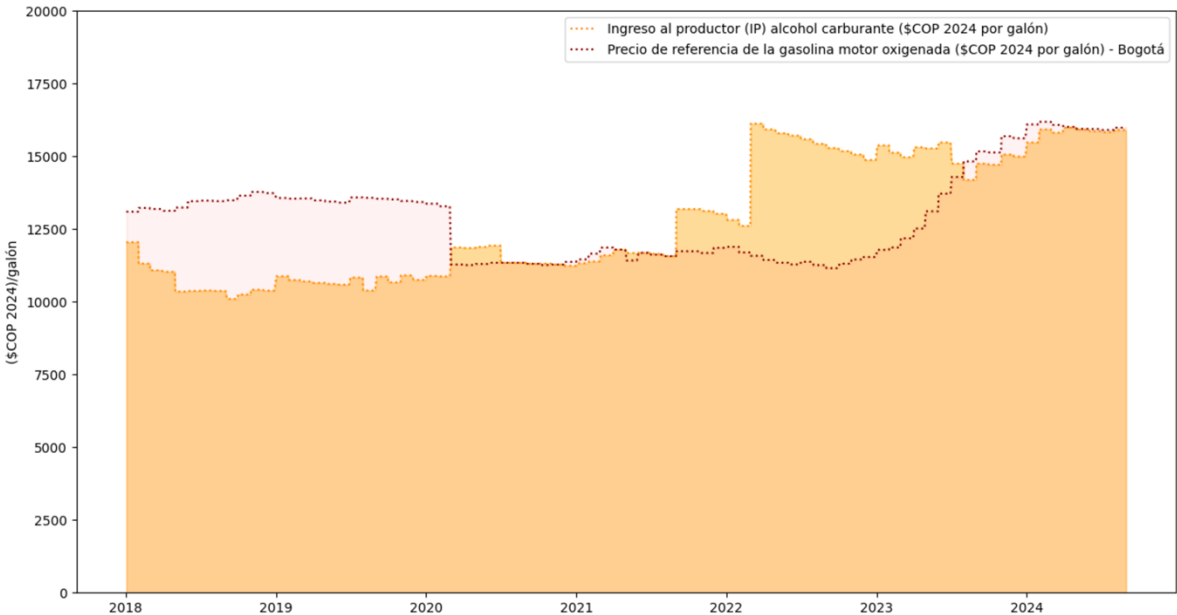
Fuente: Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades - UPME (2024) y Bloomberg.

No obstante, el Ministerio de Minas y Energía estableció que de acuerdo con lo señalado en las Resoluciones números 18 1088 de 2005 y 18 1232 de 2008, el valor del ingreso al productor del alcohol carburante para un determinado mes no podrá ser superior en ningún caso al precio de referencia de la gasolina motor corriente oxigenada en Bogotá (artículo 2° de la Resolución número 18 0643 de 2012).

Después de mediados de 2020, el precio de referencia de la gasolina motor corriente oxigenada en Bogotá, junto con el efecto del Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles (FEPC), determinó el Ingreso al Productor (IP) de alcohol carburante durante un período de poco más de un año, como se muestra en la Gráfica 4. Este período coincide con el inicio de la pandemia, cuando el gobierno nacional implementó una reducción en los precios de la gasolina motor corriente como parte de su política social, lo que incrementó drásticamente el desahorro del FEPC.

Sin embargo, en contravía del artículo 2° de la Resolución número 18 0643 de 2012, a partir de 2021 el IP del alcohol carburante superó el precio de la gasolina motor corriente oxigenada en Bogotá durante un período de aproximadamente dos años.

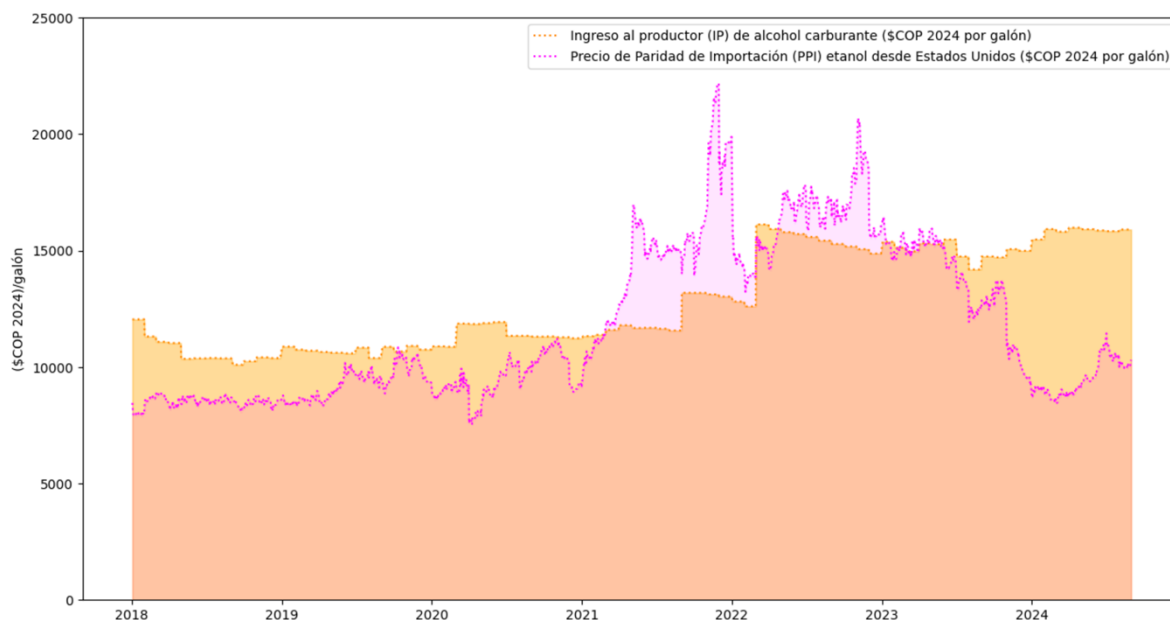
Gráfica 4. Evolución del Ingreso al Productor (IP) del alcohol carburante y el precio de referencia de la gasolina motor oxigenada en Bogotá entre 2018 y 2024 (pesos de 2024)



Fuente: Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades - UPME (2024)

En Colombia, el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante de caña de azúcar supera la mayor parte del tiempo, el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de maíz proveniente de Estados Unidos, como se ilustra en la Gráfica 5. Esta diferencia puede generar oportunidades de arbitraje persistente para los mayoristas, quienes pueden adquirir el etanol de maíz a un menor precio y recibir la remuneración correspondiente al ingreso al productor del alcohol carburante que establece la regulación.

Gráfica 5. Evolución del Ingreso al Productor (IP) del alcohol carburante y el precio de paridad importación de etanol desde Estados Unidos entre 2018 y 2024 (pesos de 2024)



Fuente de los datos: Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades - UPME (2024) y Nasdaq CBOT Ethanol²⁹

En conclusión, la regulación del Ingreso al Productor (IP) de alcohol carburante ha experimentado importantes variaciones en su aplicación, especialmente durante y después de la pandemia. Aunque el IP se calcula con base en el valor equivalente del alcohol carburante en azúcar blanca refinada, la normativa incluye una restricción adicional que establece que el IP no puede superar el precio de referencia de la gasolina motor corriente oxigenada en Bogotá.

El análisis del Ingreso al Productor (IP) del alcohol carburante en Colombia revela una serie de tensiones entre la producción local de etanol y las dinámicas del mercado internacional. En muchos períodos, el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante supera el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de maíz proveniente de Estados Unidos (subsidiado), lo que genera oportunidades para importar etanol a un costo menor. Estas oportunidades de arbitraje pueden ser aprovechadas principalmente por los mayoristas, quienes se benefician de la diferencia entre el IP local y los precios de paridad de importación del etanol de maíz, optimizando así sus márgenes en un entorno de competencia limitada.

²⁹ <https://www.nasdaq.com/market-activity/commodities/eh/historical>

2.3. Ingreso al productor (IP) de biodiésel

El Ingreso al Productor (IP) de biodiésel para uso en motores contempla tres componentes principales (Resoluciones 181966 de 2011, 181489 de 2012, 91566 de 2012, 41010 de 2018 y 4-0400 de 2019):

- El costo de oportunidad de usos alternativos de la materia prima más eficiente utilizada para la producción del biocombustible, calculado a partir del precio de referencia del mercado interno de aceite de palma.
- Un precio que tome como referencia los precios internacionales del diésel, medido sobre la base actual en la que se fijan los precios internos del ACPM, con un ajuste por los cambios en las propiedades del combustible, como resultado de la mezcla: (i) aumento del precio por mejoras en cetanaje (octanaje diésel) y disminución en el contenido de azufre; y (ii) disminución del precio causado por el menor poder calorífico del biocombustible frente al diésel fósil.
- Un precio mínimo que atenué reducciones considerables en los anteriores precios. Dicho precio se fijó en \$6.545/galón a precios del 2008, a partir de un análisis de costos de la producción del biocombustible para uso en motores diésel tomando como referencia el costo promedio de las materias primas en los últimos 10 años, el cual se debe actualizar anualmente según el comportamiento del índice de precios al productor en un 70% y del comportamiento de la tasa de cambio en un 30%.

La Resolución 4-0400 del 8 de mayo de 2019 del Ministerio de Minas y Energía de Colombia establece la metodología para calcular el Ingreso al Productor (IP) de los biocombustibles, en particular aquellos destinados a ser mezclados con combustibles fósiles.

La estimación del valor de IP del Biodiesel, donde dicho valor estará denominado en pesos colombianos por galón, será el resultante de aplicar la siguiente fórmula:

$$IPBiodiesel_t = \max(\min(ValorBanda_t^+, ValorActualizado_t), ValorBanda_t^+)$$

$$ValorBanda_t^+ = IPBiodiesel_{t-1} * (1 + FactorDelta\%)$$

$$ValorBanda_t^- = IPBiodiesel_{t-1} * (1 - FactorDelta\%)$$

Donde:

$IPBiodiesel_{t-1}$ = Valor del IP del Biodiesel, vigente y publicado por el Ministerio de Minas y energía, para la vigencia anterior al momento de cálculo del nuevo IP de Biodiesel.

El Factor Delta representa el valor porcentual correspondiente al percentil 85 de la distribución empírica de los retornos logarítmicos mensuales de la serie del insumo utilizado en el proceso de refinación para la producción de biocombustible destinado a motores diésel.

$$FactorDelta\% = Percentil_{85}(Ret_d)$$

$$Ret_d = \log \left(\frac{FCPO_d}{FCPO_{d-21}} \right)$$

ValorActualizado_t: Es el valor denominado en pesos colombianos, equivalente a considerar el valor máximo entre: el Precio del Refinado y el Valor Fijo.

$$ValorActualizado_t = \max(PrecioRefinado_t, ValorFijo_t)$$

Donde:

Valor Fijo: Es el valor denominado en pesos colombianos, equivalente a seis mil ochocientos veintinueve pesos (\$6.829) por galón de biodiesel, correspondiente al precio promedio de los últimos 5 años del aceite crudo de palma, según referencia de precio CIF en puertos colombianos

$$ValorFijo_t = 6.829 \text{ pesos/galón}$$

Precio del Producto Refinado: Es el valor denominado en pesos colombianos por galón, asociado a toda la cadena de producción del Biodiesel:

$$PrecioRefinado_t = \left(\frac{(A + B)}{42} \right) * \sum_{d=t}^v \frac{TRM_t}{v}$$

Donde:

$$A = \frac{(PrecioInsumo_t + FleteInsumo_t + ArancelInsumo_t + AjusteCalidad_t)}{ConversionACP}$$

$$B = \frac{\left(UsoMetanol_t + FPE^{USD} + \left(\frac{FPE^{COP}}{\sum_{d=t}^v \frac{TRM_t}{v}} \right) - CreditoGlicerina \right)}{ConversionBiodiesel}$$

Donde:

Flete del Insumo: Es el valor denominado en dólares americanos por tonelada, asociado al insumo que determina el valor mínimo entre el Precio Paridad Importación de la Palma y el Precio Paridad Importación de Canasta de Sustitutos

Arancel del Insumo: Es el valor denominado en dólares americanos por tonelada, asociado al insumo que determina el valor mínimo entre el Precio Paridad Importación de la Palma y el Precio Paridad Importación de Canasta de Sustituto

Ajuste de Calidad: Es el valor asociado a la bonificación por calidad en el rendimiento del ACP en la producción del Biodiesel.

Uso de Metanol: Es el valor denominado en dólares por americanos por tonelada, asociado al uso del Metanol en el proceso de productivo del biodiesel

Crédito por Glicerina = Es el valor del producto Glicerina en el mercado local, considerando la relación estequiométrica de la misma.

Precio del Insumo: Es el valor denominado en dólares americanos por tonelada, asociado al insumo que determina el valor mínimo entre el Precio Paridad Importación de la Palma

($PPIPalma_t$) y el Precio Paridad Importación de Canasta de Sustitutos ($PPICS_t$), con el fin de determinar el valor a considerar como determinante del precio del insumo del Biodiesel.

Para calcular el Ingreso el Productor se requiere el Precio Paridad Importación de Canasta de Sustitutos que es el valor denominado en dólares por tonelada, asociado al promedio ponderado del precio paridad importación de las cotizaciones de una canasta de productos sustitutos, en relación con el insumo del Biodiesel:

$$PPICS_t = 0.65 * (\min(PPISoya_t^{ARG}, PPISoya_t^{EEUU})) \\ + (1 - 0.35) * (\min(PPISebo_t^{MAL}, PPIEstarina_t^{EEUU}))$$

Donde $PPISoya_t^{ARG}$ es el Precio Paridad Importación de la Soya Argentina, $PPISoya_t^{EEUU}$ es el Precio Paridad Importación de la Soya Americana, $PPISebo_t^{MAL}$ es el Precio Paridad Importación del Sebo, y $PPIEstarina_t^{EEUU}$ es el Precio Paridad Importación de la Estearina.

El Precio Paridad Importación de la Palma ($PPIPalma_t$) es el valor denominado en dólares por tonelada, asociado al valor del insumo en el proceso de refinación que conlleva la producción del biodiesel.

$$PPIPalma_t = \left(\frac{\sum_{d=t}^v FCPO_d}{v} + FleteACP \right) * (1 + ArancelACP)$$

Donde:

$FCPO$ = Valor de la cotización diaria promedio del contrato FCPO – Tercera Posición, según lo informado por BM, en su publicación de Bursa Malaysia Derivatives (BMD) – Crude Palm Oil Futures (FCPO) – 3ª posición.

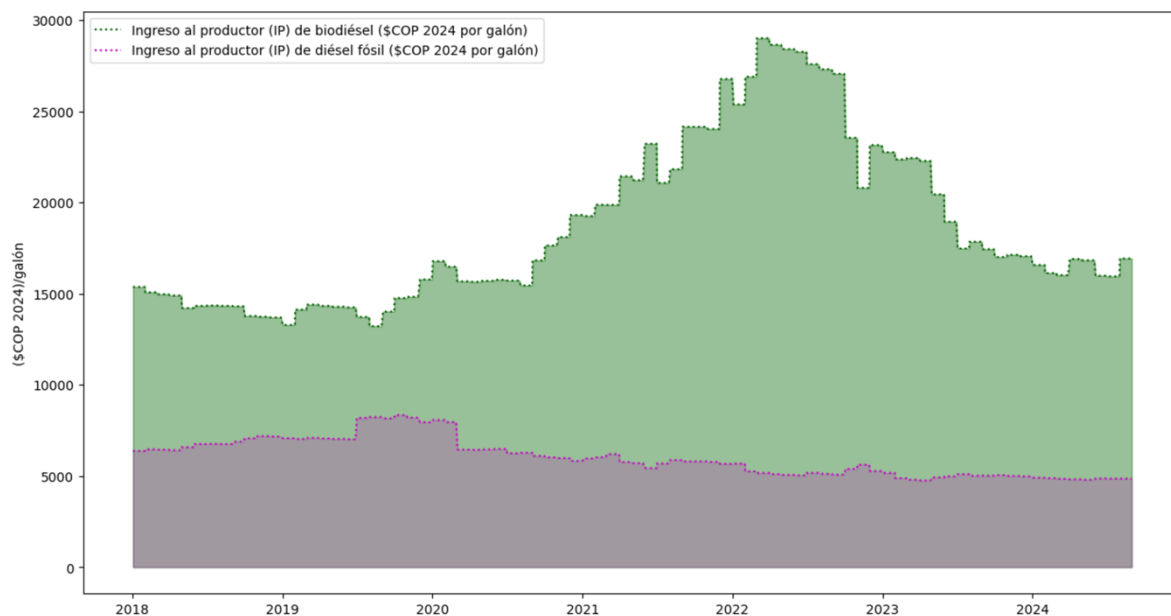
v = Ventana de información en número de observaciones anteriores disponibles

$FleteACP$ = Flete del ACP, denominado en dólares americanos por tonelada

$ArancelACP$ = Es el porcentaje o valor correspondiente a los aranceles aplicados promedio ponderado por volumen

La Gráfica 6 muestra la evolución del Ingreso al Productor (IP) del diésel fósil, junto con el impacto del Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles (FEPC), y del IP del biodiésel entre 2018 y 2024, en pesos corrientes. Durante el período analizado, el IP del biodiésel ha sido consistentemente más alto que el del diésel fósil, debido tanto a los desahorros del FEPC aplicados al IP del diésel fósil, que no se han eliminado, como a la fórmula del IP para biocombustibles. Esta fórmula incluye el Precio Paridad de Importación de la Palma, el Precio Paridad de Importación de la Canasta de Sustitutos y el precio promedio de los últimos cinco años del aceite crudo de palma. La fórmula para calcular el Ingreso al Productor del biodiésel es opaca, compleja y difícil de replicar, sin estar claramente orientada hacia la eficiencia económica.

Gráfica 6. Evolución del IP del diésel con subsidios y del biodiésel con estímulos tributarios entre 2018 y 2024 (pesos 2024)



Fuente: Estructura de precios de los combustibles en las principales ciudades - UPME (2024).

En balance, el ingreso al productor de ambos biocombustibles no se determina de manera competitiva en comparación con los precios internacionales de estos biocombustibles en mercados de referencia. En su lugar, se basa únicamente en el costo de oportunidad de productos sustitutos, como la azúcar blanca refinada para el alcohol carburante, y el aceite crudo de palma, la estearina, el sebo y la soya para el biodiésel. La industria del biodiésel en Colombia enfrenta desafíos importantes en términos de competitividad debido a la estructura normativa que define el Ingreso al Productor (IP) y a restricciones regulatorias y ambientales en los principales mercados, como Europa y Estados Unidos. Actualmente, el biodiésel de palma no está aprobado para su uso en EE.UU., ya que Colombia no cumple con los requisitos del Estándar de Combustibles Renovables (RFS). La metodología de cálculo del IP en biodiésel es compleja y opaca. Esto crea un entorno donde el IP del biodiésel tiende a ser consistentemente más alto que el precio de paridad exportación del diésel fósil.

2.4. Balance de las entrevistas

Del conjunto de entrevistas desarrolladas para identificar las posiciones de los actores interesados en la fórmula de remuneración de biocombustibles en Colombia, se obtuvieron diversas perspectivas de productores, mayoristas y representantes gubernamentales y se caracterizan la dinámica de mercado y los problemas de la formación de precios. Fedesarrollo. La propuesta de formación de precios de Fedesarrollo pasa por la redefinición de la política de biocombustibles, por lo que se recogerán las ideas y comentarios que estén alineados con la descarbonización costo-eficiente y a la conversión de la industria dentro de las tendencias internacionales de la bioeconomía.

En cuanto al etanol:

- Las plantas que producen *etanol* de caña en Colombia son plantas duales (70% de la caña va en duales, 30% en exclusivas de azúcar). Las plantas duales de etanol no tienen una demanda fija, por lo que pueden enfrentarse a acumulación de inventarios que terminan parando la producción de azúcar.
- En la producción de etanol se utilizan los azúcares no cristalizables de la caña de azúcar, integrándose de forma paralela con la producción de azúcar. El subproducto no aprovechado en el azúcar se convierte en insumo para el etanol, y ambos procesos avanzan en conjunto para evitar pérdidas de materia prima y maximizar la eficiencia de las plantas. Como los insumos son perecederos y se fermentan rápidamente, detener el proceso generaría contaminación, por lo que es crucial mantener ambas corrientes en operación continua,
- No se controla la cadena de distribución, a pesar de que el Decreto 1281 de 2020 estableció la reglamentación de los elementos mínimos de la cadena de combustibles., ni hay ajuste de los precios de compra por calidad ambiental y cantidad de emisiones de CO₂ asociadas a la producción y consumo de etanol, o su densidad energética. La calidad del biocombustible importado no es comparable con el de producción nacional; el biocombustible importado, elaborado a partir de maíz, genera un impacto ambiental mayor al del alcohol doméstico.
- El mercado de etanol es considerablemente informal en su forma de contratación, lo que introduce costos de transacción a la producción nacional. Actualmente los productores de etanol están expuestos a las incertidumbres y a cambios abruptos ante las demandas de los compradores de etanol.
- El precio de paridad de importación del etanol de maíz proveniente de Estados Unidos es más bajo que el ingreso al productor de alcohol carburante de caña de azúcar en Colombia, debido a los elevados subsidios otorgados al cultivo de maíz en ese país, lo cual permite hacer un arbitraje en Colombia. Asimismo, el precio de paridad de importación del etanol de maíz es aproximadamente igual al precio de paridad de exportación de la gasolina fósil refinada por Ecopetrol en Colombia.
- Con un objetivo de descarbonización, la compra de alcohol doméstico a precios competitivos reduce los costos finales de la gasolina y las emisiones, pero es una solución de tipo 'second-best' si se compara con las importaciones de etanol desde Estados Unidos a precios inferiores a los nacionales. Dentro de 5 años hay que hacer una evaluación de impacto que indique si la alternativa sostenible de los actuales productores de etanol es su modernización tecnológica para competir en otros nichos de negocio.
- Las importaciones no se realizan después de agotar el mercado doméstico. Esto ha generado inundación de importaciones que se pagan a precios muy altos a los distribuidores mayoristas, por la aplicación de la fórmula de precios que incluye una comparación con el precio del azúcar en Londres.

En cuanto al diésel:

- La estructura de costos de producción de biodiésel depende en un porcentaje muy alto de la materia prima (81%), a lo que se le suma la mezcla con metanol (5%) y un factor de producción eficiente (14%).
- Los contratos de producción a principios de mes se negocian a un precio desactualizado, por las demoras en la expedición de la resolución de definición de precios.
- El ingreso al productor (IP) del biodiésel es competitivo a nivel internacional, pero supera el precio de paridad de exportación del diésel fósil refinado en Colombia. Los subsidios otorgados a través del Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPC) mantienen artificialmente bajos los precios del diésel en las estaciones de servicio, lo que incrementa la demanda de biodiésel en la mezcla obligatoria del 10% (B10). Sin embargo, esta mayor demanda ejerce presión sobre la oferta local de biodiésel, que se ve afectada por condiciones climáticas variables, por lo que la producción local no puede satisfacer la demanda, obligando a reducir temporalmente la mezcla al 7-8%.
- Con un objetivo de descarbonización, la compra competitiva de biodiésel doméstico tendría precios superiores a los internacionales si se valorara a precio de paridad de importación. Dentro de 5 años hay que hacer una evaluación de impacto que indique si la alternativa sostenible de los actuales productores de etanol es su modernización tecnológica para exportar, y evaluar los nuevos niveles de mezcla. El nivel de mezcla debería ajustarse de acuerdo con la velocidad de adopción de alternativas de descarbonización de transporte urbano masivo (electrificación) y de carga (si es que existen), y de producción de biodiesel con nuevas materias primas y nuevas tecnologías.
- El diésel mezclado con biodiésel es un insumo clave de la cadena de suministro en Colombia, de la cual más del 80% se hace por carretera, por lo que un aumento de sus precios incidiría en los precios de los productos colombianos.

Las siguientes son las opiniones de los entrevistados con respecto al mercado de los biocombustibles en general:

- Es indispensable apoyar la producción de biocombustibles con nuevas técnicas e insumos (se mencionó el barbecho y diferentes residuos ecológicos), lo cual podría reducir los costos y fomentar un mayor desarrollo de este sector. La modernización tecnológica es clave para asegurar la competitividad de los productores dentro del mercado de biocombustibles y/o para su transformación industrial hacia otros productos de alto valor agregado y con mayor aprovechamiento de residuos.
- La diversificación de materias primas contribuiría a la sostenibilidad de la industria y reduciría la dependencia de una sola fuente de materia prima (palma y azúcar), fomentando una mayor equidad y participación en el mercado.
- La definición de una mezcla mínima obligatoria de biocombustibles en los combustibles fósiles por períodos claros y suficientes para tomar decisiones de inversión ofrecería una mayor estabilidad al mercado y mayor certeza a los productores sobre la demanda a mediano y largo plazo.

- La contratación carece de estándares, y su espectro incluye contratos formales, correos, hasta mensajes de WhatsApp que pueden cancelarse sin consecuencias.
- Los actores proponen una reducción de los subsidios a los combustibles fósiles, en particular en el caso del diésel, con el fin de incentivar el uso de biocombustibles y permitir que estos compitan en condiciones equitativas.
- En torno a cambios sugeridos a la fórmula de remuneración de los biocombustibles y al FEP los actores sugieren (sin modificación por parte de Fedesarrollo): (i) ajustar la fórmula para considerar el costo de paridad de importación y revisar la calidad de los biocombustibles importados. (ii) simplificar la fórmula y aplicar ajustes regulares en el precio del biodiesel para evitar rezagos; (iii) modificar el fondo para disminuir la brecha entre combustibles fósiles y biocombustibles, y considerar subsidios focalizados en la producción; (iv) reducir el poder de mercado de los mayoristas mediante regulaciones a las importaciones, mayores controles de calidad y ajustes en la competencia. (v) revisar el factor de producción eficiente en la fórmula del precio del biodiesel ya que actualmente no incluye dos requisitos de calidad que fueron agregaron en el 2023: la reducción de humedad y la filtración en frío del biodiesel.
- Los actores resaltan el uso de biocombustibles reduce significativamente los efectos negativos sobre el medio ambiente (pero no proveen cálculos de su costo eficiencia dentro de una curva MACC). Las cifras enunciadas por algunos actores (sin modificación por Fedesarrollo) plantean que el impacto ambiental del etanol generaría entre un 50% y 75% menos emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en comparación con la gasolina convencional, reduce las emisiones de otros contaminantes ya que el etanol no contiene azufre, aporta oxígeno y, en lugar de emitir CO₂, genera oxígeno. Según las cifras proporcionadas por los entrevistados, una mezcla de gasolina con 10% de etanol reduce las emisiones en un 14%, con un factor de 1.6181 kg de CO₂ por galón, mientras que la mezcla de biodiésel al 10% disminuye las emisiones en un 3%, equivalente a 9.8308 kg de CO₂ por galón. Según el ciclo de vida de los biocombustibles, en Colombia se ha establecido que el factor de emisiones del bioetanol es de 2.6 kg de CO₂ por galón, frente a 10 kg en la gasolina; para el biodiésel, es de 2 kg de CO₂ por galón frente a 12 kg en el diésel. Mantener un contenido de etanol al 10% en las gasolinas contribuiría a una reducción de aproximadamente 0.4 millones de toneladas de CO₂ al año (MtCO₂/año) hacia 2030 en el parque automotor. Según Fedetranscarga, la combustión de biocombustibles adquiridos por en 2023 permitió reducir 3.2 millones de toneladas de GEI, una cifra diez veces mayor a la reducción alcanzada por la totalidad del parque automotor eléctrico e híbrido en Colombia.
- En términos sociales, los entrevistados plantean que los biocombustibles ayudan a reducir las brechas regionales al generar 470,000 empleos directos e indirectos en la agroindustria de palma de aceite y caña de azúcar, de los cuales 90,000 están directamente vinculados a la producción de biocombustibles, aportando. Además, el 31% de los productores en la industria palmera son mujeres, lo cual promueve la inclusión en un sector que representa el 2.8% del PIB manufacturero nacional. Aunque varios actores destacan los beneficios que la producción de biocombustibles trae a las regiones productoras, también señalan asimetrías en el mercado. Por ejemplo, algunos entrevistados plantean que el sector del etanol cuenta con extensas

exenciones tributarias e incentivos, que, si bien favorecen la economía regional, también pueden promover monopolios y limitar la entrada de nuevos productores. Un ejemplo de esto es que el sector es particularmente próspero en regiones como el Valle del Cauca, el Eje Cafetero y Bioenergy en Santander, con pocos grandes productores, contrario a lo que sucede con el biodiésel donde hay mayor incidencia de pequeños productores de aceite de palma.

- Dentro de la lógica de promoción industrial que dio origen a la política de fomento a los biocombustibles, algunos entrevistados plantean que el desarrollo de los biocombustibles ha impulsado el crecimiento de la producción agrícola: el biodiésel aumentó en un 56% y la producción de aceite de palma en un 96%, fortaleciendo el sector palmero y fomentando la expansión agrícola. En Colombia, se estima que, de los 23 millones de hectáreas con vocación agrícola, solo 6 millones están actualmente cultivadas, ya que gran parte del terreno se destina a la ganadería, que genera mayores emisiones contaminantes que el cultivo de palma.
- Los actores coinciden en que la producción de biocombustibles no compite con la producción de alimentos en el uso de tierra y agua.
- Los actores plantean la necesidad de que haya más funcionarios técnicos en los cargos de definición de los precios de los biocombustibles. Es necesario un equipo técnico en el MME que sea capaz de desarrollar una mejor normatividad que impida el arbitraje indebido; esto sería ajustando las fórmulas de los precios de los biocombustibles a paridad de importación en el alcohol importado, algo similar a lo de Ecopetrol con la gasolina. El desfase de 6000 COP por importación se lo quedan los mayoristas y estos no toman los riesgos del mercado de los biocombustibles.
- Los productores plantean que el biocombustible importado no contribuye al empleo ni a la economía interna de Colombia, por lo que se recomienda fomentar el consumo del producto nacional.
- Los productores recomiendan que, para fortalecer la participación de pequeños productores en el sector del biodiésel, se recomienda fomentar la creación de cooperativas rurales que permitan su integración, promoviendo la economía circular y la producción de biocombustibles a partir de residuos, un proceso más eficiente que no requiere grandes extensiones de tierra y generaría externalidades positivas en el campo colombiano.
- El desarrollo de los biocombustibles de segunda generación, como el SAF y el HVO son una apuesta atractiva con menor huella ambiental ya que se produce por medio de residuos. Como incentivos al desarrollo de este mercado se espera que se apliquen exenciones de los biocombustibles de segunda generación. En cuanto al precio, se recomienda que, el SAF tenga un precio libre, ya que las aerolíneas tienen apetito de consumir este combustible, pero pueden optar por su sustituto. Al ser un mercado voluntario no habría necesidad de regular el precio.
- Para el precio del etanol se recomienda tener en cuenta que el precio de los aceites siempre está por encima del petróleo y tiene a ser muy volátil. Con lo anterior, se recomienda que la resolución de precios del biodiesel refleje el valor de la materia prima en el mercado local para garantizar un adecuado y eficiente abastecimiento.
- El biodiesel de palma reduce el impacto ambiental y genera empleo. Este biocombustible reduce las emisiones de material particulado PM10 y PM2.5 y reduce emisiones de GEI entre 83-103%. Además, al ser la palma un cultivo intensivo en mano de obra, con más de 197000 empleados,

el crecimiento del cultivo ha generado empleo formal, estable y de calidad, con más del 14% empleo directo femenino, más del 82% es empleo formal, el 63% de los trabajadores con contratos mayores a un año.

- La palma tiene un efecto multiplicador en las regiones generando desarrollo y crecimiento económico de forma permanente. En Colombia hay 4 zonas palmeras, es el segundo cultivo en área del país con 7881 palmicultores de los cuales el 75% son pequeños, con hasta 20 ha. El sector aporta el 12,1% en el PIB agrícola nacional En 2023 se produjo 1,8 millones de Ton/ COP 7,5 billones

2.5. Evaluación reflexiva

1. ¿Cuáles son las dos grandes debilidades y los dos grandes aportes del programa de biocombustibles?

- La primera debilidad es que la introducción de los biocombustibles en Colombia corresponde a una política de diversificación de combustibles líquidos y promoción industrial, definida en las circunstancias de hace dos décadas. Esta política debe actualizarse para que tenga como objetivo central el cumplimiento de los compromisos NDC de descarbonización del transporte para 2030, que es el sector individual que más contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (cerca del 12% del total), y como objetivo complementario la inserción de la industria productora de insumos en una industria 4.0 basada en biotecnología y la producción diversificada de bienes de alto valor agregado. La segunda debilidad es que las fórmulas de formación de precios generan ganadores y perdedores en la cadena de suministro, atrinchera los intereses importadores y no estimulan la transformación acelerada de la industria con inversión en I+D+i.
- El primer aporte de los biocombustibles consiste en haber reducido la presión sobre la refinación doméstica y las importaciones de líquidos. El segundo aporte ha sido la reducción de emisiones de GEI y material particulado. El primer aporte es un impacto positivo en la macroeconomía y, en menor proporción a la balanza de pagos (hay un swap de importaciones de líquidos por importaciones de biocombustibles). El segundo aporte no se ha evaluado por una priorización dentro de una curva de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas in inglés) de GEI que demuestre que los aportes de los biocombustibles ameritan exenciones tributarias en comparación con otras intervenciones de descarbonización.

2. ¿Qué intereses deben alinearse para lograr una reforma que reduzca sus costos fiscales en el largo plazo, y cuál es el costo del alineamiento de intereses?

Se debe estimular la adopción acelerada de tecnologías del sector de producción de las materias primas de los biocombustibles para que ingrese por diferentes canales a la bioeconomía, la biotecnología y a la economía circular. Esta política requiere un período de transición durante el cual se otorgaría un doble subsidio (exenciones fiscales a la producción, primas para financiar I + D + i), seguido de un período de costo fiscal cero en el cual los combustibles no requieren apoyos

públicos porque son competitivos o porque los productores de materias primas se han enfocado en nichos distintos al energéticos.

3. ¿Es necesario subsidiar simultáneamente a la oferta y a la demanda desde la óptica de economía del bienestar?

Dentro de una política de descarbonización, sólo se deben subsidiar las intervenciones de costo marginal de abatimiento menor al impuesto al carbono, y sólo hasta el costo de oportunidad del biocombustible respectivo (paridad de importación), sin comparar con los mercados del azúcar o de otros usos finales del aceite de palma. El nivel de mezcla debe reflejar la posición relativa de los biocombustibles en una curva MACC. La demanda de combustibles (distinto de los biocombustibles) debería subsidiarse únicamente en los segmentos de pobreza energética sin sustitutos, y se debe implementar con subsidios al hogar y no a través de precios diferenciados.

4. ¿Se puede desregular el programa de biocombustibles?

El programa se puede desregular por fases, la primera de la cuál es la asignación competitiva de contratos de suministro con premios para los productores eficientes, seguida de un programa de eliminación de subsidios y fondeo de la reconversión de productores que salen del mercado por ineficiencia en el mercado energético.

5. ¿Cómo se relaciona el programa con la transición energética?

El programa de biocombustibles debe apoyar decididamente a los productores domésticos que aporten de manera costo-eficiente a la descarbonización.

6. ¿Cuáles son los impactos económicos y sociales del programa de biocombustibles?

Principalmente en la contribución de las productoras de biocombustibles al PIB agrícola y al empleo.

Apéndice. Entrevistas

Remuneración y sostenibilidad fiscal

	¿Qué cambios propondría en la política de subsidios y a los incentivos tributarios para la producción de biocombustibles?	¿Cuáles cambios introduciría a la fórmula de remuneración de los biocombustibles y al FEPC?
COMBIOS	Los productores de biodiesel nacional no están de acuerdo con el precio nacional, tienen mejor mercado internacional lo que les da incentivos para incrementar la importación. En Europa el aceite de palma si se usa para la producción de biodiesel. El precio del biodiesel es independiente del Diesel, por ello se recomienda que se fije como se fija el precio del biodiesel. En el alcohol hay dos fuentes para la formula; nacional e internacional, se recomienda que los precios sean independientes: el nacional debe fijarse de acuerdo con el precio del azúcar y el internacional debe tener en cuenta el costo de paridad de importación. Comprar etanol nacional representa una pérdida de 6000 COP para los mayoristas.	Con el precio nacional mayor al internacional los márgenes son mayores, por ello se debe al precio del dólar y el precio de la gasolina a la que le han quitado los subsidios. Es rentable para los mayoristas importar pues ganan una diferencia de 6.000 COP. La diferencia del precio se queda en los mayoristas. Para aliviar estos desniveles es necesario que tengan en cuenta el costo de paridad de importación. Además, el alcohol importado no tiene los niveles de calidad del alcohol nacional se recomienda solicitar pruebas o los certificados de los importados son falsos. Se deben controlar y revisar las huellas de carbono, ya que hay plantas lejanas al territorio colombiano que llegan con menores huellas de carbono.
ASOCAÑA	La producción de etanol no tiene incentivos tributarios. Las exenciones tributarias corresponden a los impuestos sobre el consumo de combustibles. No se puede tratar al etanol como hidrocarburo, se deben ponderar los beneficios del etanol del Valle del Cauca para el medio ambiente; baja en un 74% las emisiones del GEI en comparación con los combustibles fósiles. Las exenciones tributarias se asocian con las cargas tributarias a la gasolina, pero no hay beneficios tributarios para el etanol, la producción nunca tuvo beneficios tributarios. Los beneficios han sido transversales, del sector agrícola o industriales.	La fórmula tiene 3 componentes: precio fijo (de salvamento), precio de los insumos (la caña no tiene un mercado claro entonces se toma como referencia el azúcar refinado, pero no se incluyen los costos asociados a la refinería), precio del combustible fósil (gasolina con ciertos ajustes). Donde, el techo es el precio de la gasolina en Bogotá inmediatamente el mes anterior. No hay incentivos para hacer etanol, pero sí o sí hay que producir etanol en las fábricas duales. Para ASOCAÑA el techo es mortal porque rompe la indiferencia con el costo de la materia prima.

ACP	Se debe establecer la necesidad de señales de política pública desde el gobierno nacional con una mezcla estable. La mezcla está sujeta a las dinámicas del mercado. Se recomienda que la mezcla de etanol y biodiesel va a gozar con estabilidad. Una señal de política de que no se va a bajar del 10. Se recomienda una buena señal de la política pública, que se defina una mezcla, la mezcla de estos biocombustibles debe gozar de una estabilidad, una revisión periódica y continua, para esto se recomienda cada 5 años como lo tiene la de gas. La competencia puede o no llevar a 3: libertad regulada, libertad y libertad. Se debe evaluar la dinámica de competencia. 1. Diversificación de materias agrícolas para la producción de biocombustibles 2. Vinculación y participación de pequeños productores locales. 3. Economía circular y combustibles de segunda generación de residuos (SAFT) Ya hay leyes que generan exenciones tributarias a los biocombustibles de palma y azúcar.	Se recomienda que se mantenga y aumente la mezcla de biocombustible; esto genera una estabilidad de productores nacional. Lo mismo para el biodiesel con un mecanismo de actualización automática con periodicidad mensual ya que la actual limita la producción de biodiesel. Además, se recomienda desligarlo del FEP. El fondo es bueno como herramienta, pero la forma como se ha utilizado no es la adecuada. Adicionalmente hay grupos específicos que se ven afectados y pueden cubrirse y hay otros que prefieren importar. Una focalización de estos agentes puede ser un camino que estos agentes pueden utilizar. Se debe evaluar la dinámica de competencia y consideran que debe ir hacia la libertad regulada. El precio techo limita la producción nacional del etanol. Al biodiesel recomienda una actualización automática del ingreso al productor que sea mensual y evite el rezago que en octubre provocó la reducción de la mezcla al 8%. Un subsidio focalizado de los agentes productores del diésel. Hacer los pagos en un periodo no mayor a 15 días, eliminación gradual del subsidio del diésel; revisar la fórmula de forma periódica y ligarla a la economía nacional, la focalización y una campaña de comunicación o socialización para llevar a cabo el desmonte del subsidio al combustible fósil.
------------	---	---

UPME	Se recomienda que el PIBE (Plan Indicativo de Biotecnología) y la proyección de precios, que se alineen con lo que tienen, el plan indicativo de los combustibles líquidos. Política de no subsidiar más los combustibles fósiles. Se propone seguir subsidiando los biocombustibles, de pronto aumentar un poco más la mezcla, debería haber un incentivo a que la calidad técnica o calidad del producto esté acorde con lo que se está pronosticando. Por último, la fórmula debería estar atada a la calidad del producto.	Se proponen dos alternativas: exigir una mejor calidad del producto a nivel nacional, que estén acorde con el estándar internacional pagando el diferencial. O se mantiene la calidad nacional pero no se debe pagar el diferencial del precio internacional. Se suben los estándares internacionales o no se remunera todo parara generar incentivos a mejorar la calidad del producto
FEDEBIOCOMBUSTIBLES	Eliminar los techos de los precios en ambos biocombustibles. El precio del aceite de palma depende de sus materias primas, donde el 81% de los componentes es el aceite de palma, 5% metanol, 15% factor de producción eficiente y-1 crédito de la glicerina. Fedebiocombustibles es precio aceptante de los precios de las materias primas. La fórmula tarifaria de Fedebiocombustibles no está alineada con la fórmula de FEP, los precios de la palma cada vez son dados, en el caso del biodiesel no, suele pasar que el precio de la palma se ajusta, pero el del biodiesel no. El desfase ha costado 90mil millones de pesos de lo que va el 2024. El productor está asumiendo el desfase por el desajuste de los precios entre la materia prima y el biodiesel. Se debe cumplir el marco regulatorio de los precios de los biocombustibles. El factor de producción eficiente no incluye dos requisitos de calidad que son la reducción de humedad y la filtración en frío del biodiesel. El factor de producción eficiente se debe regular. Estos dos factores se agregaron el año pasado pero este factor no incluye estos cambios. El techo en la banda del biodiesel genera rigideces de los precios del biodiesel, lo mismo ocurre para el etanol con el techo de la gasolina oxigenada en Bogotá	Los precios de los combustibles fósiles no internalizan la emisión de GEI, los precios de los fósiles son mucho menor a los de los biocombustibles y, además, los primeros tienen subsidio. El impacto ambiental no se ve contrarrestado con los precios de los combustibles fósiles Se recomienda que los primeros días del mes se emita la resolución de precios. Además, se debe disminuir el poder de mercado de los biocombustibles de los mayoristas y aplicar medidas y correcciones de competencia desleal contra los mayoristas, hay asimetrías que están ocasionadas por la regulación que le da poder a mayorista sobre los precios. Esto termina en amenazas como incremento de importaciones de biocombustibles. Es necesario quitar la palanca de los mayoristas en el mercado, a través de un sistema de información gestionado por el estado y contratos que estipule que lo que se contrate y los precios de acuerdo con la regulación.

FEDETRANSCARGA	Los subsidios permiten que las economías capitalistas crezcan de tamaño. El precio del biodiesel siempre ha sido más costoso que el precio del combustible fósil. Los transportadores de carga invierten en el pago de biodiesel 3.3 billones de pesos 0.2% del PIB. Las exenciones de estos biocombustibles permiten que el costo de estos no sea tan alto. 80% de la carga en Colombia se mueve en diésel, el 20% restante no se da por carretera. En carga no se usa gasolina. Todos los carros son diésel, los vehículos importados tienen que ser euro6, pero son motores diésel.	Fedetranscarga considera que la formula del precio del diésel debe ser modificada. La metodología del precio de paridad encarece el precio, se recomienda que el precio se determine por el precio de producción real, más una utilidad razonable para el productor: fórmula del precio en Colombia. Se estableció en el paro del 2024 establecer el precio del diésel en Colombia. Pero solo se interesan por el precio del diésel, ya que el biodiesel es solo el 7% de mezcla.
FEDEPALMA	A nivel mundial el biodiesel siempre ha sido apoyado por políticas públicas o a través de subsidios directos o exención de impuestos. Lo anterior responde a que el precio de los aceites siempre está por encima del petróleo, esto implica la necesidad de desarrollar políticas para el desarrollo del biodiesel, está exento de IVA, de arancel, no se calcula el impuesto al carbono en la producción del biodiesel. Se recomienda quitar de forma escalonada el subsidio al Diesel beneficiaria al mercado del biodiesel. Ningún programa de biocombustibles en el mundo se mueve en un sistema de libre mercado, hay subsidios a los productores de los insumos o del biocombustible.	Es necesario que la resolución de precios del biodiesel refleje el valor de la materia prima en el mercado local para garantizar un adecuado y eficiente abastecimiento. Se debe reconocer la volatilidad de la materia prima en el precio del biodiesel.

ECOPETROL	Desde la perspectiva de futuros productores de SAF y HB2, se han adelantado conversaciones con gremios y actores interesados para un posible proyecto de ley para promoción de la producción y consumo de estos biocombustibles. Se ha estado trabajando en el desarrollo de la hoja de ruta del SAF, actualmente el biodiesel y el etanol son exentos del IVA, se espera que pase lo mismo para el SAF renovable. Desde la parte de los productores, en un principio, cuando se hizo el tema de la producción se hizo una exención de renta que se espera también sea para el SAF y el diésel renovable. La mezcla obligatoria sufrió un proceso de escalonamiento hasta alcanzar el 10%, eso es parte de lo que se ha explorado para los biocombustibles de segunda generación. Si bien no son productores de biocombustibles hoy en día el proyecto de ley para la acogida de las exenciones de los biocombustibles de segunda generación como el SAF es de la Aerocivil.	SAF y HVO se ha propuesto al gobierno nacional que el SAF tenga un precio libre, ya que las aerolíneas tienen apetito de consumir este combustible, pero pueden optar por su sustituto. Al ser un mercado voluntario no habría necesidad de regular el precio. Respecto al HVO se está indagando sobre este mercado. La fórmula se diseñó de acuerdo con el contexto de la época y la política pública tuvo un enfoque estático. Pero en la actualidad ya hay un mercado consolidado de biocombustibles, como commodities, por lo que, vale la pena reconsiderar si la metodología de la época se adapta a las condiciones de mercado actuales. 1. La fórmula no sea ser discrecional del gobierno ni ceder a presiones políticas. 2. La metodología del FEP se debe aplicar con juicio. El funcionamiento del pago y del funcionamiento del FEP, debido a que no se sigue la metodología el déficit sigue creciendo, estos son financiados por ECOPETROL y se ve afectado. Además, se recomienda que disminuyan los plazos de pago y liquidación acumulado o en su defecto que se liquiden.
-----------	---	---

Impactos ambientales y de salud pública

	¿Cómo evalúa el desempeño ambiental de los biocombustibles en comparación con los combustibles fósiles en términos de emisiones de diferentes contaminantes del aire, uso de la tierra y agua?
COMBIOS	El impacto ambiental es entre 50 y 75% menos Gases de Efecto Invernadero que la gasolina. Hay normas internacionales que delimitan la reducción de GEI que deben reducir los biocombustibles.
ASOCAÑA	El etanol es un producto puro, mientras que la gasolina es una mezcla de diferentes compuestos, incluido el azufre y el etanol reduce como el monóxido de carbono. Además, para la producción se emplea el bagazo, después de la molienda de la caña. El etanol baja en un 74% las emisiones del GEI en comparación con los combustibles fósiles.

ACP	La estabilidad de la mezcla genera una reducción de emisiones y es la mejor medida costo eficiente para esta reducción de las emisiones del campo automotor. La mezcla del 10% de etanol reduce 14% de emisiones un factor de 1,6181 (kgCO₂/gal) y la mezcla del 10% de biodiesel reduce el 3% 9,8308 (kgCO₂/gal) El mantener al 10% el contenido de etanol en las gasolinas aportaría a una reducción de emisiones del parque automotor de aproximadamente 0,4 millones de toneladas de CO₂/año (MtCO₂/año) a 2030, sin costos fiscales adicionales por incentivos tributarios ni necesidad de inversiones en infraestructura y vehículos.
FEDEBIOCOMBUSTIBLES	El aporte que hacen los biocombustibles a la descarbonización, esto viene a partir del ciclo de vida. Los valores de referencia usados en Colombia, el factor de emisiones del bioetanol es 2.6 kg de co₂ por galón vs 10 de la gasolina y del biodiesel 2 kg de co₂ por galón vs 12 del diésel. Con el consumo del 2023 se redujeron 3,2 MTon de CO₂/Año. Además, el octanaje del etanol tiene 120 octanos vs la gasolina que tiene 84. Biodiesel tiene 69 cetano vs el diésel 48. Por último, los biocombustibles reducen la producción de 800 toneladas anuales de material particulado
UPME	Los biocombustibles del país reducen las emisiones de co ₂ equivalentes, en qué medida estos biocombustibles reducen las emisiones de co ₂ equivalente.
FEDETRANSCARGA	El biocombustible ha determinado una disminución en contaminación en el país, aunque Colombia no es un país muy contaminante en comparación con otros países. La combustión de los biocombustibles comprados por Fedetranscarga en el 2023 redujo 3.2 millones de toneladas de GEI lo cual es 10 veces mayor a la reducción que hace la totalidad de parque automotor eléctrico e híbrido en Colombia. Los que más contaminan en el país son la industria en Colombia, no los transportadores. La mezcla en el parque automotor puede aumentar
FEDEPALMA	El biodiesel de palma reduce las emisiones de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5} contribuyendo a mejorar la calidad del aire en los grandes centros urbanos. El biodiesel de palma producido en Colombia reduce significativamente emisiones de GEI entre 83-103%. Varios estudios a nivel nacional e internacional han demostrado que el cultivo de la palma de aceite en Colombia no es motor de deforestación en el país. Según el 99% del área cultivada en palca de aceite en Colombia es libre de deforestación. El 0,03% de la deforestación en los departamentos está asociada a la palma
ECOPETROL	los biocombustibles, aunque vengan de materias orgánicas mejoran la calidad y desempleo de los combustibles fósiles, y en términos de ventajas ambientales se muestran con la disminución de las huellas de carbono.

Impactos económicos regionales

	¿Cuáles son los costos y beneficios de la producción de biocombustibles para las regiones productoras?	¿Compite la producción de biocombustibles con la producción de alimentos por el uso de la tierra y el agua?
--	--	---

COMBIOS	Los negocios de los biocombustibles tienen muchas exenciones tributarias, tiene muchos incentivos para las regiones lamentablemente se crean monopolios que no permiten el ingreso de otros productores. Combios ha considerado la creación de una planta de biocombustibles, pero con el arbitraje actual es difícil. Mientras el gobierno no entienda el dinero que se está quedando en manos de privados no se verá fácil el camino	La producción de azúcar y etanol no compiten, la producción de azúcar en Colombia satisface la demanda interna y exporta. Lo mismo ocurre con la producción de biodiesel, en Colombia abunda la palma y la producción de aceite de palma es suficiente.
ASOCAÑA	El precio de los insumos en Colombia subió debido al estallido social del 2020. La ley 693/2021 con objetivos de saneamiento ambiental, desarrollo y empleo rurales e industrial, por último, la seguridad energética. Una industria nacional sólida puede garantizar el alcance de esas tres componentes mientras que las importaciones no. Los consumidores solo consumen el etanol doméstico cuando obtienen un beneficio de este, pero no se garantiza un consumo constante.	No compiten ya que, los azúcares que no cristalizan son los que se entregan a la planta de etanol, son complementarios. El proceso de etanol es consecuente al proceso de azúcar; el material que no se aprovecha en la producción de azúcar es insumo para el etanol. Si hay almacenamiento de estas mieles, los procesos de fermentación de aceleran por lo que, es vital producir ambas corrientes al tiempo para no tener pérdida de insumos. Las plantas ya han sido adaptadas para procesar ambos productos. Si se paran las corrientes de proceso se genera contaminación
ACP	Se recomienda la incorporación de pequeños y promocionar para que cooperativas rurales y pequeños productores puedan incorporarse y diversificar la oferta y la promoción de la economía circular y generación de biocombustibles mediante residuos; la producción es más eficiente, no se usa factores productivos como la tierra.	
FEDEBIOCOMBUSTIBLES	El aporte que hacen al cierre de brechas en los territorios, 470mil empleos directos e indirectos (agroindustria palma de aceite y caña de azúcar). 90mil empleos en biocombustibles con lo que aportan a la economía del país. Además. los biocombustibles aportan el 31% de los productores son mujeres en la industria palmera. Aportando al 2.8% del PIB manufacturero nacional	No hay competencias, son procesos complementarios que promueven un menor impacto ambiental y el desarrollo de las regiones productoras.

UPME	Hay costos que se deben considerar en el análisis costo beneficio. Algunos estudios pueden presentar magnitudes mayores que otros, en los estudios sectoriales hay una diferencia. En Colombia los biocombustibles parten de otro proceso productivo. Los indexadores de los biocombustibles tienen los indexadores del país y hay un trade off entre vender un producto y el otro.	UPME considera y mapea los biocombustibles a partir de residuos, y estos no compiten con la producción de alimentos
FEDETRANSCARGA	La producción de biodiesel en el país creció un 56% y la producción de aceite de palma en un 96%. La producción del biocombustible jalonó el sector palmero. Esto ha motivado el incremento de la producción del sector agrícola. En la medida que aumenta la siembra de palma aumenta el comercio de estos, lo cual aumenta el transporte de materias.	No hay competencia entre factores de producción, no hay un enfoque de la producción y hay ineficiencias, no hay interés en el desarrollo del agro. Se queda en recomendaciones de política pública. La actividad de producción de palma africana y la frontera agrícola, Colombia tiene 23 millones de hectáreas con vocación agrícola pero solo hay 6 millones de hectáreas utilizadas para el sembrado de cultivo. Hay tierra, pero son usadas por el sector pecuario que genera mayor contaminación que el cultivo de la palma
FEDEPALMA	La señal de política de un nuevo mercado local con la producción de biodiesel dinamizó las siembras y aumentó su impacto en la economía rural del país. Al ser la palma un cultivo intensivo en mano de obra, el crecimiento del cultivo ha generado empleo formal, estable y de calidad. más del 14% empleo directo femenino, más del 82% es empleo formal, el 63% de los trabajadores cuentan con contratos mayores a un año. con más de 197000 empleados. Además, la palma tiene un efecto multiplicados en las regiones generando desarrollo y crecimiento económico de forma permanente.	En Colombia no hay disyuntiva entre la alimentación y los biocombustibles, el consumo humano está lentamente atendido e incluso hay excedentes exportables. La frontera agrícola en Colombia es de más de 40 millones de hectáreas y solo se usan 8 millones. Hay 5.2 millones de hectáreas con aptitud alta y otros 10.8 millones de hectáreas con aptitud media para palma de aceite

Consultoría para evaluar las actuales metodologías de remuneración de biocombustibles en Colombia

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

22 de noviembre de 2024

Entregable 3: Propuestas de ajuste de precios y mezcla

Resumen

Se establecen principios de política para la formación de precios, basados en eficiencia económica y en actualizar la política original de biocombustibles para que se alinee con los compromisos internacionales de descarbonización del país. Se propone eliminar el sistema de fórmulas y migrar a un esquema de subastas de compra con un precio techo igual al precio de paridad de importación. Este esquema es más transparente y revelará información sobre la competitividad de la producción doméstica para análisis sobre su dinámica dentro de las opciones de descarbonización del transporte.

Las subastas dan una primera oportunidad a la producción doméstica para evitar su desplazamiento total por las importaciones. Se propone otorgar una prima a los productores nacionales competitivos, para que inviertan una parte de ella en I+D+i, que permita consolidar su competitividad en el mercado de descarbonización y/o en mercados alternos, con base en biotecnología.

Las simulaciones de la nueva política de formación de precios de los biocombustibles arrojan, para un período de evaluación de 11 años, un valor presente de ahorros de compra de COP\$ 1,77 para el alcohol carburante, y de COP\$ 4,06 billones para biodiésel. Por tanto, se recomienda al estado implementar la reforma propuesta.

Como recomendaciones complementarias, se propone crear un fondo de transición justa para facilitar la reconversión de productores que quieran modernizarse (y de su fuerza laboral) y tengan una estrategia de salida en otros mercados, y que el mercado de combustibles de segunda generación (especialmente combustibles sostenibles para aviación con base en residuos orgánicos) se liberalice, puesto que será voluntario y está sujeto a la presión de la oferta en diferentes aeropuertos internacionales.

Por su importancia para la sostenibilidad del sector, se añade una propuesta detallada de estabilización de precios para el FEPC de costo fiscal cero (con uso de derivados), que se puede poner en marcha en paralelo con la reducción de los subsidios a los combustibles fósiles.

Índice

Sección 1. Principios de política pública y propuesta de reforma

1.1. Principios de política pública

1.2. Propuestas de reforma

Sección 2. Proyecciones y simulaciones

Introducción

2.1. Sección 2.1. Metodología de cálculo de costos de paridad de importación (PPI)

2.2. Cambios en emisiones

Sección 3. Evaluaciones e impactos

3.1. Análisis costo-beneficio, salud pública, pobreza energética y monetaria

3.2. Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles

3.3. Evaluación de impacto regulatorio (EIR)

Apéndice. Propuesta de estabilización de precios de los combustibles con costo fiscal cero para reformar el FEPC, basada en derivados

Sección 1. Principios de política pública y propuestas de reforma

1.1. Principios de política pública

Como resultados del diagnóstico, las entrevistas y la evaluación reflexiva del Producto 2, se proponen los siguientes principios para reforma la formación de precios y la mezcla de los biocombustibles se proponen los siguientes principios:

- **La política de biocombustibles debe reflejar las prioridades de descarbonización e inserción en la bioeconomía.** La producción de biocombustibles debe apoyar el logro de las metas de descarbonización del transporte, en competencia con otras modalidades de movilidad, como la electromovilidad, que en el nicho de transporte masivo urbano tiene evaluación económica positiva a pesar de sus altos valores de CAPEX, y cobeneficios a la reducción de material particulado.
- **Los biocombustibles deben competir disciplinadamente en el mercado de la descarbonización.** Los biocombustibles deben convertirse en opciones de atractivas en el contexto de los portafolios internacionales de inversión en descarbonización (fondos financiados con bonos verdes o temáticos, capital de riesgo). De lo contrario, no serán sostenibles. Para ello es útil calcular sus costos marginales de abatimiento y ubicarse en una curva en competencia con otras alternativas de descarbonización. En caso de que los precios domésticos de los biocombustibles no sean competitivos y sus aportes a la descarbonización, se debe fondear la reconversión industrial de los productores y de la mano de obra empleada (Contingencia 1). En caso de que la evolución del mercado de transporte hacia otros combustibles (hidrógeno, gas licuado, electromovilidad) sea de mejor costo efectividad en la remoción de GEI, se debe programar el desmonte gradual de los biocombustibles (Contingencia 2), se debe fondear su reconversión de manera similar a la propuesta para la Contingencia 1)
- **Las compras de biocombustibles deben generar precios eficientes.** Esta decisión ayuda a revelar información sobre la competitividad de la industria productora, tanto en el ámbito doméstico como en relación con los mercados internacionales de combustibles. De esta manera ya no se requieren fórmulas de precios, y el modelo de remuneración sólo tendrá un parámetro en precios (precio techo del contrato de suministro por un período determinado. Además, la compra por contrato se convierte en un mecanismo de estabilización de precios que reduce los riesgos del productor y reduce la volatilidad del mercado final, de manera costo-eficiente.
- **El estado debe apoyar la adopción acelerada de tecnologías en el sector de biocombustibles.** Se debe premiar a los productores más competitivos para que puedan avanzar, con uso de I+D+i, en poli generadores en biorrefinerías, aplicaciones de IA para biotecnología, modelaje computacional para aprovechar la biodiversidad, la secuenciación genómica y de fragmentos, la edición genética y las mejoras del suelo. El programa será sostenible *para la política de descarbonización* si los costos de importación de biocombustibles son inferiores a los de los

precios internacionales de los combustibles y compiten favorablemente con otras alternativas de descarbonización de usos finales

1.2. Propuestas de reforma

Propuesta 1. Eliminar las fórmulas de formación de precios y subastar las compras de biocombustibles¹. Las fórmulas de precios son opacas y se aplican o suspenden discrecionalmente. La ausencia de competencia efectiva genera consecuencias imprevistas, aumenta los riesgos de los inversionistas y no revela información sobre la eficiencia del Programa. Los mercados organizados, con subastas concurrentes que generan información pública ayudan a remediar estos problemas. La relevación de información y la mejora en la formación de precios se puede implementar con subastas de suministro gestionadas por un tercero calificado e independiente (por ejemplo, la Bolsa Mercantil de Colombia), de la siguiente manera.

- **Primera ronda. Subasta para productores nacionales.** De manera trimestral, el subastador convocará a productores calificados para suministrar las cantidades necesarias para el próximo año para cumplir las mezclas, sin incluir importaciones. Los contratos subastados tendrán un techo de precios igual al precio de paridad de importación de contratos de futuros en mercados transados y las ofertas estarán ajustadas por normas internacionales de calidad y contenido energético. Los contratos tendrán las siguientes definiciones: (i) punto de entrega; (ii) plazos y condiciones de entrega.
- **Segunda ronda. Subasta de importación.** Las cantidades que falten para cumplir las metas de mezcla se subastarán al otro día de la subasta de la subasta doméstica, con el mismo techo de precios y condiciones de la subasta doméstica. En esta subasta podrán participar productores nacionales, actuando como importadores.

Propuesta 2. Implementar el modelo de asignación y uso de las primas para I+D+i en biocombustibles.

Para presionar la competencia en las subastas y avanzar en la transformación de la producción nacional, los productores domésticos que logren vender biocombustibles a través de las subastas entre junio de 2025 y junio de 2029 recibirán una prima del 25% de la diferencia entre el techo de precios y el precio de cierre de las subastas; la mitad del valor de la prima tendrá dedicación libre, y la otra mitad se dedicará a inversiones elegibles en modernización tecnológica propia o en la cofinanciación de I+D+i en programas aprobados por el MME y el MCTI; esta prima se prolongará por 2 años más, con similares proporciones de dedicación.

Propuesta 3. Evaluación comparativa de los biocombustibles en curvas MACC nacionales para ajustar niveles de mezcla.

El costo marginal de abatimiento es el costo adicional del biocombustible por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en una tonelada. Es un cociente cuyo numerador es la

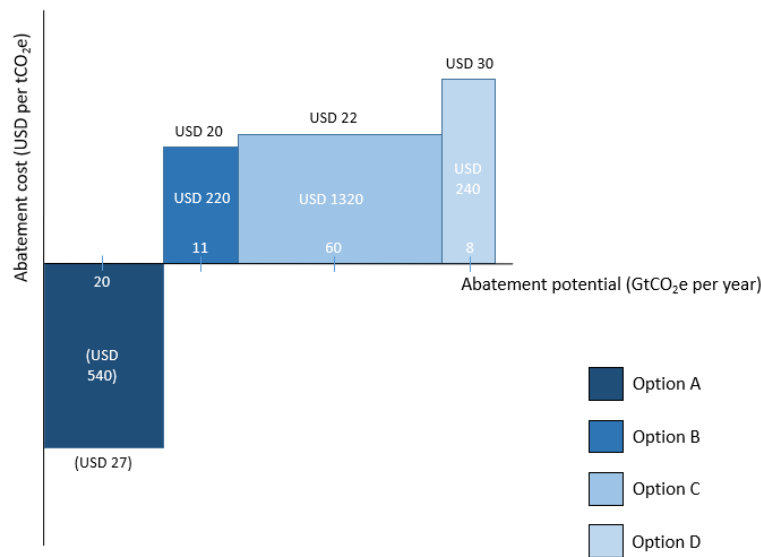
¹ Isaac Newton planteó que ‘Truth is ever to be found in simplicity, and not in the multiplicity and confusion of things’.

diferencia de costos en inversión (CAPEX) más la diferencia en costos de operación y mantenimiento (costo total de propiedad; TCO por sus siglas en inglés) entre una intervención y el *statu quo* (consumir combustibles fósiles), y cuyo denominador es la diferencia en emisiones de eqCo2 entre las dos alternativas.

Este cociente puede ser positivo o negativo. Los costos marginales de abatimiento negativos corresponden a oportunidades que reducen las emisiones con una ganancia económica neta. Cuando un país, una región, o un sector económico tienen n alternativas para reducir las emisiones de eqCO2, cada una con su propio costo y potencial de abatimiento incrementales, estas se pueden ordenar de menor a mayor costo incremental. La curva escalonada resultante se llama curva de costos marginales de abatimiento (MACC por sus siglas en inglés).

Como se muestra en la Gráfica 1, la curva MACC es una colección de n rectángulos cuya altura corresponde al costo incremental y cuya base corresponde a la cantidad de eqCO2 evitada.

Gráfica 1. Ejemplo de una curva MACC



Fuente: CEEW- CEF (2024)².

Suponga que la curva MACC con las unidades ficticias de la Gráfica 1 corresponde a las opciones de descarbonización del sector de transporte (sin subsidios ni exenciones tributarias), que tiene a su cargo la meta de reducir en 41 unidades las emisiones del sector. La mejor alternativa de política pública consistiría en:

² CEEW-CWF (2024). Marginal Abatement Cost Curve (MACC). <https://www.ceew.in/cef/quick-reads/explains/marginal-abatement-cost-curve>

- Facilitar la inversión privada en la opción A para reducir las emisiones en 20, dado que tiene costos negativos de USD 540 (ganancias económicas).
- Apoyar en la opción B, que reduce las emisiones en 11 e incurre en un costo neto de USD 220.
- Finalmente, invertir parcialmente en la opción C, incurriendo en un costo neto de USD 440 que reduce las emisiones en 20.
- El sector privado puede, en principio reducir 20 sin subsidios ni exenciones tributarias (salvo garantías para mejorar el perfil de riesgo de los proyectos con costo negativo).

Los biocombustibles hacen parte de esa colección de n oportunidades de descarbonización del transporte y deben competir en la atracción de inversiones y apoyos públicos escasos en el cumplimiento de las metas NDC de Colombia, sin aspirar a tener un status preferencial. Las Propuestas 1 y 2 ayudan a revelar la ubicación de los biocombustibles en una curva MACC y ayudan a mejorar su competitividad o a disponer de una estrategia sostenible de salida.

Propuesta 4. Crear un fondo de transición justa para la conversión de productores de baja competitividad, y de su fuerza de trabajo.

Se creará una entidad de Transición Justa similar a la que se usa en países como España y Suráfrica, y se financiarán parcialmente activos en actividades elegibles. La mano de obra de las empresas en reconversión recibirá cursos prácticos en habilidades de alta empleabilidad, y acompañamiento en la búsqueda de nuevos empleos.

Propuesta 5. Propuestas complementarias. Algunos actores del mercado de combustibles de Colombia, como Ecopetrol, están evaluando el ingreso al mercado de biocombustibles de ‘segunda generación’ para aviación, usando como materia prima el aceite de cocina usado (HVO, por sus siglas en inglés), y combustible sostenible de aviación (SAF, por sus siglas en inglés), que aprovechan residuos de la producción de hidrocarburos, residuos sólidos urbanos, plásticos, lodos residuales y otras formas de materia orgánica. La mejor alternativa para apoyar el desarrollo sostenible de biocombustibles de segunda generación es a través de conformar mercados voluntarios, y liberalizando los precios (que no deben provenir de ninguna fórmula de ingreso al productor. A pesar del alcance indirecto de los biocombustibles sobre el desempeño del FEPC, es indispensable para la sostenibilidad del sector de combustibles líquidos que: (i) introducir el IVA al diésel; y (ii) se adopte una política legítima de estabilización de precios, que se puede lograr con el uso de derivados a costo fiscal cero (‘collares’ de precios adecuadamente calibrados).

Sección 2. Proyecciones y simulaciones

Introducción

De acuerdo con lo planteado en la propuesta 1, que sugiere eliminar las fórmulas de formación de ingresos al productor (IP) de biocombustibles y establecer un esquema de subastas para su adquisición, incorporando un precio techo para dichas subastas, se proponen y evalúan alternativas para determinar dicho precio. Las referencias internacionales propuestas para la definición de los precios techo se basan en el mercado mundial de biocombustibles.

Para las subastas de alcohol carburante, se considera como comparan los mercados de etanol de Brasil y el de Estados Unidos. En el caso de las subastas de biodiésel, se toman como referencia el mercado de biodiésel de Estados Unidos y el de Rotterdam, que forma parte del ARA Hub (Ámsterdam, Róterdam y Amberes), en los Países Bajos.

En Brasil, el etanol se produce principalmente a partir de caña de azúcar, mientras que en Estados Unidos su elaboración se basa en el maíz. A pesar de las diferencias en las materias primas y los procesos de producción, el etanol puro resultante es químicamente idéntico en ambos casos, cumpliendo con las especificaciones de calidad establecidas para su uso en Colombia.³

En Estados Unidos, el biodiésel se elabora principalmente a partir de aceite de soya. En Rotterdam, que es uno de los principales hubs de comercio de biocombustibles en Europa, el biodiésel se produce a partir de una mezcla de aceites vegetales que incluye colza, soya y palma.

Sección 2.1. Metodología de cálculo de costos de paridad de importación (PPI)

Etanol

El precio de paridad de importación (PPI) referenciado al mercado del etanol proveniente de Estados Unidos incluye el valor del producto en el mercado estadounidense, los fletes marítimos, los costos portuarios, y otros factores como los derechos compensatorios (Countervailing Duties, CVD), establecidos por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia.

El precio de paridad importación (PPI) referenciado al mercado del etanol proveniente en Estados Unidos, $PPIE^{US}$, es igual a:

$$PPIE^{US} = (PE^{US} + CVD^{US} + FM + GP + S + I + FI) + (1 + A) * TRM$$

³ EY (2016). Estudio sobre mercados internacionales de biocombustibles con énfasis en alcohol anhidro y biodiésel a partir de palma africana.

Donde:

PE^{US} : cotización del precio del NYMEX Chicago Ethanol (Platts) publicación Platt's de Standard & Poor expresado en dólares por galón (US\$/Gal)

CVD^{US} : corresponde a los derechos compensatorios (Countervailing Duties, CVD) que equivalen a USD\$ 0.1997/galón.

FM : costo de los fletes marítimos para transportar un galón desde la Costa del Golfo de EE. UU. hasta el puerto de exportación local de la costa colombiana (US\$/Galón).

S : costo de los seguros marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de etanol desde la Costa del Golfo de Estados Unidos hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US\$/Galón)

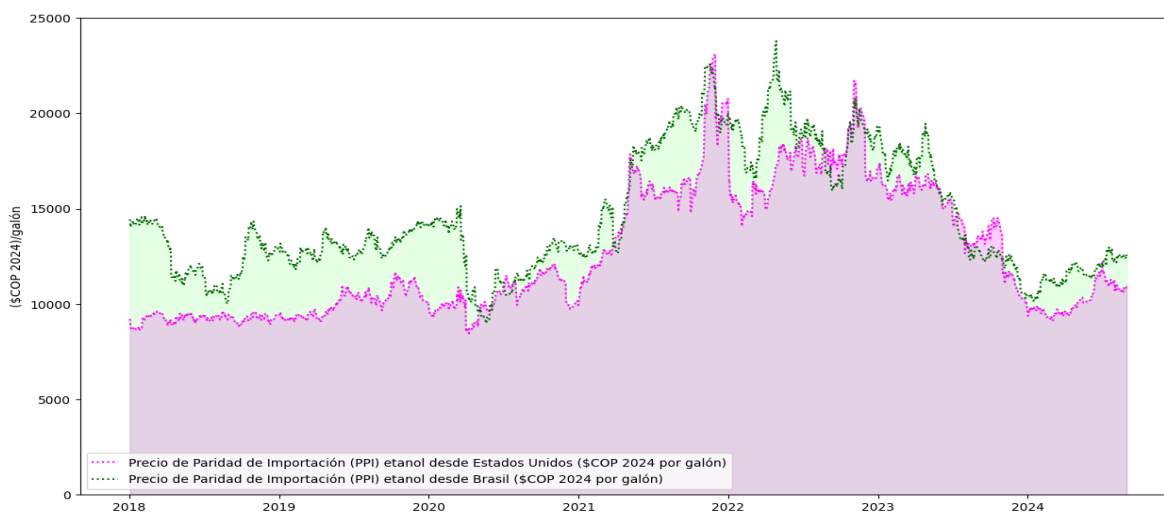
I : valor de las inspecciones de calidad en puerto de cargue y descargue, expresado en dólares por galón (US\$/galón)

A : El arancel aplicable al etanol, se definió con base en la partida arancelaria del producto, 2905110000 (10%)

TRM : tasa de cambio representativa de Mercado vigente para el día t , certificada por la Superintendencia Financiera.

El referente de Estados Unidos se elige porque es más económico que de Brasil (Gráfica 2).

Gráfica 2. Comparación del Precio de Paridad Importación (PPI) etanol de Estados Unidos y el Precio de Paridad Importación (PPI) etanol de Brasil (pesos 2024)



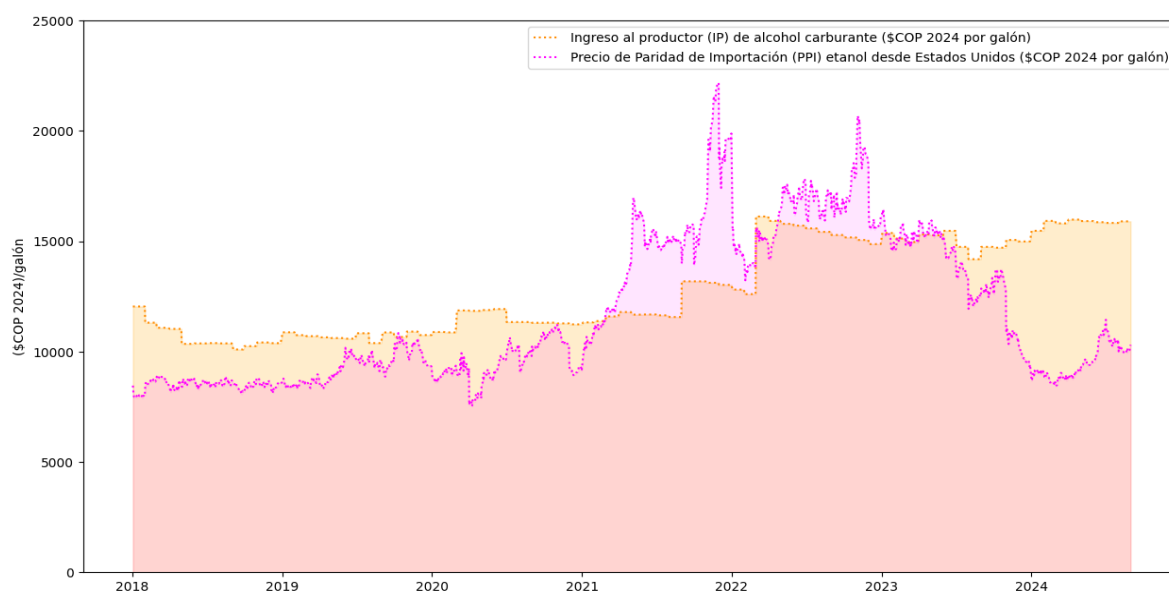
Fuente: elaboración propia Fedesarrollo con base en datos de London Stock Exchange Group (LSEG) y CEPEA⁴.

En la Gráfica 3 se compara el precio de paridad de importación (PPI) del etanol desde Estados Unidos y el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante con la fórmula actual. Únicamente durante los

⁴ CEPEA. <https://www.cepea.esalq.usp.br/en/indicador/ethanol.aspx>

años 2021 y 2022, el PPI del etanol superó al IP del alcohol carburante. Al calcular la diferencia promedio entre el IP del alcohol carburante y el PPI del etanol, se encuentra que es de COP\$ 1047 por galón equivalente al 8,1%, lo que indica que el PPI del etanol se encuentra por debajo del IP del alcohol carburante en dicha proporción.

Gráfica 3. Ingreso al productor (IP) del alcohol carburante versus Precio de Paridad Importación (PPI) etanol desde Estados Unidos (pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME⁵ y London Stock Exchange Group (LSEG).

Biodiésel

El precio de paridad de importación (PPI) referenciado al mercado del biodiésel proveniente de Rotterdam en los Países Bajos, $PPIE^{EU}$, se define como:

$$PPIE^{EU} = (PB^{EU} + FM + GP + S + I + FI) * (1 + A) * TRM$$

Donde:

PB^{EU} : cotización del precio del Palm Methyl Ester (PME) o Fatty Acid Methyl Ester a 0 grados Celsius (FAME 0°C) en el mercado Rotterdam, expresado en dólares por galón (US\$/galón).

FM : costo de los fletes marítimos para transportar un galón desde la Costa del Golfo de Estados Unidos hasta un puerto en la costa colombiana (US\$/galón).

GP : gastos portuarios incurridos en Colombia, expresados en dólares por galón (US\$/galón).

⁵ Estructura de precios de los combustibles.

<https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Estructura-precios-combustibles.aspx>

S: costo de seguros marítimos y terrestres, junto con otros costos asociados al transporte del biodiésel desde el puerto de origen hasta el puerto de importación, expresado en dólares por galón (US\$/galón).

I: valor de las inspecciones de calidad realizadas en el puerto de cargue y descargue, expresado en dólares por galón (US\$/galón).

A: arancel aplicable al biodiésel, calculado con base en la partida arancelaria del producto correspondiente que se asume como 0%

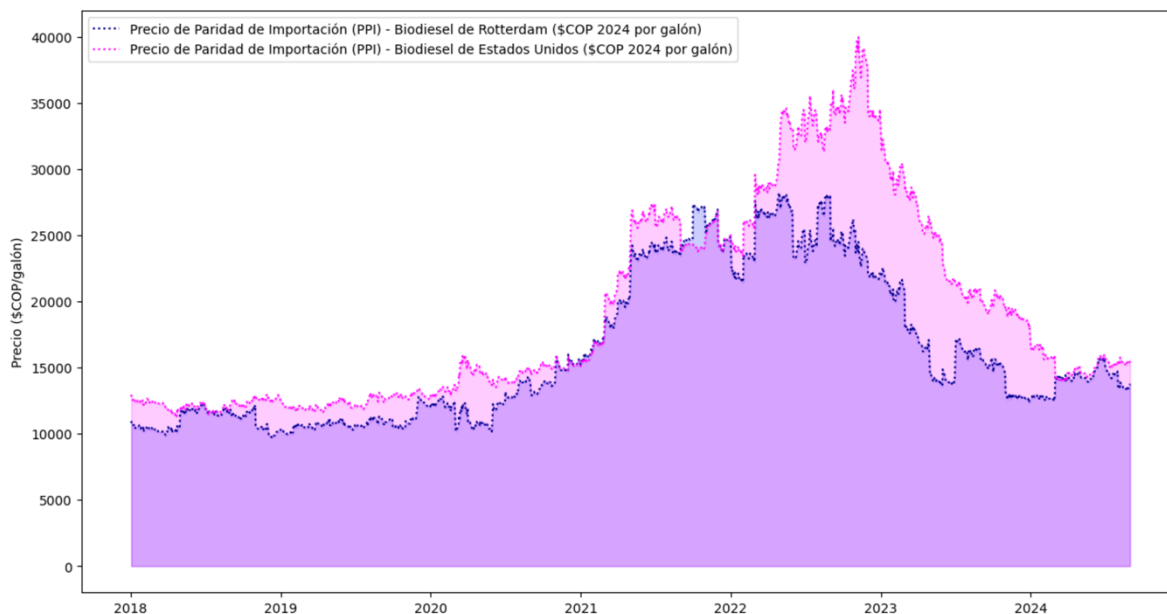
TRM: tasa representativa del mercado vigente para el día *t*, certificada por la Superintendencia Financiera de Colombia.

Hay que tener en cuenta que, de acuerdo con la Ley 939 de 2004, los biocombustibles, incluido el biodiésel, están exentos del pago del impuesto global y del IVA a nivel nacional. Sin embargo, la importación de biodiésel no goza de esta exención. Según el Artículo 171 de la Ley 1607 de 2012, el biodiésel importado está sujeto al Impuesto Nacional a los biocombustibles⁶. Esta diferencia en el tratamiento tributario busca fomentar el consumo de biocombustibles producidos localmente, incentivando la industria nacional y reduciendo la dependencia de importaciones en este sector. Sin embargo, las estimaciones del precio de paridad de importación no contemplan el IVA, considerando que la propuesta representa un cambio de política orientado a la descarbonización al mínimo costo, y no a la promoción industrial.

El biodiésel de Indonesia no es un referente adecuado para el mercado colombiano porque su precio está influenciado significativamente por intervenciones gubernamentales, como subsidios directos e incentivos fiscales, que distorsionan los costos reales de producción y comercialización. La Gráfica 4 presenta las series de los precios de paridad de importación (PPI) del biodiésel desde Estados Unidos y desde Rotterdam, en los Países Bajos.

⁶ Ley 1607 (2012).

Gráfica 4. Comparación del Precio de Paridad Importación (PPI) biodiésel de Estados Unidos y el Precio de Paridad Importación (PPI) biodiésel de Rotterdam (pesos 2024)

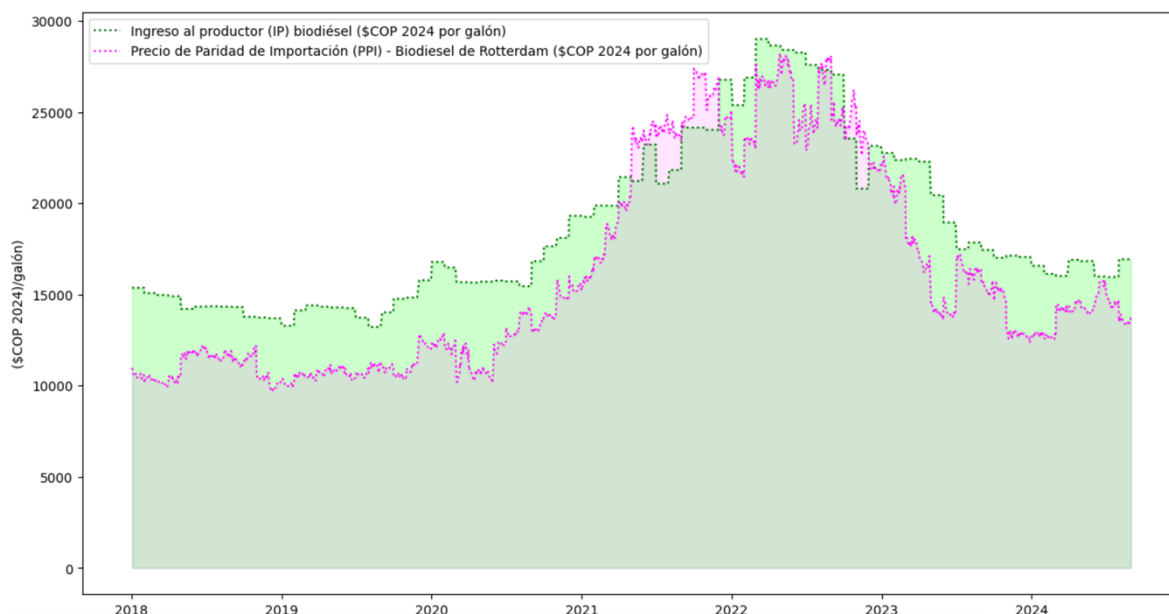


Fuente: elaboración propia Fedesarrollo con base en datos de London Stock Exchange Group (LSEG).

Entre 2022 y 2023, el PPI del biodiésel proveniente de Estados Unidos muestra valores superiores a los del PPI de Rotterdam. Sin embargo, exceptuando este periodo, ambos PPI presentan un comportamiento muy similar. Al calcular la diferencia promedio entre el PPI del biodiésel de Estados Unidos y de Rotterdam, se encuentra una variación del 18,8%, por lo que se eligió el PPI de Rotterdam como referencia para establecer el precio techo en las subastas de biodiésel.

La Gráfica 5 presenta la relación entre el precio de paridad de importación (PPI) del biodiésel PME desde Rotterdam, en los Países Bajos, y el ingreso al productor (IP) del biodiésel calculado con base en la fórmula vigente. Con excepción de los años 2021 y 2022, correspondientes al período posterior a la pandemia, los valores del PPI y del IP del biodiésel fueron similares. El análisis de la diferencia promedio entre el IP y el PPI del biodiésel de Rotterdam revela un valor de COP\$ 2525 por galón, lo que corresponde a una diferencia de 15.2%.

Gráfica 5. Ingreso al productor (IP) del biodiésel versus Precio de Paridad Importación (PPI) etanol desde Rotterdam en Países Bajos (pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME⁷ y London Stock Exchange Group (LSEG).

2.3. Cambios en emisiones

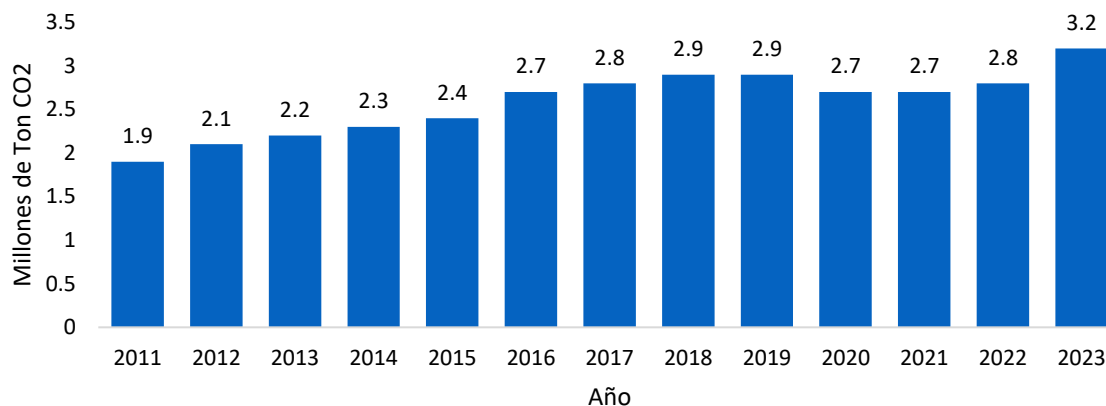
El conjunto de propuestas presentadas en la Sección 1.2 no genera variaciones significativas en el ahorro de emisiones de GEI ni en el material particulado (PM 2.5), ya que no se modifica la demanda de alcohol carburante y biodiésel, ni la proporción de la mezcla de 10% de biocombustibles y 90% de combustibles fósiles.

FedeBiocombustibles (2023)⁸ muestra que, al 2023 el Programa Nacional de Biocombustibles evitó la emisión de 34 millones de toneladas de CO₂ desde el 2011 Gráfica 6). De acuerdo con FedeBiocombustibles (2023), estos energéticos ahorran entre el 74 % y el 100 % de las emisiones de CO₂ considerando todo su ciclo de vida, es decir, desde la producción agrícola hasta su combustión en el motor, lo que implica una tasa de ahorro anual de emisiones equivalente a 2,5 millones de toneladas de CO₂ (COMPES 4075).

Gráfica 6. Ahorro de emisiones de CO₂ por el uso de biocombustibles

⁷ Estructura de precios de los combustibles. <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Estructura-precios-combustibles.aspx>

⁸ FedeBiocombustibles. (2023). Informe Anual 2023. <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Anual-2023-FNBC.pdf>



Fuente: elaboración Fedesarrollo adaptado de FedeBiocombustibles (2023).

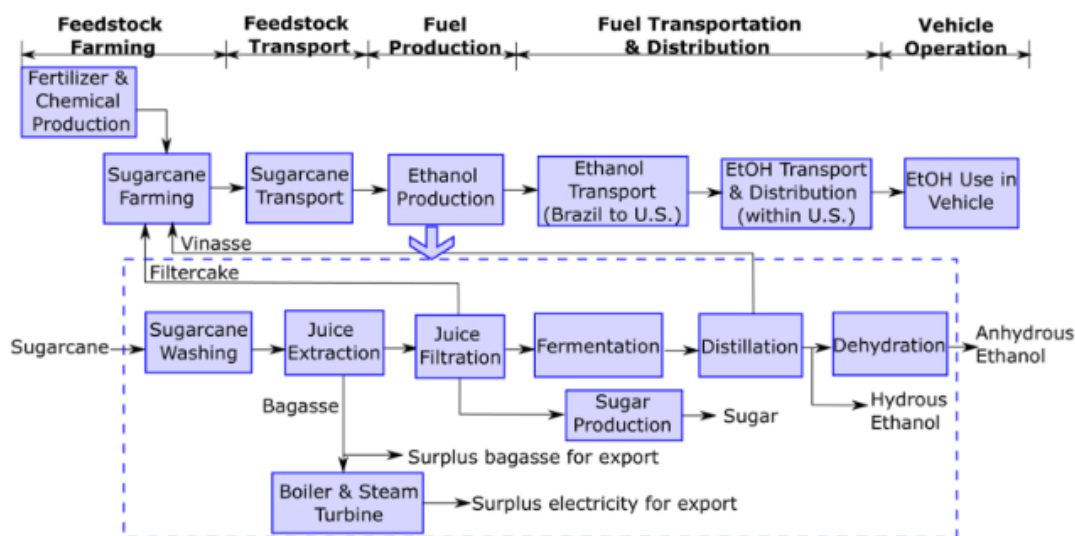
Cambios en emisiones por la mezcla con etanol

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia emitió la Resolución 1962 de 2017, que estableció un límite máximo de intensidad de carbono (IC) o GEI del ciclo completo (WTW), como se muestra en la Gráfica 7, para el etanol combustible de 780 kg CO₂eq/m⁹. Colombia se comprometió a reducir las emisiones en un 51% al 2030 respecto al año base 2016, en el cual la industria colombiana de etanol de caña de azúcar se comprometió a reducir un 20 % sus emisiones de GEI. Para 2021, este compromiso permitió reducir el índice de intensidad de carbono a aproximadamente 42.3 gCO₂e/MJ, lo que representó una disminución del 61 % en las emisiones de GEI del etanol comparado con la gasolina.¹⁰

Gráfica 7. Las emisiones de GEI del ciclo completo (WTW)

⁹ Resolución 1962 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-1962-de-2017.pdf>

¹⁰ USDA. Report Name: Biofuels Annual Country: Colombia. [https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual Bogota Colombia CO2024-0008.pdf](https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual%20Bogota%20Colombia%20CO2024-0008.pdf)



Fuente: Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Brazilian Sugar Cane Ethanol Evaluated with the GREET Model Using Data Submitted to RenovaBio

Xinyu Liu, Hoyoung Kwon, Michael Wang, and Don O'Connor. Environmental Science & Technology 2023 57 (32), 11814-11822. DOI: 10.1021/acs.est.2c08488

Cenicaña (2020) estimó que el valor promedio de IC del etanol colombiano basado en caña era de 31.5 gCO₂e/MJ, un nivel inferior al umbral obligatorio actual establecido por la normativa, lo que puede representar alrededor del 73% frente a las emisiones de gasolina de origen fósil.¹¹ Con datos de Brasil, Aguiar et al. (2024) contempla el cambio del uso del suelo indirecto (iLUC) señala que las emisiones de GEI del etanol de caña de azúcar reducen las emisiones de GEI entre el 44% y el 46% frente a la gasolina de origen fósil.¹² Estas cifras son significativamente menores que las estimaciones que no incluyeron el cambio de uso de la tierra (LUC), como el 75% de Macedo et al.¹³, el 80% de Seabra et al.¹⁴, o el 66-71% de Wang et al.¹⁵. Sin embargo, son muy cercanas a las

¹¹ Cenicaña. Etanol ayuda a reducir nivel de gases efecto invernadero. <https://www.cenicana.org/etanol-ayuda-a-reducir-nivel-de-gases-efecto-invernadero>.

¹² Aguiar, D. R., Taheripour, F., & Silva, D. A. (2024). Ethanol fuel in Brazil: policies and carbon emission avoidance. *Biofuels*, 1-11

¹³ Macedo IC, Seabra JEA, Silva JEAR. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass Bioenergy*. 2008;32(7):582–595. doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006.

¹⁴ Seabra JEA, Macedo I, Chum HL, et al. Life cycle assessment of Brazilian Sugarcane products: GHG emissions and energy use. *Biofuels Bioprod Bioref*. 2011;5(5):519–532. doi:10.1002/bbb.289.

¹⁵ Wang M, Han J, Dunn JB, et al. Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. *Environ Res Lett*. 2012;7(4):045905. doi:10.1088/1748-9326/7/4/045905.

estimaciones que incluyen LUC, como el 40-62% de Wang et al. para el etanol de caña brasileño o el 39-43% de Lewandrowski et al.¹⁶ para el etanol de maíz estadounidense.

Con la nueva evidencia internacional, se puede concluir que, al incluir el cambio en el uso del suelo (LUC), la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida completo (WTW) del etanol de caña de azúcar es inferior al 73 % estimado previamente por Cenicaña, y puede estar en un rango de entre el 39 % y el 62 %, dependiendo del estudio que se tome como referencia. Además, se evidencia que las reducciones de GEI no presentan diferencias significativas entre el etanol de caña de azúcar y el etanol de maíz.

Cambios en emisiones por la mezcla con biodiésel

A diferencia del etanol, el biodiésel en Colombia no cuenta con regulaciones específicas para un límite máximo de intensidad de carbono (IC) o GEI del ciclo completo (WTW). El Banco Interamericano de Desarrollo (2012) encuentra que las prácticas y tecnologías de cultivo de palma aceitera para la producción de biodiésel en Colombia pueden reducir las emisiones de GEI en aproximadamente un 83%, en comparación con el diésel de origen fósil.¹⁷

Otras destacan que el país tiene un alto potencial para producir bioproductos sostenibles derivados de aceite de palma, siempre y cuando se implementen medidas adecuadas para evitar la deforestación, lo que podría fortalecer aún más la sostenibilidad ambiental del sector.

Ahorro de emisiones de Material Particulado (MP)

La Organización Mundial de la Salud ha establecido un umbral máximo de 10 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de material particulado en el aire, pero los niveles de contaminación de Bogotá (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), por ejemplo, está por encima de este nivel (Florence School of Regulation 2020)¹⁸. El Banco Mundial y el IHME (2016)¹⁹ encontraron que, en 2013, el total de fallecidos por contaminación del aire en América Latina y el Caribe fue 173,000, que corresponde al 4,7% del total

¹⁶ Mvelase LM, Ferrer SRD. The comparative financial feasibility analysis and the environmental impacts of sugarcane-based bio ethanol production in South Africa. *Biofuels*. 2024;15(8):961–970. doi:10.1080/17597269.2024.2309728

¹⁷ Ramirez, Munar, Garcia, Mosquera, Faaij, “The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives.” *Journal of Cleaner Production*, published June 10, 2020

¹⁸ Florence School of Regulation. (2020). Electromobility in Latin America and the Caribbean. Can electromobility help solve health, traffic, environment and energy problems in Latin America and the Caribbean (ALC)?

<https://fsr.eui.eu/electromobility-in-latin-america-and-the-caribbean-gearing-up-for-a-revolution/>

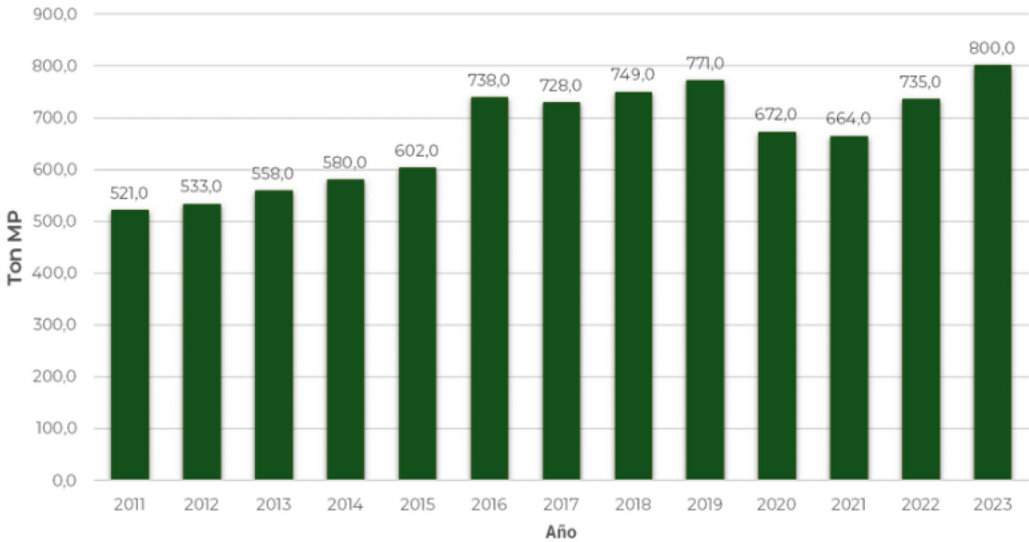
¹⁹ Banco Mundial y el Instituto para la medición y evaluación de la salud (IHME). (2016). The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25013>

de fallecidos en la región. Los fallecidos por contaminación con PM2.5 en la región fueron 101,000 en 2013. Los fallecidos por PM2.5 ambiental son 25 por cada 100.000 habitantes.²⁰ De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2024)²¹, Colombia registró 13.082 muertes atribuibles a la contaminación del aire por enfermedades como infecciones respiratorias de vías inferiores, cáncer de tráquea, pulmón o bronquios, cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares (53.1 muertes por 100 000 habitantes) en 2019).

Entre 2019 y 2023, se registraron significativas reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado (PM 2.5), lo que contribuyó a mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública²². En 2023, el sector de los biocombustibles evitó la emisión de cerca de 800 toneladas de material particulado (Gráfica 8).

Gráfica 8. Ahorro de emisiones de Material Particulado (MP)



Fuente: Fedebiocombustibles (2024)²³

²⁰ Benavides, J. (2022). INFRAESTRUCTURA Y ECONOMÍAS DE AGLOMERACIÓN EN LAS CIUDADES DE ALC. Documento de trabajo preparado para la Red de Ciudades del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Supervisora: María Camila Uribe, División de Desarrollo Urbano y Vivienda.

²¹ Organización Mundial de la Salud. (2024). Leading causes of death, Colombia. <https://data.who.int/countries/170>

²² Fedebiocombustibles. (2023). Informe anual 2023. <https://www.fedebiocombustibles.com>

²³ Fedebiocombustibles. (2023). Informe anual 2023. <https://www.fedebiocombustibles.com>

Sección 3. Evaluaciones e impactos

3.1. Análisis costo-beneficio, salud pública y pobreza energética

Análisis costo-beneficio

Se realiza un análisis costo-beneficio de la reforma propuesta (que es diferente de un análisis costo-beneficio de las inversiones en biocombustibles de primera generación). Con la reforma propuesta, para una cantidad fija de compra sin subsidios:

- Los **beneficios** por período son la diferencia entre precio de paridad de importación y el precio que sale de la fórmula, cuando son *negativos* (la nueva política es de menor costo de compra).
- Los **costos** por período son (i) la diferencia entre precio de paridad de importación y el precio que sale de la fórmula, cuando son *positivos* (la nueva política es de mayor costo de compra), más (ii) los costos administrativos de usar subastas estándar con una plataforma probada para formar precios de manera transparente y eficiente.

Un análisis costo-beneficio no es un análisis de equidad o de priorización. Las subastas propuestas cumplen el papel de revelar información sobre la competitividad dentro del mercado de los combustibles, pero no dentro del mercado de descarbonización. Se estructuran para dar una primera oportunidad de venta a la producción nacional, que evita la inundación automática con importaciones, así el precio final de compra fuera el mismo.

Análisis costo beneficio de la reforma de precios para el alcohol carburante

Para estimar el costo-beneficio en el caso del alcohol carburante, se calcula inicialmente el beneficio (B^{etanol}) promedio por galón derivado de la Reforma se define como la diferencia promedio entre el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante con la política actual y el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de Estados Unidos menos el costo administrativo, tal como se muestra a continuación:

$$B^{etanol} = \frac{\sum_{t=1}^N \left(\frac{IPE_t - PPIE_t^{US} - CAS_t}{(1+r)^t} \right)}{N}$$

donde:

$PPIE_t^{US}$ es el precio de paridad de importación (PPI) del etanol proveniente de Estados Unidos en el período t .

IPE_t es el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante según la fórmula actual en el período t .

CAS_t es el costo administrativo del esquema de subastas en el período t .²⁴

r es la tasa social de descuento.

²⁴ La tarifa definida por MERCOP es igual a 0.28% para cada una de las puntas de producto, lo que equivale a 0.56% del total negociado.

Por último, se calcula el Valor Presente (*VP*) de los beneficios de la Reforma al multiplicar el beneficio esperado por galón por la demanda estimada de etanol en el escenario medio proyectado por la UPME hasta el año 2035, asumiendo una mezcla del 10%. Si el valor presente del beneficio fuera positivo, la reforma propuesta añadiría valor a la sociedad y se debe buscar su implementación, lo que implica que el beneficio es superior al costo:

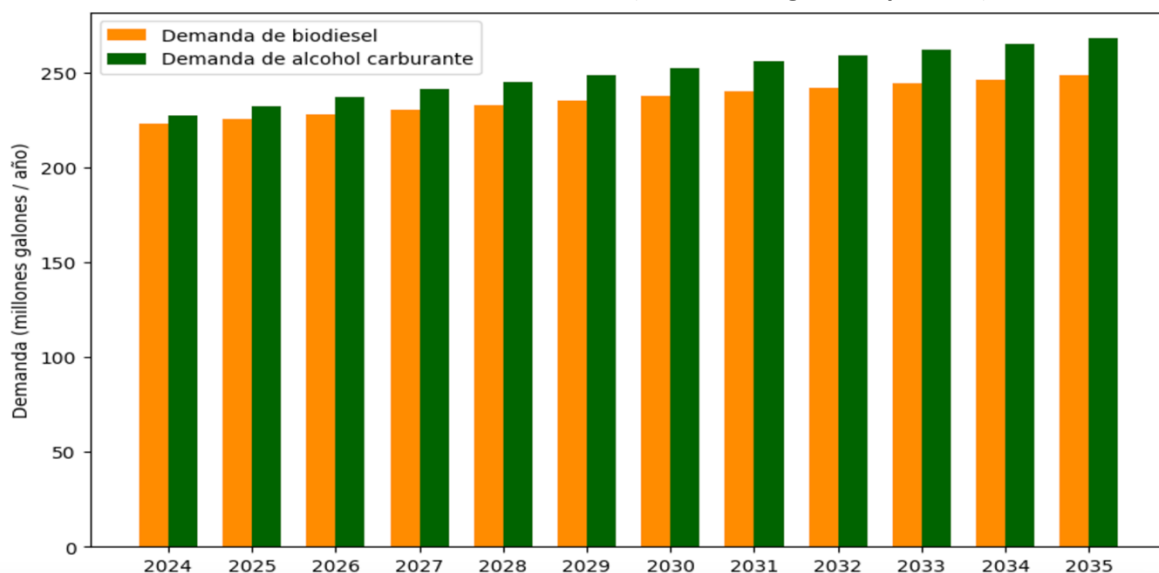
$$Beneficio^{etanol} = \sum_{t=1}^N \left(\frac{B^{etanol} * D_t^{etanol}}{(1+r)^t} \right)$$

Donde:

D_t^{etanol} es la demanda estimada de alcohol carburante en el escenario medio proyectado por la UPME para el período t .

La Gráfica 9 presenta el escenario medio de la demanda proyectada por la UPME para el biodiésel y el alcohol carburante bajo una mezcla del 10% durante el período comprendido entre 2024 y 2035.

Gráfica 9. Escenario medio de la demanda proyectada por la UPME para el alcohol carburante y el biodiesel con una mezcla del 10% (millones de galones por año)



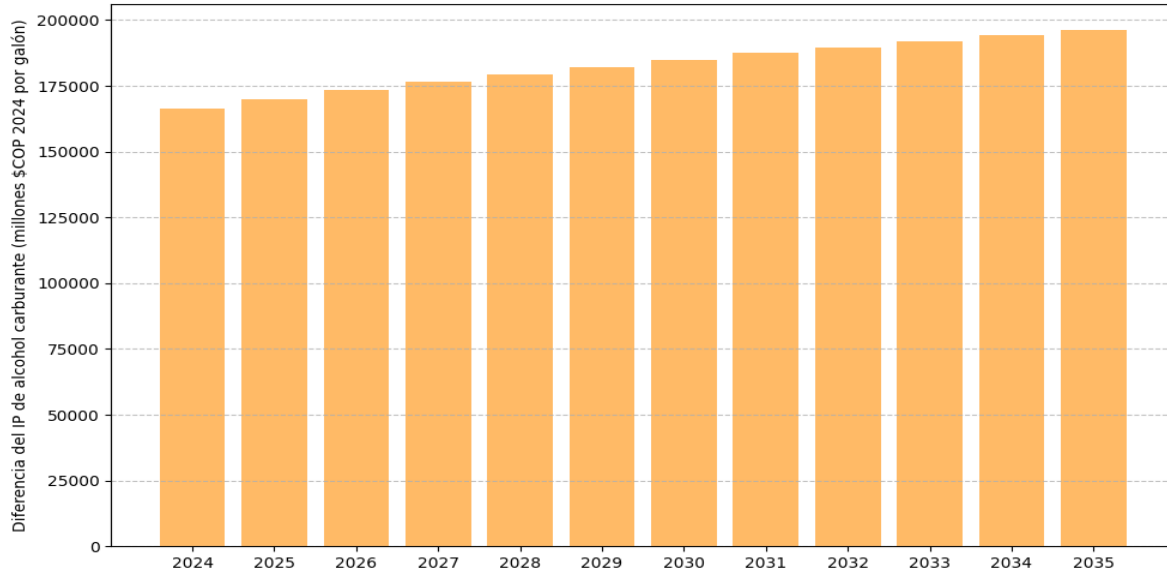
Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁵.

La demanda de biodiésel (en naranja) es ligeramente superior a la del alcohol carburante (en verde) a lo largo de todo el horizonte temporal. Ambas muestran una tendencia creciente, lo que refleja un incremento consistente con el aumento previsto en el consumo de combustibles en el país.

²⁵ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036. Referencia: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

La diferencia estimada del ingreso al productor (IP) de alcohol carburante, expresada en millones de pesos de 2024, como se muestra en la Gráfica 10.

Gráfica 10. Diferencia estimada del Ingreso al productor (IP) de alcohol carburante (millones de pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁶.

Al calcular el valor presente de dichas diferencias, se estima un beneficio esperado para la sociedad de **COP\$1,77** billones con la implementación de la reforma propuesta.

Análisis costo-beneficio de la reforma de precios del biodiésel

Para calcular el beneficio promedio por galón ($B^{biodiésel}$) de la reforma se efectúa la diferencia entre ingreso al productor (IP) del biodiésel y el precio de paridad importación del biodiésel de Rotterdam menos los gastos administrativos:

$$B^{biodiésel} = \frac{\sum_{t=1}^N \left(\frac{IPB_t - PPIB_t^{US} - CAS_t}{(1+r)^t} \right)}{N}$$

Donde:

IPB_t es el ingreso al productor (IP) del biodiésel según la fórmula actual en el período t .

$PPIB_t^{US}$ es el precio de paridad de importación (PPI) del biodiésel proveniente de Estados Unidos en el período t .

²⁶ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

Finalmente, se calcula el Valor Presente (VP) de los beneficios de la Reforma al multiplicar el beneficio esperado por galón por la demanda estimada de biodiésel en el escenario medio proyectado por la UPME, asumiendo una mezcla del 10%:

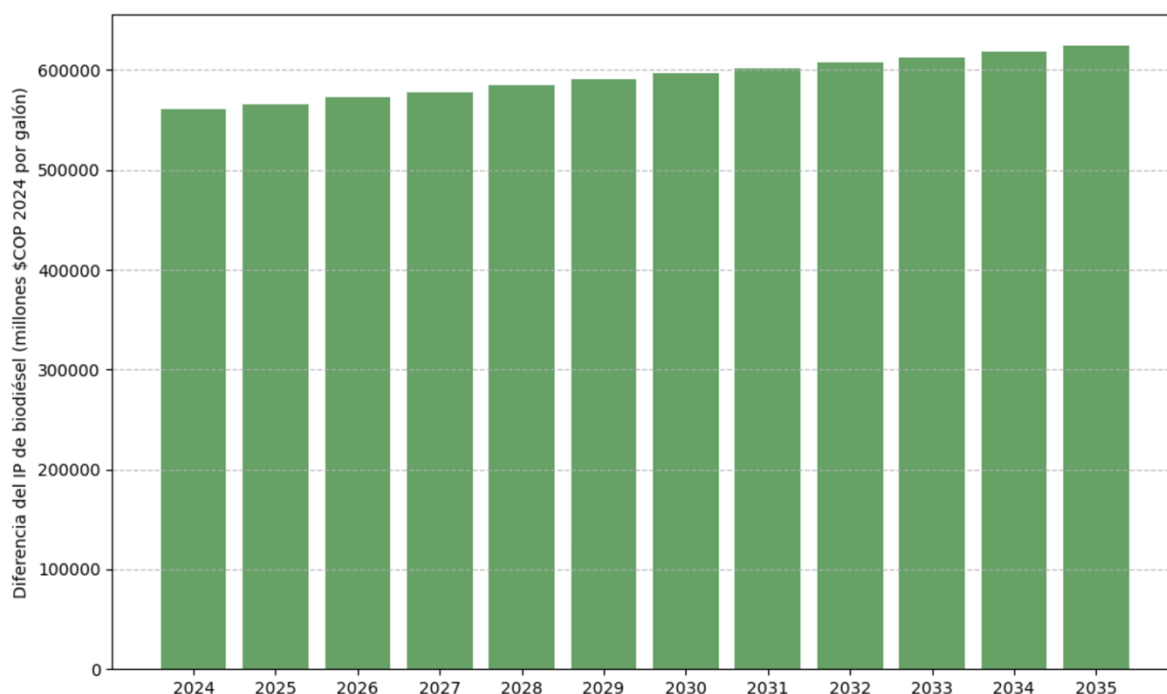
$$Beneficio^{biodiésel} = \sum_{t=1}^N \left(\frac{B^{biodiésel} * D_t^{biodiésel}}{(1+r)^t} \right)$$

Donde:

$D_t^{biodiésel}$ es la demanda estimada de biodiésel en el escenario medio proyectado por la UPME²⁷ para el período t .

Tras realizar las estimaciones correspondientes para el caso del biodiésel, se determina la diferencia estimada en el ingreso al productor (IP) de biodiésel, expresada en millones de pesos de 2024, tal como se presenta en la Gráfica 11. Al llevar a cabo el cálculo del valor presente de estas diferencias proyectadas, se obtiene un costo esperado para la sociedad equivalente a **COP\$ 4,06 billones**.

Gráfica 11. Diferencia estimada del Ingreso al productor (IP) de biodiésel (millones de pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁸.

²⁷ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

²⁸ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

Pobreza energética y pobreza monetaria

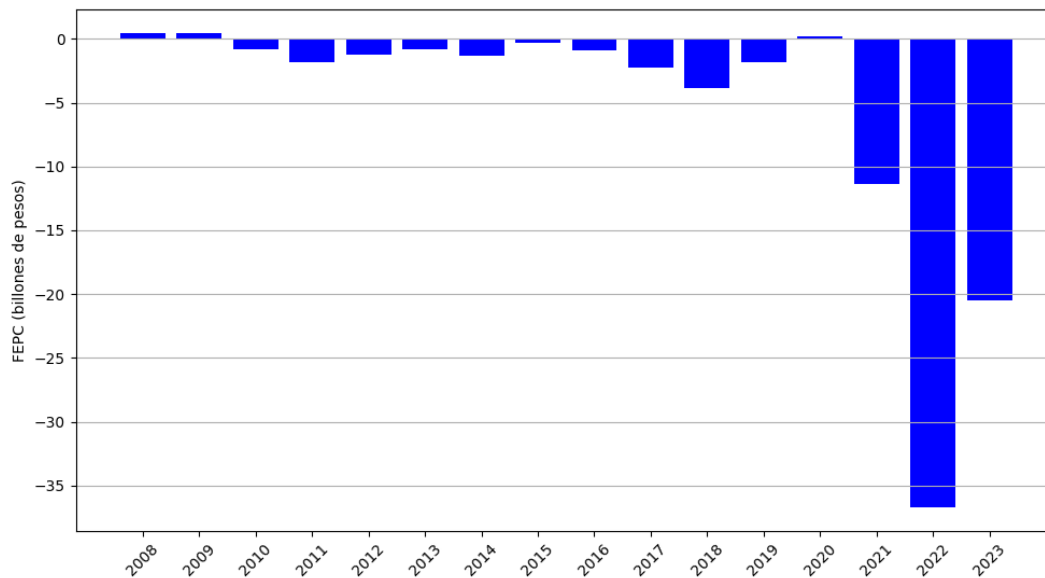
La reducción del porcentaje de la pobreza por aumento del ingreso por un menor costo del transporte por diésel es de aproximadamente 0,005%. Este es un estimativo de orden de magnitud que combina la reducción del precio final del biodiésel (2.5% en biocombustibles, que a su vez representan el 6% del costo total del combustible), el porcentaje del costo del combustible sobre el costo total de propiedad de los buses (30% en un estimativo conservador), el porcentaje aproximado de gastos de los hogares del quintil 1 en transporte (10%), y la elasticidad de la incidencia de pobreza con respecto al ingreso (-1,14).

3.2. Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles

Los biocombustibles no reciben subsidios directos, sino exenciones tributarias, que tienen un efecto directo sobre los recursos fiscales disponibles, e indirecto sobre el FEPC, por la reducción del monto total de subsidios a la gasolina y al diésel cuando los biocombustibles se compran a precios inferiores al precio de los combustibles fósiles. A pesar del alcance indirecto de los biocombustibles sobre el desempeño del FEPC, es indispensable para la sostenibilidad del sector de combustibles líquidos que: (i) se reduzcan los subsidios al diésel; y (ii) se adopte una política de estabilización de precios, que se puede lograr con el uso de derivados a costo fiscal cero (‘collares’).

Existe una confusión generalizada sobre el papel de los fondos de estabilización en Colombia. Un fondo de estabilización no es un instrumento para cubrir cambios sistemáticos en el precio de un combustible. Para cubrir alzas persistentes se deben usar subsidios al usuario final, se requiere una financiación pública ‘a fondo perdido’. La Gráfica 7 muestra el balance anual del FEPC, y las Gráficas 8 y 9 muestra los flujos de ahorros y desahorros para la gasolina y el diésel, respectivamente.

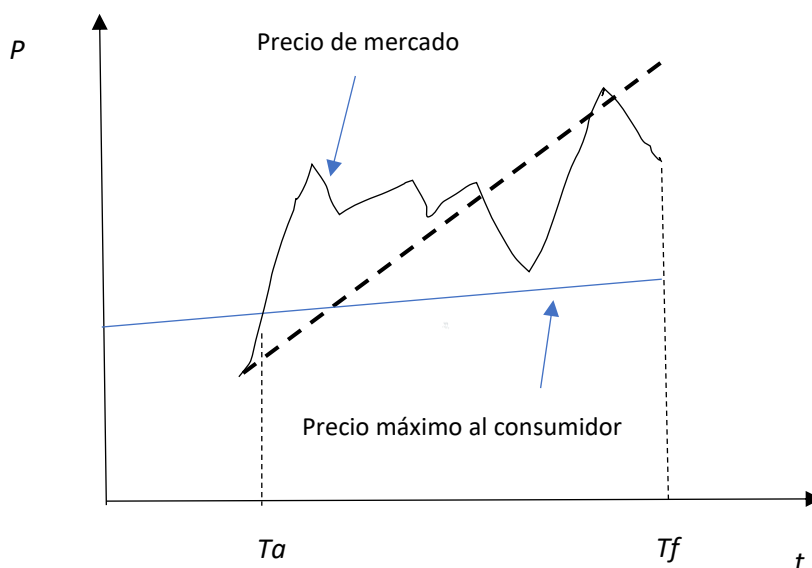
**Gráfica 12. Balance anual del Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles (FEPC)
(billones de pesos)**



Fuente: Elaboración Fedesarrollo basada en datos del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (2024).

El siguiente ejemplo simplificado ilustra la diferencia entre cobertura de precios y subsidios. Asuma que el precio eficiente de un combustible sigue un crecimiento sistemático (línea negra punteada), alrededor del cual fluctúa de manera aleatoria. Asuma también que la política pública consiste en que el precio sea, a lo sumo, el valor de la línea azul a lo largo del tiempo (Gráfica 13). Con esta política, y en este ejemplo, el precio de venta al público sería el precio de mercado antes del instante T_a , y en adelante, seguirá la línea azul hasta el instante T_f en el que se termina la política.

Gráfica 13. Modelo simplificado de subsidios



Fuente: elaboración propia.

Con esta política y en este ejemplo, se debe financiar la diferencia entre el precio de mercado y el precio máximo al consumidor entre los instantes T_a y T_f . Este es un *subsidio*, que debe absorberse con presupuesto general de la Nación, regalías, subsidios cruzados, etc. En promedio (valor esperado), se deberá financiar la brecha entre la línea negra punteada y la línea azul. Si el crecimiento es sistemático y la fecha T_f es indefinida, esta área sólo puede crecer, tal como sucede con el actual Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles.

3.3. Evaluación de impacto regulatorio (EIR)

A continuación, se desarrollan los pasos para llegar a una EIR simplificada, con base en la práctica internacional, que aprovecha el trabajo previo de la consultoría con el objetivo de dar una visión de alto nivel compacta.

Definición del problema

La fórmula de ingresos al productor corresponde a una política de promoción industrial de hace dos décadas. La política no ha estado complementada con una política de I+D+I que consolide la competitividad en el mercado de combustibles, ni que agregue capacidades de construir un portafolio de productos alternos. La fórmula es opaca, compleja, y de aplicación discrecional. No revela información sobre la sostenibilidad de la producción doméstica.

Objetivos

Se propone (i) actualizar la política de biocombustibles para que esté alineada con los objetivos de descarbonización del país, (ii) eliminar la fórmula y a cambio usar subastas para la formación competitiva y transparente de precios y (iii) apoyar el fondeo en I+D+I.

Descripción de la propuesta regulatoria

El marco regulatorio actual se describió en el Entregable 2. La propuesta regulatoria comprende las 6 propuestas específicas de la sección 1, que tienen como elemento central una subasta de compra, con una primera ronda restringida a productores nacionales y una segunda ronda abierta a importaciones y premios a la competitividad que ayudan a financiar la modernización acelerada del sector de biocombustibles y a ampliar sus mercados.

Identificación de alternativas

Las experiencias de grandes productores mundiales como Argentina e Indonesia en biodiésel, y Brasil en alcohol carburante de caña de azúcar que se presentó en el Entregable 1 arrojan como balance su escasa aplicabilidad, porque la mejora de la formación de precios no consiste en establecer fórmulas cuando hay mercados internacionales líquidos de referencia.

Las nuevas condiciones de contexto reducen las alternativas a la formación competitiva de precios, con subastas de carácter obligatorio, como sucede en el mercado de energía (pool). Se proponen dos rondas, la primera reservada a producción doméstica y la segunda a importaciones, para evitar el desplazamiento de biocombustibles nacionales de precio eficiente. También se propone fondear una transición justa de los productores de precios altos que aspiren, de manera voluntaria, a reconvertirse hacia otros productos finales con biotecnología.

Análisis de beneficios y costos de la reforma

La diferencia entre precios de paridad de importación y el Ingreso al Productor, construidas con información pública disponible para los 6 años pasados, encuentran un spread promedio de – 8% para el alcohol carburante, y de -4% para el biodiésel. Cuando se le agregan los costos de transacción (costo de usar subastas organizadas), el modelo de análisis costo-beneficio encontró un VPN de COP\$ 1,77 billones para el alcohol carburante y un VPN de COP\$ 4,06 para el biodiésel, como se presentó en la sección 3.1 del presente Entregable. Por tanto, la reforma propuesta agrega valor a la sociedad.

Los beneficios no incluyen el valor de la revelación de precios para evaluar posibles ajustes a la política de biocombustibles en un ambiente competitivo de descarbonización de transporte, en competencia dentro de una curva MACC para ese sector.

Monitoreo y evaluación

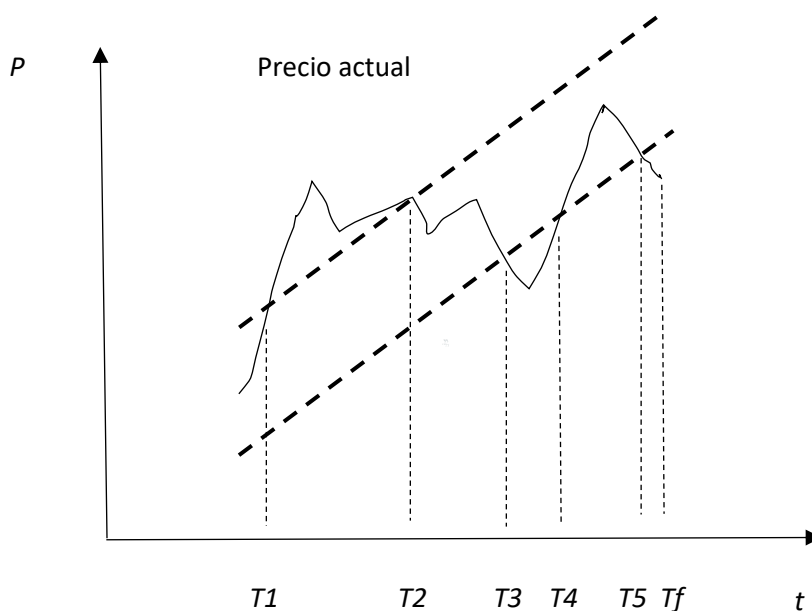
El MME y MHCP deben establecer un equipo de seguimiento del desempeño de la reforma, que puede incluir los siguientes indicadores clave:

- **I1. Precios de compra.** Identificar si existen precios de compra domésticos con menores valores al precio de paridad de importación de manera sistemática, que sería un indicio de competitividad y competencia.
- **I2. Niveles de importación.** En caso de que una fracción importante del tiempo los niveles de mezcla se deban importar de manera persistente o creciente, se debe reevaluar la política en conjunto con la información de los indicadores de precios de I1.
- **I3. Costo marginal de abatimiento.** Se debe calcular de manera frecuente este costo y compararlo con los costos de las tecnologías de descarbonización en transporte.
- **I4. Indicadores de productividad de la industria.** Se deben compilar mediciones de la productividad de materia prima (ton/Ha), eficiencia productiva (galones/kg de materia prima) y de utilización de residuos.
- **I5. Número de patentes de la industria y benchmarking internacional.** Este indicador servirá para alimentar una evaluación comprensiva para ajustar el programa de manera realista y conveniente para el país.

Apéndice. Propuesta de estabilización de precios de los combustibles con costo fiscal cero para reformar el FEPC, basada en derivados

La implementación de un modelo de estabilización con un collar de precios exige un ajuste continuo de los precios límites de la banda para evitar acumulaciones o déficits crónicos. La Gráfica A1 presenta un ejemplo de banda ajustada de manera continua (en los casos reales, se ajustará de manera escalonada por períodos). El precio al consumidor final será igual al precio de mercado hasta llegar a $T1$, adoptará el precio superior entre $T1$ y $T2$, seguirá el precio de mercado entre $T2$ y $T3$, adoptará el precio inferior de la banda entre $T3$ y $T4$, se moverá libremente entre $T4$ y $T5$, y adoptará el precio límite inferior de la banda entre $T5$ y Tf .

Gráfica A1. Modelo simplificado de cobertura autofinanciada

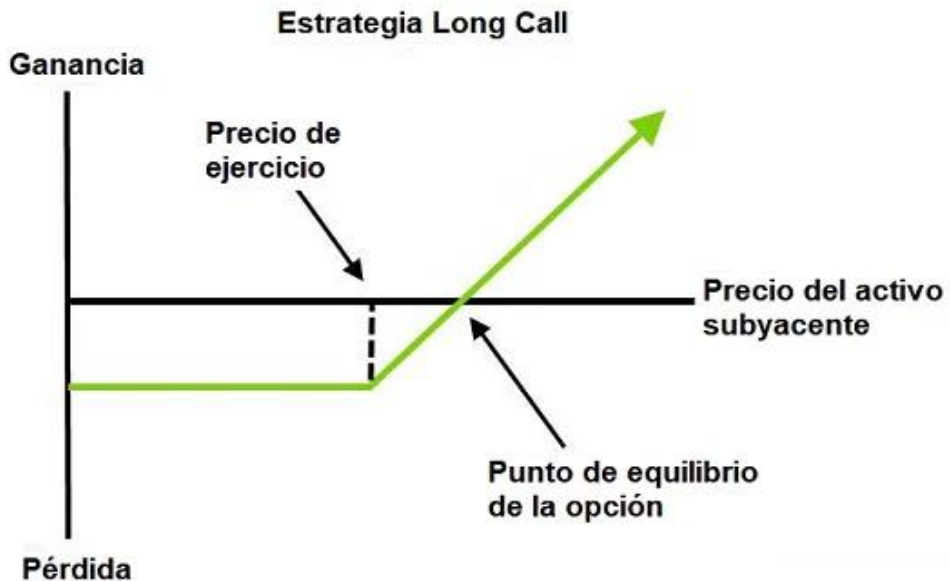


Fuente: elaboración propia.

Los valores de los precios límites superior e inferior se ajustan de manera que el valor presente del valor esperado acumulado de las diferencias entre precio de mercado y precio límite superior (durante períodos como $T1$ y $T2$ en el ejemplo, cuando el productor recibe el precio techo) debe ser igual al valor esperado acumulado de las diferencias entre precio límite inferior y precio de mercado (durante períodos como $T3$ y $T4$, y como $T5$ y Tf en el ejemplo, cuando los consumidores pagan un precio más alto que el de mercado).

Una opción de compra (*call*) otorga el derecho al comprador de la opción, de comprar el activo subyacente (y el vendedor de la opción está obligado a comprarlo), al precio indicado en el contrato de opción (precio de ejercicio, o *strike*), en una fecha fijada (europeas) o en cualquier instante hasta una fecha de expiración (americanas). Los pagos al comprador de una opción de compra se presentan en la Gráfica A2.

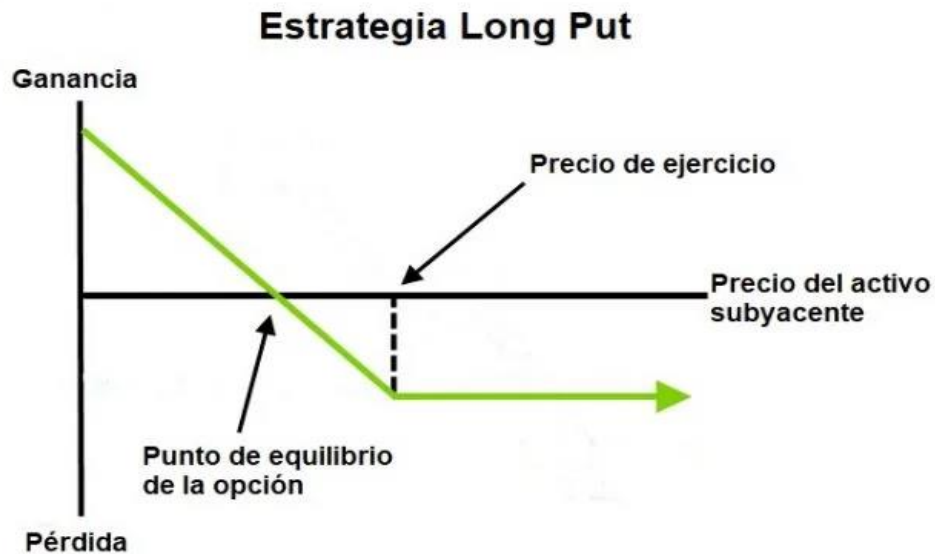
Gráfica A2. Pagos al *comprador* de una opción de compra



Fuente: Técnicas de trading (2021A).

Una opción de venta (*put*) otorga el derecho al comprador de la opción, de vender el activo subyacente (y el vendedor de la opción está obligado a comprarlo), al precio indicado en el contrato de la opción, en una fecha fijada o en cualquier instante hasta una fecha de expiración. Los pagos al comprador de una opción de venta se presentan en la Gráfica A3.

Gráfica A4. Pagos al *comprador* de una opción de venta



Fuente: Técnicas de trading (2021B).

Puesto que el vendedor de una opción de compra y el vendedor de una opción de venta sacrifican oportunidades de mercado, estos instrumentos tienen un costo (prima) que refleja el valor esperado de las oportunidades perdidas.

Con la ayuda de los bloques básicos de las opciones de compra y de venta, se pueden construir derivados sintéticos como los 'collares' para protegerse de las fluctuaciones de precios. Por facilidad de exposición, se discuten las implicaciones de la estrategia para un comercializador mayorista o importador de GLP. Un collar de derivados financieros protege al comprador de GLP frente a precios altos, pero también limita las reducciones de precio cuando el precio baja. Para construir esta estrategia, se compra una opción de venta (call) Out The Money (OTM), como protección ante una posible subida del GLP (subyacente), y simultáneamente vende una opción de compra (put) en el mercado Over-the-Counter, como compensación cuando baja el precio de los combustibles.

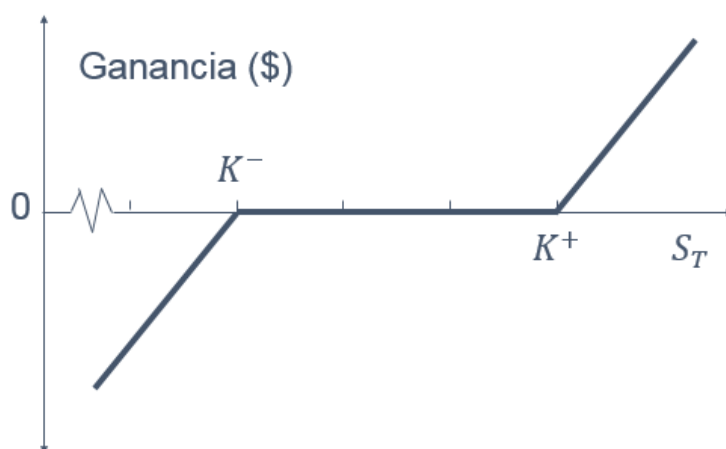
La opción de venta protege al productor o comercializador en caso de que el precio del GLP caiga. La venta de la opción de compra genera una ganancia (que se calibra para compensar el costo de compra de la opción de venta) y permite que el productor o comercializador se beneficien mientras el precio del GLP sea inferior al precio de ejercicio. Las dos opciones deben tener la misma fecha de expiración y deben ser iguales en el número de cantidades transadas. Sin embargo, deben tener distintos precios de ejercicio.

Para implementar un collar se deben realizar las siguientes operaciones de manera simultánea:

- Comprar una opción de venta (*call*) OTM con un precio de ejercicio K^+
- Vender una opción de compra (*put*) OTM basada con precio de ejercicio K^-

K^+ es mayor a K^- , y el precio spot (S_0) del GLP debe estar entre K^- y K^+ . La Gráfica A5 presenta los resultados de la estrategia.

Gráfica A5. Estabilización de precios con un collar



Fuente: elaboración propia.

La metodología para estabilizar el precio de suministro (productor e importador) utilizando una estrategia *net-zero collar* requiere: (i) definir los parámetros iniciales; (ii) calcular el Precio de Paridad Importación (PPI), (iii) estimar la volatilidad de los retornos del precio; y (iv) definir los precios de ejercicio superior (K_t^+) e inferior (K_t^-). A continuación, se explica los principales pasos de esta metodología.

Inicialmente, se requiere definir los parámetros iniciales para poder definir las bandas que estabilizan los precios de suministro de combustible:

- β es la ventana de tiempo (meses, semestres o año) de duración de las bandas del fondo
- r_f es la tasa libre de riesgo en pesos colombianos
- Δ es el porcentaje del precio spot que representa el ancho de la banda

La volatilidad del precio de paridad importación (PPI) del propano se puede calcular como la volatilidad histórica o un modelo autorregresivo generalizado condicional heteroscedástico (GARCH):

Volatilidad histórica:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2$$

Modelo autorregresivo generalizado condicional heteroscedástico – GARCH(1,1):

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \text{ donde } \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

donde

$$r_t = \ln(G_t) - \ln(G_{t-1})$$

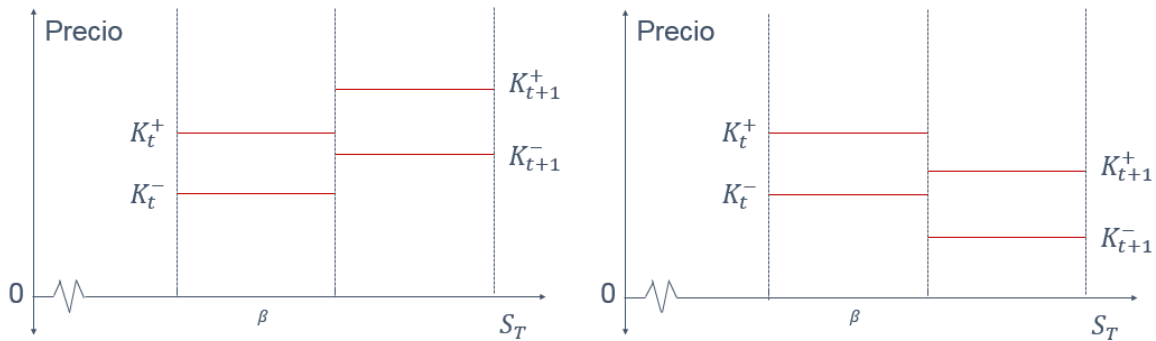
Para encontrar los precios de ejercicio de la opción de compra (K_t^+) y la opción de venta (K_t^-) que representan las bandas superiores e inferiores respectivamente, se debe igual las primas de las opciones de compra (c) y venta (p), garantizando que la diferencia entre los precios de ejercicio sea ΔS_0 y que el precio de ejercicio superior es mayor al inferior:

$$\Delta S_0 = K^+ - K^-$$

$$K^+ > K^-$$

De acuerdo con el resultado anteriores, las bandas para cada periodo son los dos precios de ejercicio (K_t^+ y K_t^-) como se ilustra en la Grafica A6.

Gráfica A6. Ilustración del ajuste de la banda superior e inferior de los precios de paridad importación (PPI)



Fuente: elaboración propia.

Para resaltar: por diseño, la estrategia de *zero-net collar* no tiene ningún déficit o superávit, lo implica que *no se necesita ningún capital de trabajo* para comenzar la estrategia de cobertura del precio de los biocombustibles.

La prima de una opción de compra (c) y de venta (p) europea con precio de ejercicio K en la fecha de vencimiento T es (asumiendo por simplicidad que los precios siguen un movimiento browniano geométrico):

$$c = e^{-rT} [S_0 e^{rT} N(d_1) - KN(d_2)]$$

$$p = e^{-rT} [KN(-d_2) - S_0 e^{rT} N(-d_1)]$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0) - \ln(K) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0) - \ln(K) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

donde

S_0 : es el precio spot en $t=0$

K : es el precio de ejercicio de la opción

σ : es la volatilidad de los precios

T : es el tiempo hasta antes de la fecha de entrega o maduración

r : es la tasa de interés libre de riesgo para la maduración T

Para que la estrategia collar tenga un valor presente igual a cero, se requiere que el valor de la prima de la opción de compra (c) sea igual al precio de la opción de venta (p). Existen infinitas combinaciones de K^+ y K^- que generan que c y p sean iguales para un mismo subyacente con igual tiempo de ejercicio (T). En la estrategia zero-cost collar, se requiere definir el ancho de la banda (Δ) proporcional con el precio spot (S_0) para encontrar K^+ y K^- ($K^+ > K^-$):

$$\Delta S_0 = K^+ - K^-$$

$$K^- = K^+ - \Delta S_0$$

Finalmente, se debe resolver la siguiente ecuación para encontrar los precios de ejercicios (K^+ y K^-) asociados a la estrategia collar con valor presente igual a cero:

$$c = p$$

$$e^{-rT} [S_0 e^{rT} N(d_1^+) - N(d_2^+)] = e^{-rT} [K^- N(-d_2^-) - S_0 e^{rT} N(-d_1^-)]$$

$$S_0 e^{rT} N(d_1^+) - K^+ N(d_2^+) = (K^+ - \Delta S_0) N(-d_2^-) - S_0 e^{rT} N(-d_1^-)$$

donde

$$d_1^+ = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^+) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2^+ = d_1^+ - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1^- = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^-) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^+ - \Delta S_0) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2^- = d_1^- - \sigma\sqrt{T}$$

ANEXOS

ANEXO 1 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Houston (Estados Unidos) a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Freightos Baltic Index (FBX)	40-60 USD/ton (granel líquido)	Índices globales de costos de transporte marítimo.	Varía según demanda y temporada. Requiere suscripción para datos detallados.
Baltic Exchange	Rango general: 40-60 USD/ton	Granel seco y líquido; buques cisterna.	Enfocado en mercados internacionales. Indicadores útiles para rutas clave.
Clarksons Research	40-55 USD/ton	Carga líquida (biocombustibles) y transporte especializado.	Fuentes técnicas del mercado marítimo; requiere acceso pago.
SeaRates (plataforma)	35-55 USD/ton	Cotización en línea para transporte de carga seca, líquida o contenedores.	Herramienta fácil de usar para precios en tiempo real.
iContainers (plataforma)	40-65 USD/ton	Cotizaciones específicas para importación/exportación entre EE. UU. y Colombia.	Los precios dependen del tipo de carga y tiempo de tránsito.
CEPAL	40-70 USD/ton	Estudios sobre comercio marítimo en América Latina.	Basado en datos históricos; depende de actualizaciones de reportes.
ProColombia	35-60 USD/ton	Logística para comercio internacional Colombia-EE. UU.	Incluye costos de transporte para importadores/exportadores colombianos.
Brokers marítimos (Maersk, MSC, etc.)	40-60 USD/ton	Cotizaciones específicas para carga líquida o seca.	Los precios pueden variar según el volumen y el tiempo de envío.

ANEXO 2 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Santos (Brasil) a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Maersk	30-50 USD/ton (promedio global)	Transporte marítimo general y líquidos.	Operador global; las tarifas varían según el volumen y el tipo de contrato.
Stolt Tankers	40-60 USD/ton (estimado)	Transporte especializado de químicos y líquidos.	Especialista en carga líquida; tarifas más altas debido a especialización en químicos.
Cargill Ocean Transportation	30-50 USD/ton (estimado)	Transporte de líquidos y carga seca.	Conocida por operar rutas de biocombustibles; precios competitivos en volumen.
BRS Group	40-60 USD/ton (estimado)	Brokerage marítimo de químicos y biocombustibles.	Especialistas en mercado marítimo; trabajan con múltiples navieras.

ANEXO 3 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Rotterdam a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Clarksons Research	\$30 - \$50	Líquidos a granel y combustibles	Líder en datos de mercado marítimo; requiere suscripción para acceso a informes detallados.
Baltic Exchange	\$35 - \$70	Índices de fletes marítimos	Especializado en tarifas para buques tanque; útil para entender tendencias globales.
Freightos	\$30 - \$60 (general)	Fletes marítimos y contenedores	Herramienta en línea para cotizaciones rápidas; menos específica para líquidos a granel.
Drewry Shipping	\$30 - \$70	Análisis de costos de transporte	Proporciona previsiones de tarifas y análisis detallados del mercado.

S&P Global Platts	\$35 - \$75	Fletes de combustibles y químicos	Enfocado en costos de transporte y precios de bunker; ideal para productos especializados.
Maersk Tankers	\$30 - \$50	Líquidos a granel	Ofrecen transporte especializado; contactarlos directamente para tarifas personalizadas.
Stolt Tankers	\$40 - \$80	Líquidos químicos y biocombustibles	Especializados en químicos y biocombustibles; tarifas más altas para productos sensibles.
European Biodiesel Board (EBB)	\$30 - \$60	Logística de biocombustibles	Asociaciones publican datos sobre costos de transporte para la industria europea.
Shipfix	\$30 - \$70	Tarifas en tiempo real	Información actualizada y detallada, útil para negociaciones específicas.

**CONSULTORÍA PARA EVALUAR LAS ACTUALES
METODOLOGÍAS DE REMUNERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES
EN COLOMBIA**

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

**Entregable 3: Propuestas de ajuste del Ingreso al Productor
de biodiésel**

Coordinador General

Juan Benavides

Consultores Senior

David Forero

Sergio Cabrales

26 de noviembre de 2024



FEDESARROLLO

Centro de Investigación Económica y Social

Consultoría para evaluar las actuales metodologías de remuneración de biocombustibles en Colombia

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

26 de noviembre de 2024

Entregable 3: Propuestas de ajuste del Ingreso al Productor de biodiésel

Resumen

Se establecen principios de política para la formación de precios, basados en eficiencia económica y en actualizar la política original de biocombustibles para que se alinee con los compromisos internacionales de descarbonización del país. Se propone eliminar el sistema de fórmulas y migrar a un esquema de subastas de compra con un precio techo igual al precio de paridad de importación para el etanol y precio de paridad exportación para el biodiésel. Este esquema es más transparente y revelará información sobre la competitividad de la producción doméstica para análisis sobre su dinámica dentro de las opciones de descarbonización del transporte.

Las subastas dan una primera oportunidad a la producción doméstica para evitar su desplazamiento total por las importaciones. Además, se propone otorgar una prima a los productores nacionales competitivos, para que inviertan una parte de ella en I+D+i, que permita consolidar su competitividad en el mercado de descarbonización y/o en mercados alternos, con base en biotecnología.

Las simulaciones de la nueva política de formación de precios de los biocombustibles arrojan, para un período de evaluación de 11 años, un valor presente de **ahorros por COP\$ 1,77 billones para el alcohol carburante, y de COP\$ 6,53 billones para biodiésel**. Por tanto, se recomienda al estado implementar la reforma propuesta.

Como recomendaciones complementarias, se propone crear un fondo de transición justa para facilitar la reconversión de productores que quieran modernizarse (y de su fuerza laboral) y tengan una estrategia de salida en otros mercados, y que el mercado de combustibles de segunda generación (especialmente combustibles sostenibles para aviación con base en residuos orgánicos) se liberalice, puesto que será voluntario y está sujeto a la presión de la oferta en diferentes aeropuertos internacionales.

Por su importancia para la sostenibilidad del sector, se añade una propuesta detallada de estabilización de precios para el FEPC de costo fiscal cero (con uso de derivados), que se puede poner en marcha en paralelo con la reducción de los subsidios a los combustibles fósiles.

Índice

Sección 1. Principios de política pública y propuesta de reforma

1.1. Principios de política pública

1.2. Propuestas de reforma

Sección 2. Proyecciones y simulaciones

Introducción

2.1. Sección 2.1. Metodología de cálculo de costos de paridad de importación (PPI)

2.2. Cambios en emisiones

Sección 3. Evaluaciones e impactos

3.1. Análisis costo-beneficio, salud pública, pobreza energética y monetaria

3.2. Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles

3.3. Evaluación de impacto regulatorio (EIR)

Apéndice. Propuesta de estabilización de precios de los combustibles con costo fiscal cero para reformar el FEPC, basada en derivados

Sección 1. Principios de política pública y propuestas de reforma

1.1. Principios de política pública

Como resultados del diagnóstico, las entrevistas y la evaluación reflexiva del Producto 2, se proponen los siguientes principios para reforma la formación de precios y la mezcla de los biocombustibles se proponen los siguientes principios:

- **La política de biocombustibles debe reflejar las prioridades de descarbonización e inserción en la bioeconomía.** La producción de biocombustibles debe apoyar el logro de las metas de descarbonización del transporte, en competencia con otras modalidades de movilidad, como la electromovilidad, que en el nicho de transporte masivo urbano tiene evaluación económica positiva a pesar de sus altos valores de CAPEX, y cobeneficios a la reducción de material particulado.
- **Los biocombustibles deben competir disciplinadamente en el mercado de la descarbonización.** Los biocombustibles deben convertirse en opciones de atractivas en el contexto de los portafolios internacionales de inversión en descarbonización (fondos financiados con bonos verdes o temáticos, capital de riesgo). De lo contrario, no serán sostenibles. Para ello es útil calcular sus costos marginales de abatimiento y ubicarse en una curva en competencia con otras alternativas de descarbonización. En caso de que los precios domésticos de los biocombustibles no sean competitivos y sus aportes a la descarbonización, se debe fundear la reconversión industrial de los productores y de la mano de obra empleada.
- **Las compras de biocombustibles deben generar precios eficientes.** Esta decisión ayuda a revelar información sobre la competitividad de la industria productora, tanto en el ámbito doméstico como en relación con los mercados internacionales de combustibles. De esta manera ya no se requieren fórmulas de precios, y el modelo de remuneración sólo tendrá un parámetro en precios (precio techo del contrato de suministro por un período determinado. Además, la compra por contrato se convierte en un mecanismo de estabilización de precios que reduce los riesgos del productor y reduce la volatilidad del mercado final, de manera costo-eficiente.
- **El estado debe apoyar la adopción acelerada de tecnologías en el sector de biocombustibles.** Se debe premiar a los productores más competitivos para que puedan avanzar, con uso de I+D+i, en poli generadores en biorrefinerías, aplicaciones de IA para biotecnología, modelaje computacional para aprovechar la biodiversidad, la secuenciación genómica y de fragmentos, la edición genética y las mejoras del suelo. El programa será sostenible *para la política de descarbonización* si los costos de importación de biocombustibles son inferiores a los de los precios internacionales de los combustibles y compiten favorablemente con otras alternativas de descarbonización de usos finales.

–

1.2. Propuestas de reforma

Propuesta 1. Eliminar las fórmulas de formación de precios y subastar las compras de biocombustibles¹. Las fórmulas de precios son opacas y se aplican o suspenden discrecionalmente. La ausencia de competencia efectiva genera consecuencias imprevistas, aumenta los riesgos de los inversionistas y no revela información sobre la eficiencia del Programa. Los mercados organizados, con subastas concurrentes que generan información pública ayudan a remediar estos problemas. La relevación de información y la mejora en la formación de precios se puede implementar con subastas de suministro gestionadas por un tercero calificado e independiente (por ejemplo, la Bolsa Mercantil de Colombia), de la siguiente manera.

- **Primera ronda. Subasta para productores nacionales.** De manera trimestral, el subastador convocará a productores calificados para suministrar las cantidades necesitadas para el próximo año para cumplir las mezclas, sin incluir importaciones. Los contratos subastados tendrán un techo de precios igual al precio de paridad de importación para el etanol y al precio de paridad de exportación para el biodiésel y las ofertas estarán ajustadas por normas internacionales de calidad y contenido energético. Los contratos tendrán las siguientes definiciones: (i) punto de entrega; (ii) plazos y condiciones de entrega.
- **Segunda ronda. Subasta de importación.** Las cantidades que falten para cumplir las metas de mezcla se subastarán al otro día de la subasta de la subasta doméstica, con el precio de paridad de importación para el etanol y el biodiésel, y condiciones de la subasta doméstica. En esta subasta podrán participar productores nacionales, actuando como importadores.

Propuesta 2. Implementar el modelo de asignación y uso de las primas para I+D+i en biocombustibles.

Para presionar la competencia en las subastas y avanzar en la transformación de la producción nacional, los productores domésticos que logren vender biocombustibles a través de las subastas entre junio de 2025 y junio de 2029 recibirán una prima del 25% de la diferencia entre el techo de precios y el precio de cierre de las subastas; la mitad del valor de la prima tendrá dedicación libre, y la otra mitad se dedicará a inversiones elegibles en modernización tecnológica propia o en la cofinanciación de I+D+i en programas aprobados por el MME y el MCTI; esta prima se prolongará por 2 años más, con similares proporciones de dedicación.

Propuesta 3. Evaluación comparativa de los biocombustibles en curvas MACC nacionales.

El costo marginal de abatimiento es el costo adicional del biocombustible por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en una tonelada. Es un cociente cuyo numerador es la diferencia de costos en inversión (CAPEX) más la diferencia en costos de operación y mantenimiento (costo total de propiedad; TCO por sus siglas en inglés) entre una intervención y el *statu quo*

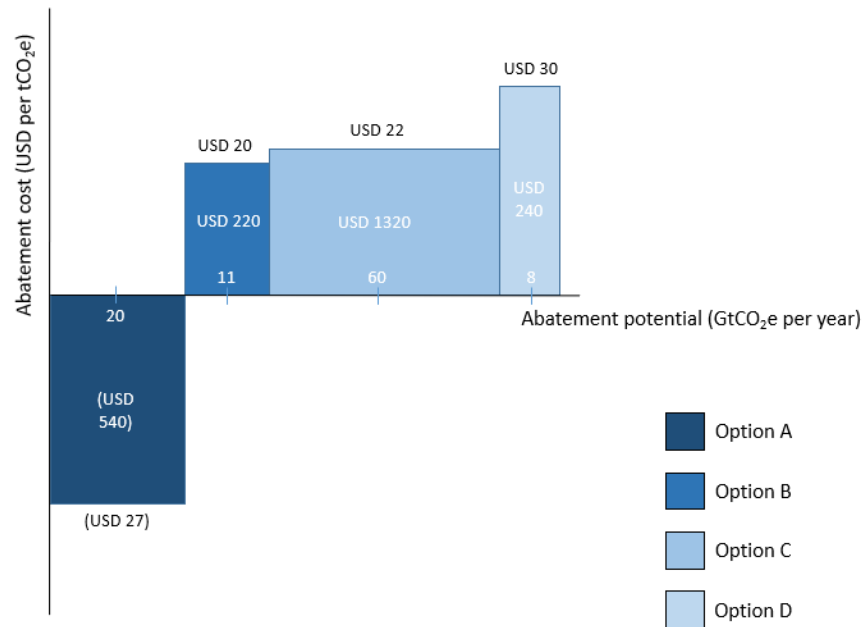
¹ Isaac Newton planteó que ‘Truth is ever to be found in simplicity, and not in the multiplicity and confusion of things’.

(consumir combustibles fósiles), y cuyo denominador es la diferencia en emisiones de eqCo2 entre las dos alternativas.

Este cociente puede ser positivo o negativo. Los costos marginales de abatimiento negativos corresponden a oportunidades que reducen las emisiones con una ganancia económica neta. Cuando un país, una región, o un sector económico tienen n alternativas para reducir las emisiones de eqCO2, cada una con su propio costo y potencial de abatimiento incrementales, estas se pueden ordenar de menor a mayor costo incremental. La curva escalonada resultante se llama curva de costos marginales de abatimiento (MACC por sus siglas en inglés).

Como se muestra en la Gráfica 1, la curva MACC es una colección de n rectángulos cuya altura corresponde al costo incremental y cuya base corresponde a la cantidad de eqCO2 evitada.

Gráfica 1. Ejemplo hipotético de una curva MACC



Fuente: CEEW- CEF (2024)².

Suponga que la curva MACC con las unidades ficticias de la Gráfica 1 corresponde a las opciones de descarbonización del sector de transporte (sin subsidios ni exenciones tributarias), que tiene a su cargo la meta de reducir en 41 unidades las emisiones del sector. La mejor alternativa de política pública consistiría en:

² CEEW-CWF (2024). Marginal Abatement Cost Curve (MACC). <https://www.ceew.in/cef/quick-reads/explains/marginal-abatement-cost-curve>

- Facilitar la inversión privada en la opción A para reducir las emisiones en 20, dado que tiene costos negativos de USD 540 (ganancias económicas).
- Apoyar en la opción B, que reduce las emisiones en 11 e incurre en un costo neto de USD 220.
- Finalmente, invertir parcialmente en la opción C, incurriendo en un costo neto de USD 440 que reduce las emisiones en 20.
- El sector privado puede, en principio reducir 20 sin subsidios ni exenciones tributarias (salvo garantías para mejorar el perfil de riesgo de los proyectos con costo negativo).

Los biocombustibles hacen parte de esa colección de n oportunidades de descarbonización del transporte y deben competir en la atracción de inversiones y apoyos públicos escasos en el cumplimiento de las metas NDC de Colombia, sin aspirar a tener un status preferencial. Las Propuestas 1 y 2 ayudan a revelar la ubicación de los biocombustibles en la curva MACC de los biocombustibles en Colombia y ayudan a mejorar su competitividad o a disponer de una estrategia sostenible de salida.

Propuesta 4. Crear un fondo de transición justa para la conversión de productores de baja competitividad, y de su fuerza de trabajo.

Se propone crear una entidad de Transición Justa similar a la que se usa en países como España y Suráfrica, y se financiarán parcialmente activos en actividades elegibles. La mano de obra de las empresas en reconversión recibirá cursos prácticos en habilidades de alta empleabilidad, y acompañamiento en la búsqueda de nuevos empleos.

Propuesta 5. Propuestas complementarias. Algunos actores del mercado de combustibles de Colombia, como Ecopetrol, están evaluando el ingreso al mercado de biocombustibles de ‘segunda generación’ para aviación, usando como materia prima el aceite de cocina usado (HVO, por sus siglas en inglés), y combustible sostenible de aviación (SAF, por sus siglas en inglés), que aprovechan residuos de la producción de hidrocarburos, residuos sólidos urbanos, plásticos, lodos residuales y otras formas de materia orgánica. La mejor alternativa para apoyar el desarrollo sostenible de biocombustibles de segunda generación es a través de conformar mercados voluntarios, y liberalizando los precios (que no deben provenir de ninguna fórmula de ingreso al productor. A pesar del alcance indirecto de los biocombustibles sobre el desempeño del FEPC, es indispensable para la sostenibilidad del sector de combustibles líquidos que: (i) introducir el IVA al diésel; y (ii) se adopte una política legítima de estabilización de precios, que se puede lograr con el uso de derivados a costo fiscal cero (‘collares’ de precios adecuadamente calibrados).

Sección 2. Proyecciones y simulaciones

Introducción

De acuerdo con lo planteado en la propuesta 1, que sugiere eliminar las fórmulas de formación de ingresos al productor (IP) de biocombustibles y establecer un esquema de subastas para su adquisición, incorporando un precio techo para dichas subastas, se proponen y evalúan alternativas para determinar dicho precio. Las referencias internacionales propuestas para la definición de los precios techo se basan en el mercado mundial de biocombustibles.

Para las subastas de alcohol carburante, se considera como comparan los mercados de etanol de Brasil y el de Estados Unidos. En el caso de las subastas de biodiésel, se toman como referencia el mercado de biodiésel de Estados Unidos y el de Rotterdam, que forma parte del ARA Hub (Ámsterdam, Róterdam y Amberes), en los Países Bajos.

En Brasil, el etanol se produce principalmente a partir de caña de azúcar, mientras que en Estados Unidos su elaboración se basa en el maíz. A pesar de las diferencias en las materias primas y los procesos de producción, el etanol puro resultante es químicamente idéntico en ambos casos, cumpliendo con las especificaciones de calidad establecidas para su uso en Colombia.³

En Estados Unidos, el biodiésel se elabora principalmente a partir de aceite de soya. En Rotterdam, que es uno de los principales *hubs* de comercio de biocombustibles en Europa, el biodiésel se produce a partir de una mezcla de aceites vegetales que incluye colza, soya y palma.

Sección 2.1. Metodología de cálculo de costos de paridad de importación (PPI)

Etanol

El precio de paridad de importación (PPI) referenciado al mercado del etanol proveniente de Estados Unidos incluye el valor del producto en el mercado estadounidense, los fletes marítimos, los costos portuarios, y otros factores como los derechos compensatorios (Countervailing Duties, CVD), establecidos por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia.

El precio de paridad importación (PPI) referenciado al mercado del etanol proveniente en Estados Unidos, $PPIE^{US}$, es igual a:

$$PPIE^{US} = (PE^{US} + CVD^{US} + FM + GP + S + I + FI) + (1 + A) * TRM$$

³ EY (2016). Estudio sobre mercados internacionales de biocombustibles con énfasis en alcohol anhidro y biodiésel a partir de palma africana.

Donde:

PE^{US} : cotización del precio del NYMEX Chicago Ethanol (Platts) publicación Platt's de Standard & Poor expresado en dólares por galón (US\$/Gal)

CVD^{US} : corresponde a los derechos compensatorios (Countervailing Duties, CVD) que equivalen a USD\$ 0.1997/galón.

FM : costo de los fletes marítimos para transportar un galón desde la Costa del Golfo de EE. UU. hasta el puerto de exportación local de la costa colombiana (US\$/Galón).

S : costo de los seguros marítimos o terrestres y demás costos incurridos para transportar un galón de etanol desde la Costa del Golfo de Estados Unidos hasta el puerto de importación local, expresado en dólares por galón (US\$/Galón)

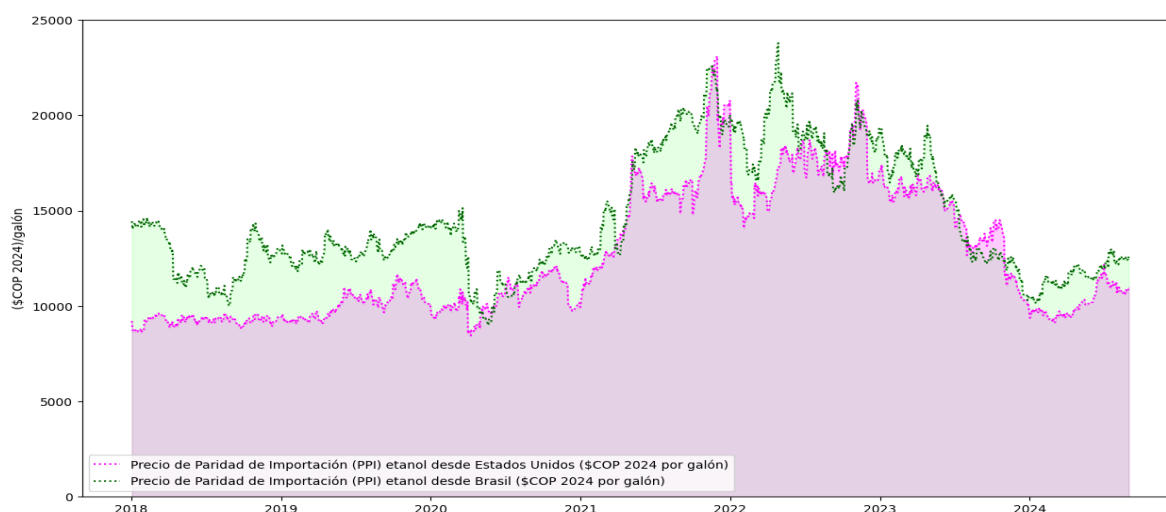
I : valor de las inspecciones de calidad en puerto de cargue y descargue, expresado en dólares por galón (US\$/galón)

A : El arancel aplicable al etanol, se definió con base en la partida arancelaria del producto, 2905110000 (10%)

TRM : tasa de cambio representativa de Mercado vigente para el día t , certificada por la Superintendencia Financiera.

El referente de Estados Unidos se elige porque es más económico que de Brasil (Gráfica 2).

Gráfica 2. Comparación del Precio de Paridad Importación (PPI) etanol de Estados Unidos y el Precio de Paridad Importación (PPI) etanol de Brasil (pesos 2024)

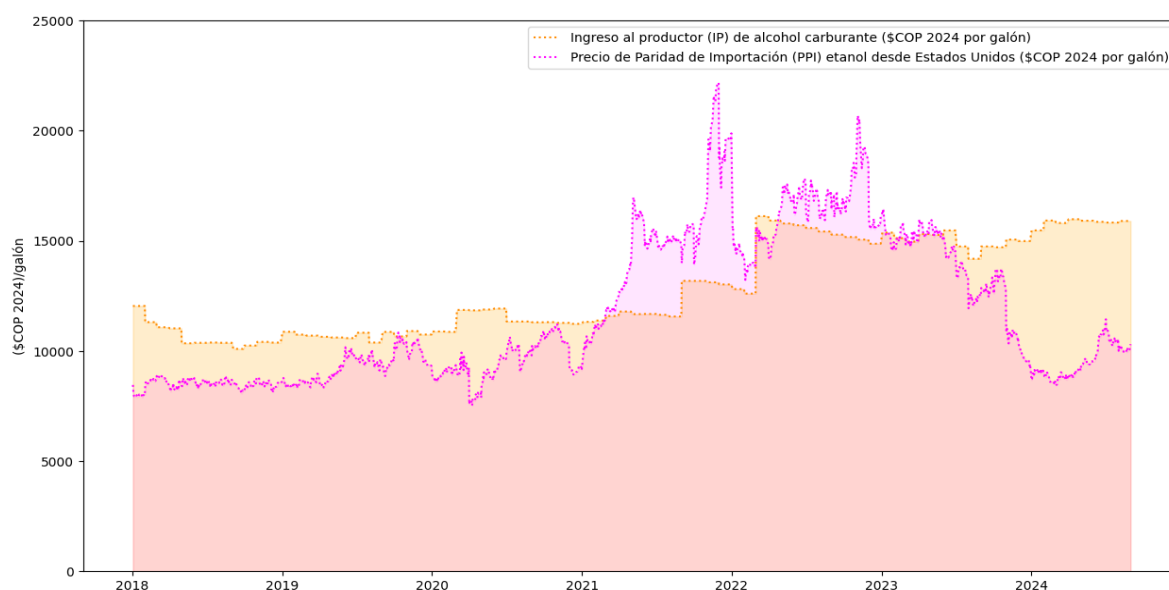


Fuente: elaboración propia Fedesarrollo con base en datos de London Stock Exchange Group (LSEG) y CEPEA⁴.

⁴ CEPEA. <https://www.cepea.esalq.usp.br/en/indicator/ethanol.aspx>

En la Gráfica 3 se compara el precio de paridad de importación (PPI) del etanol desde Estados Unidos y el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante con la fórmula actual. Únicamente durante los años 2021 y 2022, el PPI del etanol superó al IP del alcohol carburante. Al calcular la diferencia promedio entre el IP del alcohol carburante y el PPI del etanol, se encuentra que es de COP\$ 1047 por galón equivalente al 8,1%, lo que indica que el PPI del etanol se encuentra por debajo del IP del alcohol carburante en dicha proporción.

Gráfica 3. Ingreso al productor (IP) del alcohol carburante versus Precio de Paridad Importación (PPI) etanol desde Estados Unidos (pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME⁵ y London Stock Exchange Group (LSEG).

Biodiésel

El precio de paridad de exportación (PPE) referenciado al mercado del biodiésel proveniente de Rotterdam en los Países Bajos, $PPIB^{EU}$, se define como:

$$PPIE^{EU} = (PB^{EU} - FM - GP) * TRM$$

Donde:

PB^{EU} : cotización del precio del Palm Methyl Ester (PME) o Fatty Acid Methyl Ester a 0 grados Celsius (FAME 0°C) en el mercado Rotterdam, expresado en dólares por galón (US\$/galón).

FM : costo de los fletes marítimos para transportar un galón desde Rotterdam hasta un puerto en la costa colombiana (US\$/galón).

⁵ Estructura de precios de los combustibles.

<https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Estructura-precios-combustibles.aspx>

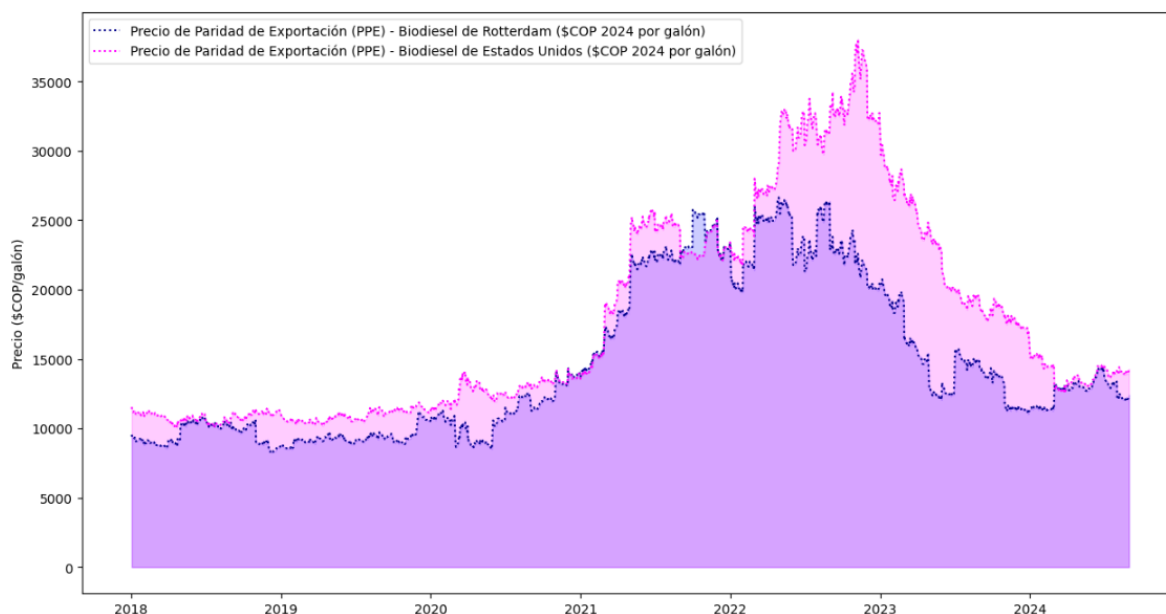
GP: gastos portuarios incurridos en Colombia, expresados en dólares por galón (US\$/galón).

TRM: tasa representativa del mercado vigente para el día t , certificada por la Superintendencia Financiera de Colombia.

Hay que tener en cuenta que, de acuerdo con la Ley 939 de 2004, los biocombustibles, incluido el biodiésel, están exentos del pago del impuesto global y del IVA a nivel nacional. Sin embargo, la importación de biodiésel no goza de esta exención. Según el Artículo 171 de la Ley 1607 de 2012, el biodiésel importado está sujeto al Impuesto Nacional a los biocombustibles⁶. Esta diferencia en el tratamiento tributario busca fomentar el consumo de biocombustibles producidos localmente, incentivando la industria nacional y reduciendo la dependencia de importaciones en este sector.

El biodiésel de Indonesia no es un referente adecuado para el mercado colombiano porque su precio está influenciado significativamente por intervenciones gubernamentales, como subsidios directos e incentivos fiscales, que distorsionan los costos reales de producción y comercialización. La Gráfica 4 presenta las series de los precios de paridad de exportación (PPE) del biodiésel desde Estados Unidos y desde Rotterdam.

Gráfica 4. Comparación del Precio de Paridad Exportación (PPE) biodiésel de Estados Unidos y el Precio de Paridad Exportación (PPE) biodiésel de Rotterdam (pesos 2024)



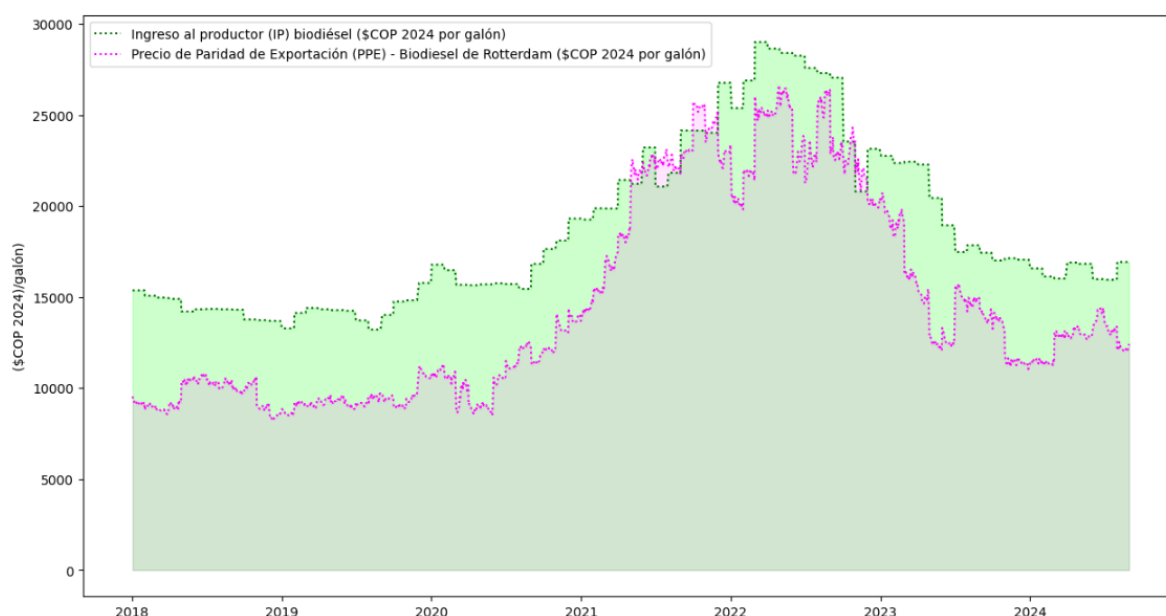
Fuente: elaboración propia Fedesarrollo con base en datos de London Stock Exchange Group (LSEG).

⁶ Ley 1607 (2012).

Entre 2022 y 2023, el PPE del biodiésel proveniente de Estados Unidos muestra valores superiores a los del PPE de Rotterdam. Sin embargo, exceptuando este periodo, ambos PPI presentan un comportamiento similar. Al calcular la diferencia promedio entre el PPE del biodiésel de Estados Unidos y de Rotterdam, se encuentra una variación del 21,0%, por lo que se eligió el PPE de Rotterdam como referencia para establecer el precio techo en las subastas de biodiésel.

La Gráfica 5 presenta la relación entre el precio de paridad de exportación (PPE) del biodiésel PME desde Rotterdam, en los Países Bajos, y el ingreso al productor (IP) del biodiésel calculado con base en la fórmula vigente. Con excepción de los años 2021 y 2022, correspondientes al período posterior a la pandemia, los valores del PPE y del IP del biodiésel fueron similares. El análisis de la diferencia promedio entre el IP y el PPE del biodiésel de Rotterdam revela un valor de COP\$ 4065.2 por galón, lo que corresponde a una diferencia de 23.8%.

Gráfica 5. Ingreso al productor (IP) del biodiésel versus Precio de Paridad Exportación (PPE) etanol desde Rotterdam en Países Bajos (pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME⁷ y London Stock Exchange Group (LSEG).

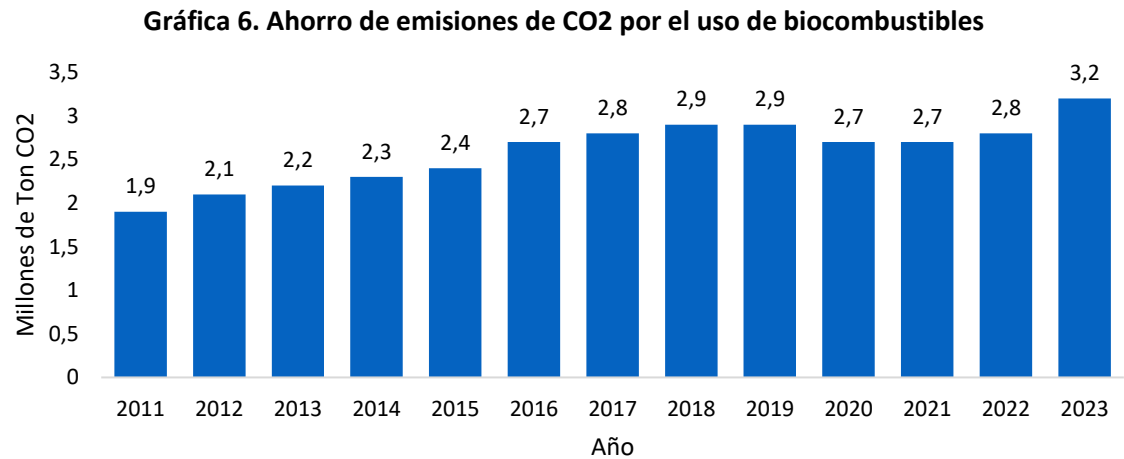
2.3. Cambios en emisiones

El conjunto de propuestas presentadas en la Sección 1.2 no genera variaciones significativas en el ahorro de emisiones de GEI ni en el material particulado (PM 2.5), ya que no se modifica la demanda

⁷ Estructura de precios de los combustibles. <https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Estructura-precios-combustibles.aspx>

de alcohol carburante y biodiésel, ni la proporción de la mezcla de 10% de biocombustibles y 90% de combustibles fósiles.

FedeBiocombustibles (2023)⁸ muestra que, al 2023 el Programa Nacional de Biocombustibles evitó la emisión de 34 millones de toneladas de CO₂ desde el 2011 Gráfica 6. De acuerdo con FedeBiocombustibles (2023), estos energéticos ahorran entre el 74 % y el 100 % de las emisiones de CO₂ considerando todo su ciclo de vida, es decir, desde la producción agrícola hasta su combustión en el motor, lo que implica una tasa de ahorro anual de emisiones equivalente a 2,5 millones de toneladas de CO₂ (COMPES 4075).

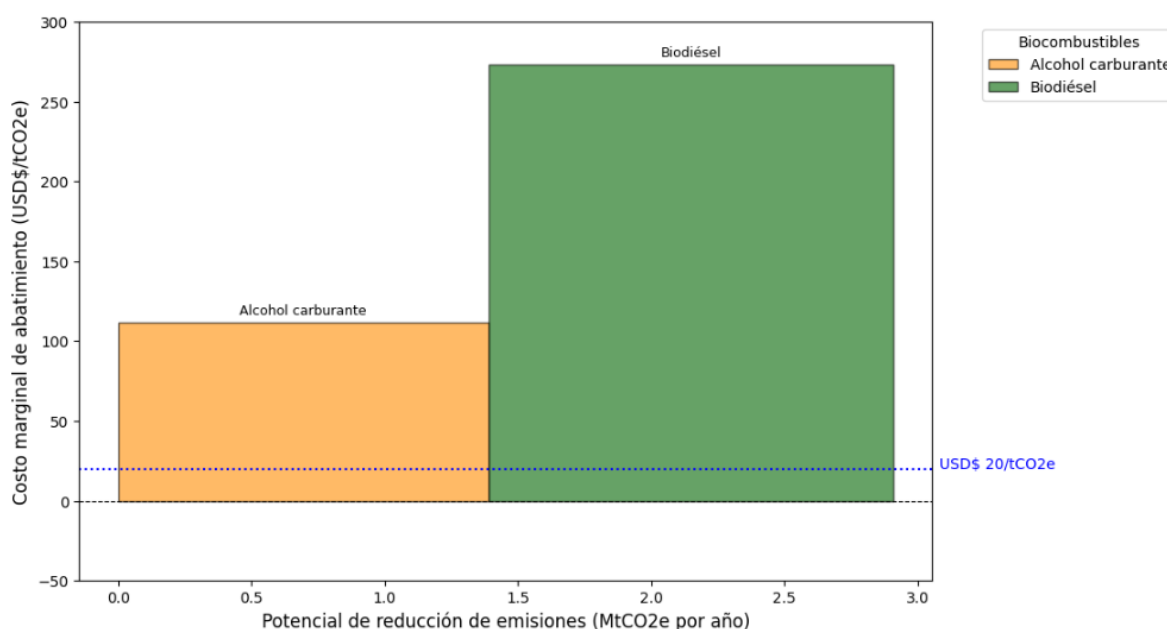


Fuente: elaboración Fedesarrollo adaptado de FedeBiocombustibles (2023).

La Gráfica 7 presenta la curva MACC para los biocombustibles en Colombia, usando las fórmulas actuales de remuneración de estos. Los costos marginales estimados de abatimiento para el alcohol carburante y el biodiésel son de USD\$ 111.5 y USD\$ 273.4 por tonelada de CO₂e (tCO₂e), respectivamente. Esto implica que se podrían reducir 1.39 millones de toneladas de CO₂e a un costo de USD\$ 111.5 por tonelada utilizando alcohol carburante, y 1.52 millones de toneladas a un costo de USD\$ 273.4 por tonelada empleando biodiésel. Por último, estos costos marginales de abatimiento son significativamente superiores al impuesto al carbono vigente en Colombia, de USD\$ 5 por tCO₂e, al propuesto por el gobierno de USD\$ 20 por tCO₂e, y al impuesto al carbono de la mayoría de los países del mundo.⁹

⁸ FedeBiocombustibles. (2023). Informe Anual 2023. <https://fedebiocombustibles.com/wp-content/uploads/2024/04/Informe-Anual-2023-FNBC.pdf>
⁹ World Bank. 2024. State and Trends of Carbon Pricing 2024. © Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/41544> License: [CC BY 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)

Gráfica 7. Curva MACC de los biocombustibles en Colombia



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo.

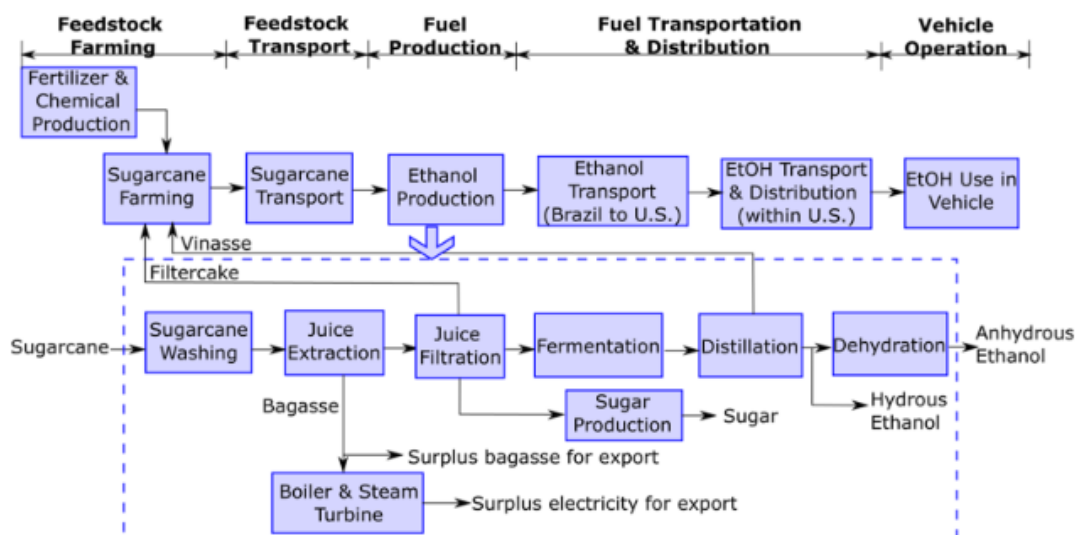
Cambios en emisiones por la mezcla con etanol

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia emitió la Resolución 1962 de 2017, que estableció un límite máximo de intensidad de carbono (IC) o GEI del ciclo completo (WTW), como se muestra en la Gráfica 8, para el etanol combustible de 780 kg CO₂eq/m¹⁰. Colombia se comprometió a reducir las emisiones en un 51% al 2030 respecto al año base 2016, en el cual la industria colombiana de etanol de caña de azúcar se comprometió a reducir un 20 % sus emisiones de GEI. Para 2021, este compromiso permitió reducir el índice de intensidad de carbono a aproximadamente 42.3 gCO₂e/MJ, lo que representó una disminución del 61 % en las emisiones de GEI del etanol comparado con la gasolina.¹¹

¹⁰ Resolución 1962 de 2017. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/11/resolucion-1962-de-2017.pdf>

¹¹ USDA. Report Name: Biofuels Annual Country: Colombia. <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Biofuels%20Annual%20Bogota%20Colombia%20CO2024-0008.pdf>

Gráfica 8. Las emisiones de GEI del ciclo completo (WTW)



Fuente: Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Brazilian Sugar Cane Ethanol Evaluated with the GREET Model Using Data Submitted to RenovaBio

Xinyu Liu, Hoyoung Kwon, Michael Wang, and Don O'Connor. Environmental Science & Technology 2023 57 (32), 11814-11822. DOI: 10.1021/acs.est.2c08488

Cenicaña (2020) estimó que el valor promedio de IC del etanol colombiano basado en caña era de 31.5 gCO₂e/MJ, un nivel inferior al umbral obligatorio actual establecido por la normativa, lo que puede representar alrededor del 73% frente a las emisiones de gasolina de origen fósil.¹² Con datos de Brasil, Aguiar et al. (2024) contempla el cambio del uso del suelo indirecto (iLUC) señala que las emisiones de GEI del etanol de caña de azúcar reducen las emisiones de GEI entre el 44% y el 46% frente a la gasolina de origen fósil.¹³ Estas cifras son significativamente menores que las estimaciones que no incluyeron el cambio de uso de la tierra (LUC), como el 75% de Macedo et al.¹⁴, el 80% de Seabra et al.¹⁵, o el 66-71% de Wang et al.¹⁶. Sin embargo, son muy cercanas a las

¹² Cenicaña. Etanol ayuda a reducir nivel de gases efecto invernadero. <https://www.cenicana.org/etanol-ayuda-a-reducir-nivel-de-gases-efecto-invernadero>.

¹³ Aguiar, D. R., Taheripour, F., & Silva, D. A. (2024). Ethanol fuel in Brazil: policies and carbon emission avoidance. *Biofuels*, 1-11

¹⁴ Macedo IC, Seabra JEA, Silva JEAR. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass Bioenergy*. 2008;32(7):582–595. doi:10.1016/j.biombioe.2007.12.006.

¹⁵ Seabra JEA, Macedo I, Chum HL, et al. Life cycle assessment of Brazilian Sugarcane products: GHG emissions and energy use. *Biofuels Bioprod Bioref*. 2011;5(5):519–532. doi:10.1002/bbb.289.

¹⁶ Wang M, Han J, Dunn JB, et al. Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions of ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for US use. *Environ Res Lett*. 2012;7(4):045905. doi:10.1088/1748-9326/7/4/045905.

estimaciones que incluyen LUC, como el 40-62% de Wang et al. para el etanol de caña brasileño o el 39-43% de Lewandrowski et al.¹⁷ para el etanol de maíz estadounidense.

Con la nueva evidencia internacional, se concluye que, al incluir el cambio en el uso del suelo (LUC), la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el ciclo de vida completo (WTW) del etanol de caña de azúcar es inferior al 73 % estimado previamente por Cenicaña, y puede estar en un rango de entre el 39 % y el 62 %, dependiendo del estudio que se tome como referencia. Además, se evidencia que las reducciones de GEI no presentan diferencias significativas entre el etanol de caña de azúcar y el etanol de maíz.

Cambios en emisiones por la mezcla con biodiésel

A diferencia del etanol, el biodiésel en Colombia no cuenta con regulaciones específicas para un límite máximo de intensidad de carbono (IC) o GEI del ciclo completo (WTW). El Banco Interamericano de Desarrollo (2012) encuentra que las prácticas y tecnologías de cultivo de palma aceitera para la producción de biodiésel en Colombia pueden reducir las emisiones de GEI en aproximadamente un 83%, en comparación con el diésel de origen fósil.¹⁸

Otras destacan que el país tiene un alto potencial para producir bioproductos sostenibles derivados de aceite de palma, siempre y cuando se implementen medidas adecuadas para evitar la deforestación, lo que podría fortalecer aún más la sostenibilidad ambiental del sector.

Ahorro de emisiones de material particulado (MP)

La Organización Mundial de la Salud ha establecido un umbral máximo de 10 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de material particulado en el aire, pero los niveles de contaminación de Bogotá (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), por ejemplo, está por encima de este nivel (Florence School of Regulation 2020)¹⁹. El Banco Mundial y el IHME (2016)²⁰ encontraron que, en 2013, el total de fallecidos por contaminación del aire en América Latina y el Caribe fue 173,000, que corresponde al 4,7% del total de fallecidos en la región. Los fallecidos por contaminación con PM2.5 en la región fueron 101,000

¹⁷ Mvelase LM, Ferrer SRD. The comparative financial feasibility analysis and the environmental impacts of sugarcane-based bio ethanol production in South Africa. *Biofuels*. 2024;15(8):961–970. doi:10.1080/17597269.2024.2309728

¹⁸ Ramirez, Munar, Garcia, Mosquera, Faaij, “The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives.” *Journal of Cleaner Production*, published June 10, 2020

¹⁹ Florence School of Regulation. (2020). Electromobility in Latin America and the Caribbean. Can electromobility help solve health, traffic, environment and energy problems in Latin America and the Caribbean (ALC)?

<https://fsr.eui.eu/electromobility-in-latin-america-and-the-caribbean-gearing-up-for-a-revolution/>

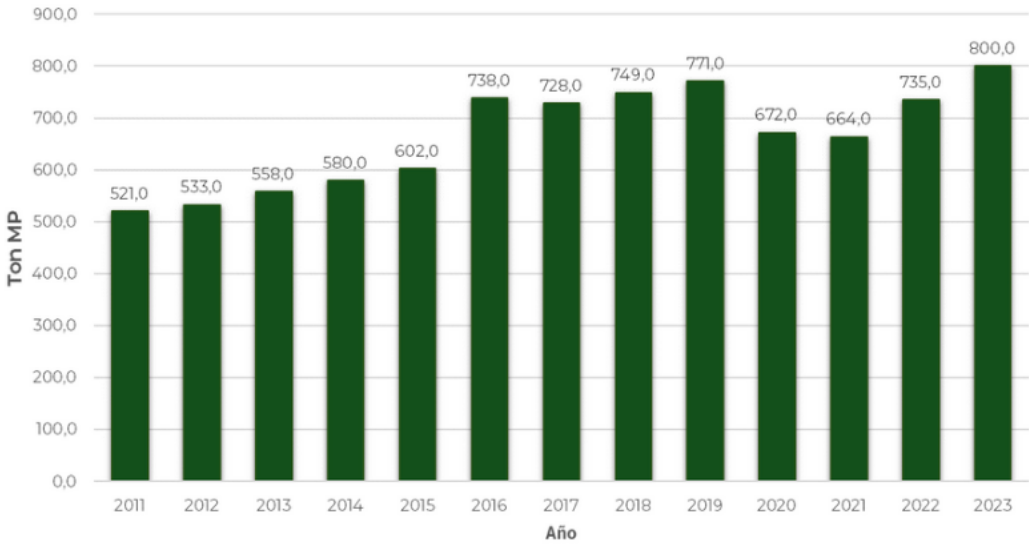
²⁰ Banco Mundial y el Instituto para la medición y evaluación de la salud (IHME). (2016). The Cost of Air Pollution: Strengthening the Economic Case for Action.

<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25013>

en 2013. Los fallecidos por PM2.5 ambiental son 25 por cada 100.000 habitantes.²¹ De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2024)²², Colombia registró 13.082 muertes atribuibles a la contaminación del aire por enfermedades como infecciones respiratorias de vías inferiores, cáncer de tráquea, pulmón o bronquios, cardiopatía isquémica y accidentes cerebrovasculares (53.1 muertes por 100 000 habitantes) en 2019).

Entre 2019 y 2023, se registraron significativas reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado (PM 2.5), lo que contribuyó a mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública²³. En 2023, el sector de los biocombustibles evitó la emisión de cerca de 800 toneladas de material particulado (Gráfica 9).

Gráfica 9. Ahorro de emisiones de material particulado (MP)



Fuente: Fedebiocombustibles (2024)²⁴.

²¹ Benavides, J. (2022). INFRAESTRUCTURA Y ECONOMÍAS DE AGLOMERACIÓN EN LAS CIUDADES DE ALC. Documento de trabajo preparado para la Red de Ciudades del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Supervisora: María Camila Uribe, División de Desarrollo Urbano y Vivienda.

²² Organización Mundial de la Salud. (2024). Leading causes of death, Colombia. <https://data.who.int/countries/170>

²³ Fedebiocombustibles. (2023). Informe anual 2023. <https://www.fedebiocombustibles.com>

²⁴ Fedebiocombustibles. (2023). Informe anual 2023. <https://www.fedebiocombustibles.com>

Sección 3. Evaluaciones e impactos

3.1. Análisis costo-beneficio, salud pública y pobreza energética

Análisis costo-beneficio

Se realiza un análisis costo-beneficio de la reforma propuesta (que es diferente de un análisis costo-beneficio de las inversiones en biocombustibles de primera generación). Con la reforma propuesta, para una cantidad fija de compra sin subsidios:

- Los **beneficios** por período son la diferencia entre el costo de paridad de importación para el etanol o el precio de paridad de exportación para el biodiésel, según corresponda, y el precio que sale de la fórmula actual, cuando son *negativos* (la nueva política es de menor costo de compra).
- Los **costos** por período son (i) la diferencia entre precio de paridad de importación y el precio que sale de la fórmula, cuando son *positivos* (la nueva política es de mayor costo de compra), más (ii) los costos administrativos de usar subastas estándar con una plataforma probada para formar precios de manera transparente y eficiente.

Un análisis costo-beneficio no es un análisis de equidad o de priorización. Las subastas propuestas cumplen el papel de revelar información sobre la competitividad dentro del mercado de los combustibles, pero no dentro del mercado de descarbonización. Se estructuran para dar una primera oportunidad de venta a la producción nacional, que evita la inundación automática con importaciones, así el precio final de compra fuera el mismo.

Análisis costo beneficio de la reforma de precios para el alcohol carburante

Para estimar el costo-beneficio en el caso del alcohol carburante, se calcula inicialmente el beneficio (B^{etanol}) promedio por galón derivado de la Reforma se define como la diferencia promedio entre el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante con la política actual y el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de Estados Unidos menos el costo administrativo, tal como se muestra a continuación:

$$B^{etanol} = \frac{\sum_{t=1}^N \left(\frac{IPE_t - PPIE_t^{US} - CAS_t}{(1+r)^t} \right)}{N}$$

donde:

$PPIE_t^{US}$ es el precio de paridad de importación (PPI) del etanol proveniente de Estados Unidos en el período t .

IPE_t es el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante según la fórmula actual en el período t .

CAS_t es el costo administrativo del esquema de subastas en el período t .²⁵
 r es la tasa social de descuento.

Por último, se calcula el Valor Presente (VP) de los beneficios de la Reforma al multiplicar el beneficio esperado por galón por la demanda estimada de etanol en el escenario medio proyectado por la UPME hasta el año 2035, asumiendo una mezcla del 10%. Si el valor presente del beneficio fuera positivo, la reforma propuesta añadiría valor a la sociedad y se debe buscar su implementación, lo que implica que el beneficio es superior al costo:

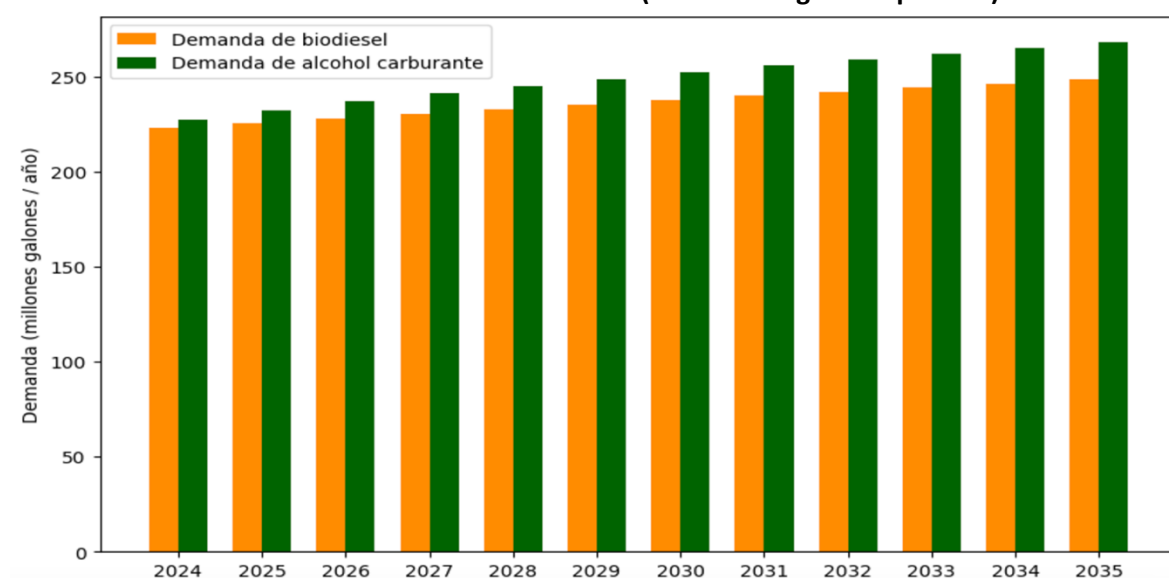
$$Beneficio^{etanol} = \sum_{t=1}^N \left(\frac{B^{etanol} * D_t^{etanol}}{(1+r)^t} \right)$$

Donde:

D_t^{etanol} es la demanda estimada de alcohol carburante en el escenario medio proyectado por la UPME para el período t .

La Gráfica 10 presenta el escenario medio de la demanda proyectada por la UPME para el biodiésel y el alcohol carburante bajo una mezcla del 10% durante el período comprendido entre 2024 y 2035.

Gráfica 10. Escenario medio de la demanda proyectada por la UPME para el alcohol carburante y el biodiesel con una mezcla del 10% (millones de galones por año)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁶.

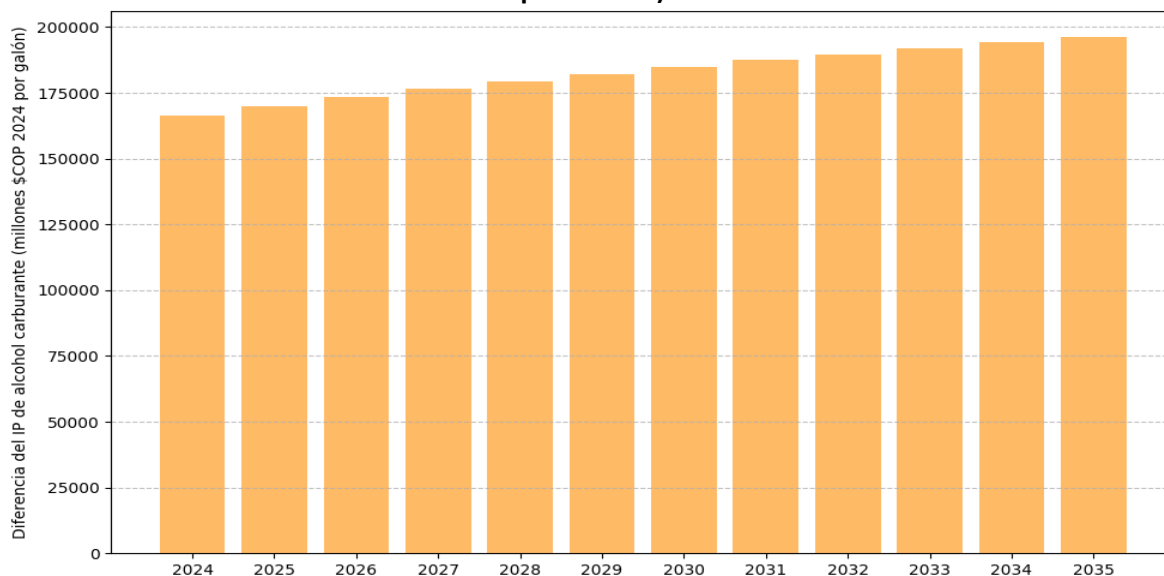
²⁵ La tarifa definida por MERCOP es igual a 0.28% para cada una de las puntas de producto, lo que equivale a 0.56% del total negociado.

²⁶ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036. Referencia: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

La demanda de biodiésel (en naranja) es ligeramente superior a la del alcohol carburante (en verde) a lo largo de todo el horizonte temporal. Ambas muestran una tendencia creciente, lo que refleja un incremento consistente con el aumento previsto en el consumo de combustibles en el país.

La diferencia estimada del ingreso al productor (IP) de alcohol carburante, expresada en millones de pesos de 2024, como se muestra en la Gráfica 11.

Gráfica 11. Diferencia estimada del Ingreso al productor (IP) de alcohol carburante (millones de pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁷.

Al calcular el valor presente de dichas diferencias, se estima un beneficio esperado para la sociedad de **COP\$1,77** billones con la implementación de la reforma propuesta.

Análisis costo-beneficio de la reforma de precios del biodiésel

Para calcular el beneficio promedio por galón ($B^{biodiésel}$) de la reforma se efectúa la diferencia entre ingreso al productor (IP) del biodiesel y el precio de paridad exportación (PPE) del biodiesel de Rotterdam menos los gastos administrativos:

$$B^{biodiésel} = \frac{\sum_{t=1}^N \left(\frac{IPB_t - PPE_t^{Rott} - CAS_t}{(1+r)^t} \right)}{N}$$

Donde:

²⁷ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

IPB_t es el ingreso al productor (IP) del biodiésel según la fórmula actual en el período t .

$PPEB_t^{Rott}$ es el precio de paridad de exportación (PPE) del biodiésel proveniente de Rotterdam en el período t .

Finalmente, se calcula el Valor Presente (VP) de los beneficios de la Reforma al multiplicar el beneficio esperado por galón por la demanda estimada de biodiésel en el escenario medio proyectado por la UPME, asumiendo una mezcla del 10%:

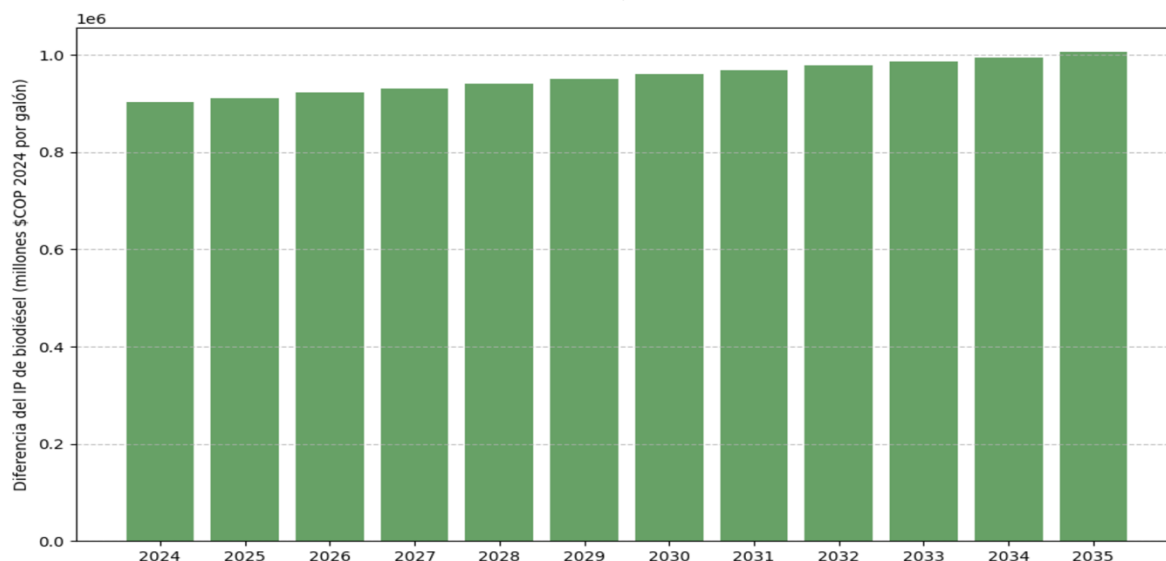
$$Beneficio^{biodiésel} = \sum_{t=1}^N \left(\frac{B^{biodiésel} * D_t^{biodiésel}}{(1+r)^t} \right)$$

Donde:

$D_t^{biodiésel}$ es la demanda estimada de biodiésel en el escenario medio proyectado por la UPME²⁸ para el período t .

Tras realizar las estimaciones correspondientes para el caso del biodiésel, se determina la diferencia estimada en el ingreso al productor (IP) de biodiésel, expresada en millones de pesos de 2024, tal como se presenta en la Gráfica 12. Al llevar a cabo el cálculo del valor presente de estas diferencias proyectadas, se obtiene un costo esperado para la sociedad equivalente a **COP\$ 6,53 billones**.

Gráfica 12. Diferencia estimada del Ingreso al productor (IP) de biodiésel (millones de pesos 2024)



Fuente: Elaboración propia de Fedesarrollo basada en datos de la UPME²⁹.

²⁸ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

²⁹ Proyección Demanda Energía Eléctrica Gas Natural y Combustibles Líquidos 2022-2036.
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_proyeccion_demanda_energeticos.pdf

Pobreza energética y pobreza monetaria

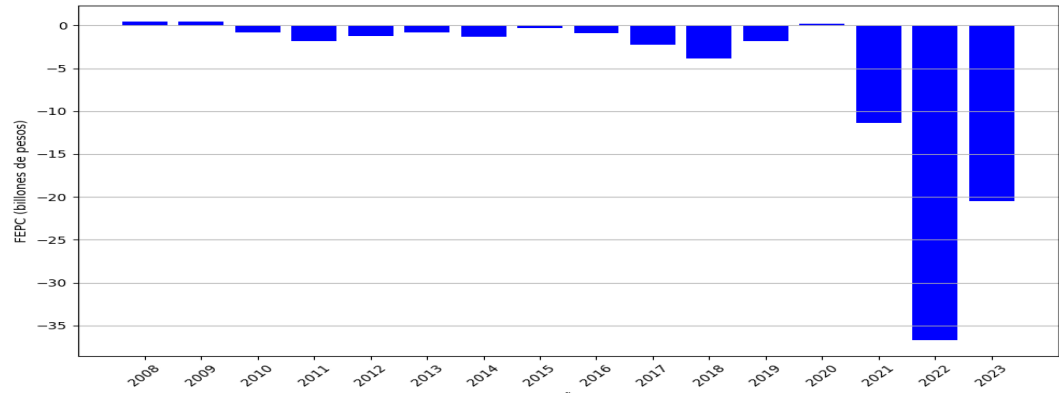
El índice Multidimensional de Pobreza Energética no captura el impacto directo de la reducción del costo del transporte. La reducción del porcentaje de la pobreza monetaria por aumento del ingreso por un menor costo del transporte por diésel es de aproximadamente 0,008%. Este es un estimativo de orden de magnitud que combina la reducción del precio final del biodiésel (4% en biocombustibles, que a su vez representan el 6% del costo total del combustible), el porcentaje del costo del combustible sobre el costo total de propiedad de los buses (30% en un estimativo conservador), el porcentaje aproximado de gastos de los hogares del quintil 1 en transporte (10%), y la elasticidad de la incidencia de pobreza con respecto al ingreso (-1,14). Puesto que el porcentaje de gasto en transporte es más bajo para los quintiles más altos de ingreso, una reducción de precios es progresiva.

3.2. Fondo de Estabilización de los Precios de los Combustibles

Los biocombustibles no reciben subsidios directos, sino exenciones tributarias, que tienen un efecto directo sobre los recursos fiscales disponibles, e indirecto sobre el FEPC, por la reducción del monto total de subsidios a la gasolina y al diésel cuando los biocombustibles se compran a precios inferiores al precio de los combustibles fósiles. A pesar del alcance indirecto de los biocombustibles sobre el desempeño del FEPC, es indispensable para la sostenibilidad del sector de combustibles líquidos que: (i) se reduzcan los subsidios al diésel; y (ii) se adopte una política de estabilización de precios, que se puede lograr con el uso de derivados a costo fiscal cero (‘collares’).

Existe una confusión generalizada sobre el papel de los fondos de estabilización en Colombia. Un fondo de estabilización no es un instrumento para cubrir cambios sistemáticos en el precio de un combustible. Para cubrir alzas persistentes se deben usar subsidios al usuario final, se requiere una financiación pública ‘a fondo perdido’. La Gráfica 13 muestra el balance anual del FEPC, y las Gráficas 8 y 9 muestra los flujos de ahorros y desahorros para la gasolina y el diésel, respectivamente.

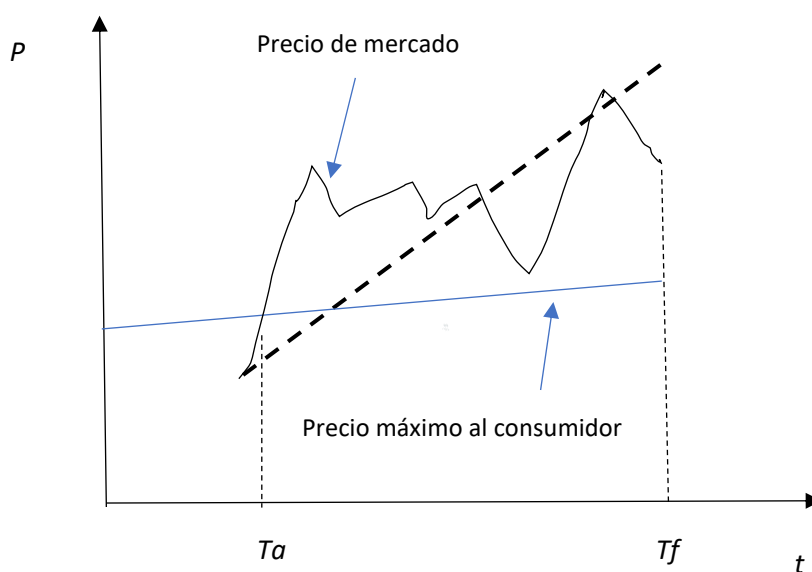
Gráfica 13. Balance anual del Fondo de Estabilización de Precios de Combustibles (FEPC)
(billones de pesos)



Fuente: Elaboración Fedesarrollo basada en datos del MHCP (2024).

El siguiente ejemplo simplificado ilustra la diferencia entre cobertura de precios y subsidios. Asuma que el precio eficiente de un combustible sigue un crecimiento sistemático (línea negra punteada), alrededor del cual fluctúa de manera aleatoria. Asuma también que la política pública consiste en que el precio sea, a lo sumo, el valor de la línea azul a lo largo del tiempo (Gráfica 14). Con esta política, y en este ejemplo, el precio de venta al público sería el precio de mercado antes del instante T_a , y en adelante, seguirá la línea azul hasta el instante T_f en el que se termina la política.

Gráfica 14. Modelo simplificado de subsidios



Fuente: elaboración propia.

Con esta política y en este ejemplo, se debe financiar la diferencia entre el precio de mercado y el precio máximo al consumidor entre los instantes T_a y T_f . Este es un *subsidio*, que debe absorberse con presupuesto general de la Nación, regalías, subsidios cruzados, etc. En promedio (valor esperado), se deberá financiar la brecha entre la línea negra punteada y la línea azul. Si el crecimiento es sistemático y la fecha T_f es indefinida, esta área sólo puede crecer, tal como sucede con el actual Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles.

3.3. Evaluación de impacto regulatorio (EIR)

A continuación, se desarrollan los pasos para llegar a una EIR simplificada, con base en la práctica internacional, que aprovecha el trabajo previo de la consultoría con el objetivo de dar una visión de alto nivel compacta.

Definición del problema

La fórmula de ingresos al productor corresponde a una política de promoción industrial de hace dos décadas. La política no ha estado complementada con una política de I+D+I que consolide la competitividad en el mercado de combustibles, ni que agregue capacidades de construir un

portafolio de productos alternos. La fórmula es opaca, compleja, y de aplicación discrecional. No revela información sobre la sostenibilidad de la producción doméstica.

Objetivos

Se propone (i) actualizar la política de biocombustibles para que esté alineada con los objetivos de descarbonización del país, (ii) eliminar la fórmula y a cambio usar subastas para la formación competitiva y transparente de precios y (iii) apoyar el fondeo en I+D+I.

Descripción de la propuesta regulatoria

El marco regulatorio actual se describió en el Entregable 2. La propuesta regulatoria comprende las 6 propuestas específicas de la sección 1, que tienen como elemento central una subasta de compra, con una primera ronda restringida a productores nacionales y una segunda ronda abierta a importaciones y premios a la competitividad que ayudan a financiar la modernización acelerada del sector de biocombustibles y a ampliar sus mercados.

Identificación de alternativas

Las experiencias de grandes productores mundiales como Argentina e Indonesia en biodiésel, y Brasil en alcohol carburante de caña de azúcar que se presentó en el Entregable 1 arrojan como balance su escasa aplicabilidad, porque la mejora de la formación de precios no consiste en establecer fórmulas cuando hay mercados internacionales líquidos de referencia.

Las nuevas condiciones de contexto reducen las alternativas a la formación competitiva de precios, con subastas de carácter obligatorio, como sucede en el mercado de energía (pool). Se proponen dos rondas, la primera reservada a producción doméstica y la segunda a importaciones, para evitar el desplazamiento de biocombustibles nacionales de precio eficiente. También se propone fondear una transición justa de los productores de precios altos que aspiren, de manera voluntaria, a reconvertirse hacia otros productos finales con biotecnología.

Análisis de beneficios y costos de la reforma

La diferencia entre precios de paridad de importación y el Ingreso al Productor, construidas con información pública disponible para los 6 años pasados, encuentran un spread promedio de – 8% para el alcohol carburante, y de -4% para el biodiésel. Cuando se le agregan los costos de transacción (costo de usar subastas organizadas), el modelo de análisis costo-beneficio encontró un VPN de COP\$ 1,77 billones para el alcohol carburante y un VPN de COP\$ 6,53 para el biodiésel, como se presentó en la sección 3.1 del presente Entregable. Por tanto, la reforma propuesta agrega valor a la sociedad.

Los beneficios no incluyen el valor de la revelación de precios para evaluar posibles ajustes a la política de biocombustibles en un ambiente competitivo de descarbonización de transporte, en competencia dentro de una curva MACC para ese sector.

Monitoreo y evaluación

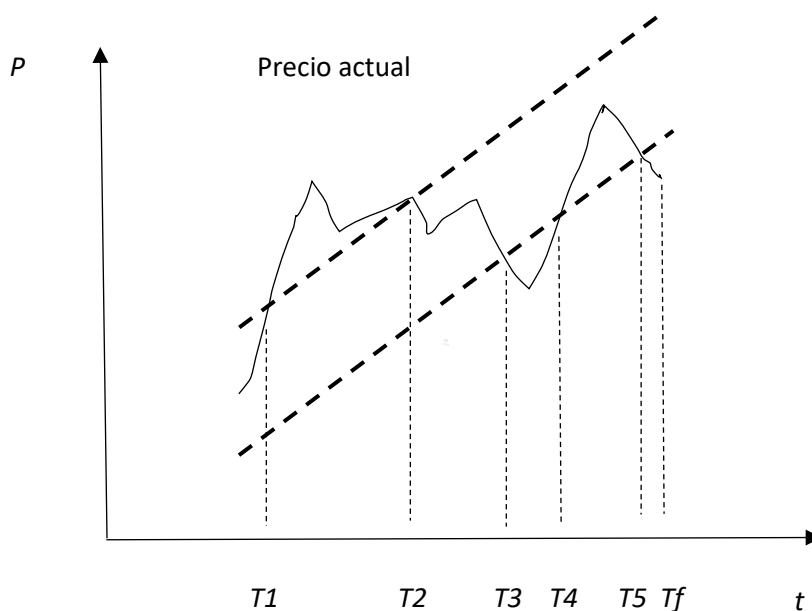
El MME y MHCP deben establecer un equipo de seguimiento del desempeño de la reforma, que puede incluir los siguientes indicadores clave:

- **I1. Precios de compra.** Identificar si existen precios de compra domésticos con menores valores al precio de paridad de importación de manera sistemática, que sería un indicio de competitividad y competencia.
- **I2. Niveles de importación.** En caso de que una fracción importante del tiempo los niveles de mezcla se deban importar de manera persistente o creciente, se debe reevaluar la política en conjunto con la información de los indicadores de precios de I1.
- **I3. Costo marginal de abatimiento.** Se debe calcular de manera frecuente este costo y compararlo con los costos de las tecnologías de descarbonización en transporte.
- **I4. Indicadores de productividad de la industria.** Se deben compilar mediciones de la productividad de materia prima (ton/Ha), eficiencia productiva (galones/kg de materia prima) y de utilización de residuos.
- **I5. Número de patentes de la industria y benchmarking internacional.** Este indicador servirá para alimentar una evaluación comprensiva para ajustar el programa de manera realista y conveniente para el país.

Apéndice. Propuesta de estabilización de precios de los combustibles con costo fiscal cero para reformar el FEPC, basada en derivados

La implementación de un modelo de estabilización con un collar de precios exige un ajuste continuo de los precios límites de la banda para evitar acumulaciones o déficits crónicos. La Gráfica A1 presenta un ejemplo de banda ajustada de manera continua (en los casos reales, se ajustará de manera escalonada por períodos). El precio al consumidor final será igual al precio de mercado hasta llegar a $T1$, adoptará el precio superior entre $T1$ y $T2$, seguirá el precio de mercado entre $T2$ y $T3$, adoptará el precio inferior de la banda entre $T3$ y $T4$, se moverá libremente entre $T4$ y $T5$, y adoptará el precio límite inferior de la banda entre $T5$ y Tf .

Gráfica A1. Modelo simplificado de cobertura autofinanciada

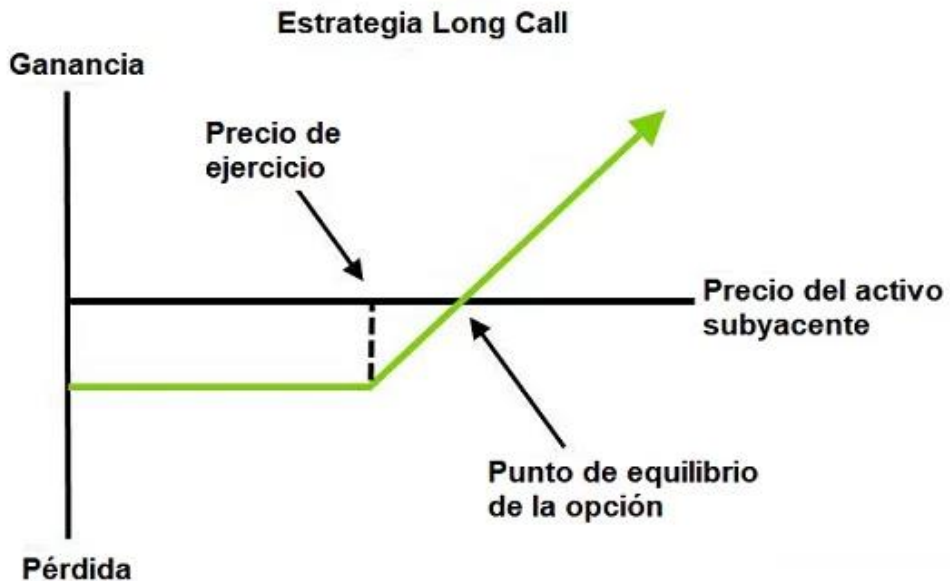


Fuente: elaboración propia.

Los valores de los precios límites superior e inferior se ajustan de manera que el valor presente del valor esperado acumulado de las diferencias entre precio de mercado y precio límite superior (durante períodos como $T1$ y $T2$ en el ejemplo, cuando el productor recibe el precio techo) debe ser igual al valor esperado acumulado de las diferencias entre precio límite inferior y precio de mercado (durante períodos como $T3$ y $T4$, y como $T5$ y Tf en el ejemplo, cuando los consumidores pagan un precio más alto que el de mercado).

Una opción de compra (*call*) otorga el derecho al comprador de la opción, de comprar el activo subyacente (y el vendedor de la opción está obligado a comprarlo), al precio indicado en el contrato de opción (precio de ejercicio, o *strike*), en una fecha fijada (europeas) o en cualquier instante hasta una fecha de expiración (americanas). Los pagos al comprador de una opción de compra se presentan en la Gráfica A2.

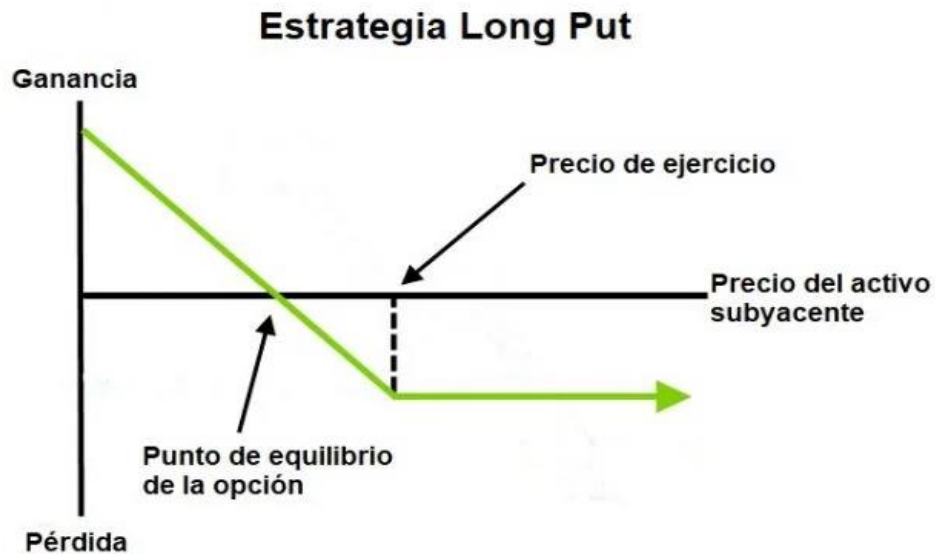
Gráfica A2. Pagos al *comprador* de una opción de compra



Fuente: Técnicas de trading (2021A).

Una opción de venta (*put*) otorga el derecho al comprador de la opción, de vender el activo subyacente (y el vendedor de la opción está obligado a comprarlo), al precio indicado en el contrato de la opción, en una fecha fijada o en cualquier instante hasta una fecha de expiración. Los pagos al comprador de una opción de venta se presentan en la Gráfica A3.

Gráfica A4. Pagos al *comprador* de una opción de venta



Fuente: Técnicas de trading (2021B).

Puesto que el vendedor de una opción de compra y el vendedor de una opción de venta sacrifican oportunidades de mercado, estos instrumentos tienen un costo (prima) que refleja el valor esperado de las oportunidades perdidas.

Con la ayuda de los bloques básicos de las opciones de compra y de venta, se pueden construir derivados sintéticos como los 'collares' para protegerse de las fluctuaciones de precios. Por facilidad de exposición, se discuten las implicaciones de la estrategia para un comercializador mayorista o importador de GLP. Un collar de derivados financieros protege al comprador de GLP frente a precios altos, pero también limita las reducciones de precio cuando el precio baja. Para construir esta estrategia, se compra una opción de venta (call) Out The Money (OTM), como protección ante una posible subida del GLP (subyacente), y simultáneamente vende una opción de compra (put) en el mercado Over-the-Counter, como compensación cuando baja el precio de los combustibles.

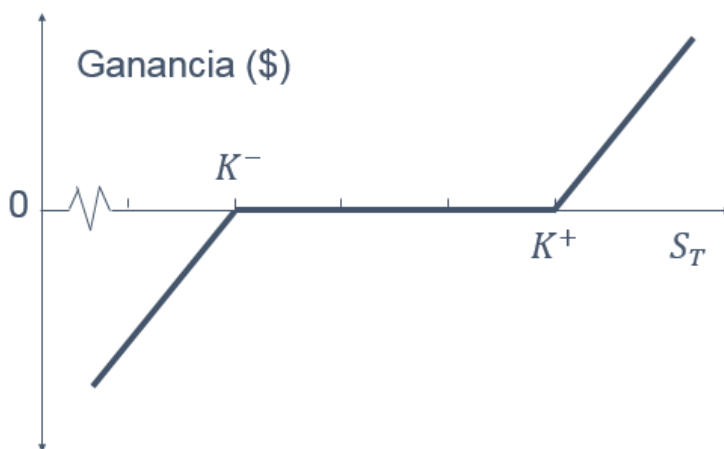
La opción de venta protege al productor o comercializador en caso de que el precio del GLP caiga. La venta de la opción de compra genera una ganancia (que se calibra para compensar el costo de compra de la opción de venta) y permite que el productor o comercializador se beneficien mientras el precio del GLP sea inferior al precio de ejercicio. Las dos opciones deben tener la misma fecha de expiración y deben ser iguales en el número de cantidades transadas. Sin embargo, deben tener distintos precios de ejercicio.

Para implementar un collar se deben realizar las siguientes operaciones de manera simultánea:

- Comprar una opción de venta (*call*) OTM con un precio de ejercicio K^+
- Vender una opción de compra (*put*) OTM basada con precio de ejercicio K^-

K^+ es mayor a K^- , y el precio spot (S_0) del GLP debe estar entre K^- y K^+ . La Gráfica A5 presenta los resultados de la estrategia.

Gráfica A5. Estabilización de precios con un collar



Fuente: elaboración propia.

La metodología para estabilizar el precio de suministro (productor e importador) utilizando una estrategia *net-zero collar* requiere: (i) definir los parámetros iniciales; (ii) calcular el Precio de Paridad Importación (PPI), (iii) estimar la volatilidad de los retornos del precio; y (iv) definir los precios de ejercicio superior (K_t^+) e inferior (K_t^-). A continuación, se explica los principales pasos de esta metodología.

Inicialmente, se requiere definir los parámetros iniciales para poder definir las bandas que estabilizan los precios de suministro de combustible:

- β es la ventana de tiempo (meses, semestres o año) de duración de las bandas del fondo
- r_f es la tasa libre de riesgo en pesos colombianos
- Δ es el porcentaje del precio spot que representa el ancho de la banda

La volatilidad del precio de paridad importación (PPI) del propano se puede calcular como la volatilidad histórica o un modelo autorregresivo generalizado condicional heteroscedástico (GARCH):

Volatilidad histórica:

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (r_i - \bar{r})^2$$

Modelo autorregresivo generalizado condicional heteroscedástico – GARCH(1,1):

$$r_t = \mu + \varepsilon_t \text{ donde } \varepsilon_t \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

donde

$$r_t = \ln(G_t) - \ln(G_{t-1})$$

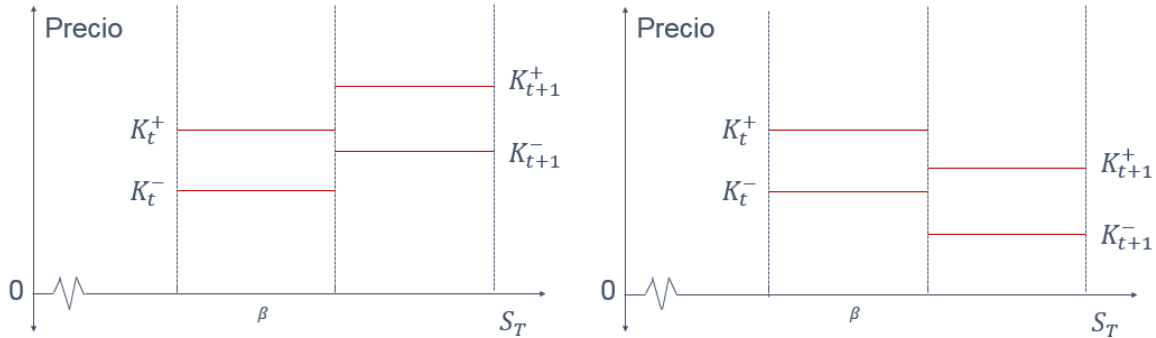
Para encontrar los precios de ejercicio de la opción de compra (K_t^+) y la opción de venta (K_t^-) que representan las bandas superiores e inferiores respectivamente, se debe igual las primas de las opciones de compra (c) y venta (p), garantizando que la diferencia entre los precios de ejercicio sea ΔS_0 y que el precio de ejercicio superior es mayor al inferior:

$$\Delta S_0 = K^+ - K^-$$

$$K^+ > K^-$$

De acuerdo con el resultado anteriores, las bandas para cada periodo son los dos precios de ejercicio (K_t^+ y K_t^-) como se ilustra en la Grafica A6.

Gráfica A6. Ilustración del ajuste de la banda superior e inferior de los precios de paridad importación (PPI)



Fuente: elaboración propia.

Para resaltar: por diseño, la estrategia de *zero-net collar* no tiene ningún déficit o superávit, lo implica que *no se necesita ningún capital de trabajo* para comenzar la estrategia de cobertura del precio de los biocombustibles.

La prima de una opción de compra (c) y de venta (p) europea con precio de ejercicio K en la fecha de vencimiento T es (asumiendo por simplicidad que los precios siguen un movimiento browniano geométrico):

$$c = e^{-rT} [S_0 e^{rT} N(d_1) - KN(d_2)]$$

$$p = e^{-rT} [KN(-d_2) - S_0 e^{rT} N(-d_1)]$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0) - \ln(K) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln(S_0) - \ln(K) + \left(r - \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

donde

S_0 : es el precio spot en $t=0$

K : es el precio de ejercicio de la opción

σ : es la volatilidad de los precios

T : es el tiempo hasta antes de la fecha de entrega o maduración

r : es la tasa de interés libre de riesgo para la maduración T

Para que la estrategia collar tenga un valor presente igual a cero, se requiere que el valor de la prima de la opción de compra (c) sea igual al precio de la opción de venta (p). Existen infinitas combinaciones de K^+ y K^- que generan que c y p sean iguales para un mismo subyacente con igual tiempo de ejercicio (T). En la estrategia zero-cost collar, se requiere definir el ancho de la banda (Δ) proporcional con el precio spot (S_0) para encontrar K^+ y K^- ($K^+ > K^-$):

$$\Delta S_0 = K^+ - K^-$$

$$K^- = K^+ - \Delta S_0$$

Finalmente, se debe resolver la siguiente ecuación para encontrar los precios de ejercicios (K^+ y K^-) asociados a la estrategia collar con valor presente igual a cero:

$$c = p$$

$$e^{-rT} [S_0 e^{rT} N(d_1^+) - N(d_2^+)] = e^{-rT} [K^- N(-d_2^-) - S_0 e^{rT} N(-d_1^-)]$$

$$S_0 e^{rT} N(d_1^+) - K^+ N(d_2^+) = (K^+ - \Delta S_0) N(-d_2^-) - S_0 e^{rT} N(-d_1^-)$$

donde

$$d_1^+ = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^+) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2^+ = d_1^+ - \sigma\sqrt{T}$$

$$d_1^- = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^-) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = \frac{\ln(S_0) - \ln(K^+ - \Delta S_0) + \left(r + \frac{1}{2}\sigma^2\right)T}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2^- = d_1^- - \sigma\sqrt{T}$$

ANEXOS

ANEXO 1 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Houston (Estados Unidos) a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Freightos Baltic Index (FBX)	40-60 USD/ton (granel líquido)	Índices globales de costos de transporte marítimo.	Varía según demanda y temporada. Requiere suscripción para datos detallados.
Baltic Exchange	Rango general: 40-60 USD/ton	Granel seco y líquido; buques cisterna.	Enfocado en mercados internacionales. Indicadores útiles para rutas clave.
Clarksons Research	40-55 USD/ton	Carga líquida (biocombustibles) y transporte especializado.	Fuentes técnicas del mercado marítimo; requiere acceso pago.
SeaRates (plataforma)	35-55 USD/ton	Cotización en línea para transporte de carga seca, líquida o contenedores.	Herramienta fácil de usar para precios en tiempo real.
iContainers (plataforma)	40-65 USD/ton	Cotizaciones específicas para importación/exportación entre EE. UU. y Colombia.	Los precios dependen del tipo de carga y tiempo de tránsito.
CEPAL	40-70 USD/ton	Estudios sobre comercio marítimo en América Latina.	Basado en datos históricos; depende de actualizaciones de reportes.
ProColombia	35-60 USD/ton	Logística para comercio internacional Colombia-EE. UU.	Incluye costos de transporte para importadores/exportadores colombianos.
Brokers marítimos (Maersk, MSC, etc.)	40-60 USD/ton	Cotizaciones específicas para carga líquida o seca.	Los precios pueden variar según el volumen y el tiempo de envío.

ANEXO 2 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Santos (Brasil) a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Maersk	30-50 USD/ton (promedio global)	Transporte marítimo general y líquidos.	Operador global; las tarifas varían según el volumen y el tipo de contrato.
Stolt Tankers	40-60 USD/ton (estimado)	Transporte especializado de químicos y líquidos.	Especialista en carga líquida; tarifas más altas debido a especialización en químicos.
Cargill Ocean Transportation	30-50 USD/ton (estimado)	Transporte de líquidos y carga seca.	Conocida por operar rutas de biocombustibles; precios competitivos en volumen.
BRS Group	40-60 USD/ton (estimado)	Brokerage marítimo de químicos y biocombustibles.	Especialistas en mercado marítimo; trabajan con múltiples navieras.

ANEXO 3 - Estimación de costos de flete marítimo (2024) desde Rotterdam a Cartagena

Fuente	Tarifas Estimadas (USD/ton)	Enfoque Principal	Notas
Clarksons Research	\$30 - \$50	Líquidos a granel y combustibles	Líder en datos de mercado marítimo; requiere suscripción para acceso a informes detallados.
Baltic Exchange	\$35 - \$70	Índices de fletes marítimos	Especializado en tarifas para buques tanque; útil para entender tendencias globales.
Freightos	\$30 - \$60 (general)	Fletes marítimos y contenedores	Herramienta en línea para cotizaciones rápidas; menos específica para líquidos a granel.
Drewry Shipping	\$30 - \$70	Análisis de costos de transporte	Proporciona previsiones de tarifas y análisis detallados del mercado.
S&P Global Platts	\$35 - \$75	Fletes de combustibles y químicos	Enfocado en costos de transporte y precios de

			bunker; ideal para productos especializados.
Maersk Tankers	\$30 - \$50	Líquidos a granel	Ofrecen transporte especializado; contactarlos directamente para tarifas personalizadas.
Stolt Tankers	\$40 - \$80	Líquidos químicos y biocombustibles	Especializados en químicos y biocombustibles; tarifas más altas para productos sensibles.
European Biodiesel Board (EBB)	\$30 - \$60	Logística de biocombustibles	Asociaciones publican datos sobre costos de transporte para la industria europea.
Shipfix	\$30 - \$70	Tarifas en tiempo real	Información actualizada y detallada, útil para negociaciones específicas.

**CONSULTORÍA PARA EVALUAR LAS ACTUALES
METODOLOGÍAS DE REMUNERACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES
EN COLOMBIA**

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

**Entregable 4: Recomendaciones de mejora regulatoria para
la remuneración de los biocombustibles**

Coordinador General

Juan Benavides

Consultores Senior

David Forero

Sergio Cabrales

26 de noviembre de 2024



FEDESARROLLO

Centro de Investigación Económica y Social

Consultoría para evaluar las actuales metodologías de remuneración de biocombustibles en Colombia

Proceso de selección #CO-T1682-P001 (BID)

26 de noviembre de 2024

Entregable 4: Recomendaciones de mejora regulatoria para la remuneración de los biocombustibles

Se establecen principios de política para la formación de precios, basados en eficiencia económica y en actualizar la política original de biocombustibles para que se alinee con los compromisos internacionales de descarbonización del país. Se propone eliminar el sistema de fórmulas y migrar a un esquema de subastas de compra con un precio techo igual al precio de paridad de importación para el etanol y precio de paridad exportación para el biodiésel. Este esquema es más transparente y revelará información sobre la competitividad de la producción doméstica para análisis sobre su dinámica dentro de las opciones de descarbonización del transporte.

Las subastas dan una primera oportunidad a la producción doméstica para evitar su desplazamiento total por las importaciones. Además, se propone otorgar una prima a los productores nacionales competitivos, para que inviertan una parte de ella en I+D+i, que permita consolidar su competitividad en el mercado de descarbonización y/o en mercados alternos, con base en biotecnología.

Las simulaciones de la nueva política de formación de precios de los biocombustibles arrojan, para un período de evaluación de 11 años, un valor presente de **ahorros por COP\$ 1,77 billones para el alcohol carburante, y de COP\$ 6,53 billones para biodiésel**. Por tanto, se recomienda al estado implementar la reforma propuesta.

Como recomendaciones complementarias, se propone crear un fondo de transición justa para facilitar la reconversión de productores que quieran modernizarse (y de su fuerza laboral) y tengan una estrategia de salida en otros mercados, y que el mercado de combustibles de segunda generación (especialmente combustibles sostenibles para aviación con base en residuos orgánicos) se liberalice, puesto que será voluntario y está sujeto a la presión de la oferta en diferentes aeropuertos internacionales.

Por su importancia para la sostenibilidad del sector, se añade una propuesta detallada de estabilización de precios para el FEPC de costo fiscal cero (con uso de derivados), que se puede poner en marcha en paralelo con la reducción de los subsidios a los combustibles fósiles.

Índice

Sección 1. *Policy brief* de la alternativa recomendada

Sección 2. Recomendaciones de implementación

Sección 1. *Policy brief* de la alternativa recomendada

Diagnóstico

La introducción de los biocombustibles en Colombia corresponde a una política de diversificación de combustibles líquidos y promoción industrial, definida hace cerca de 20 años. Los biocombustibles han reducido la presión sobre la refinación doméstica y las importaciones de combustibles fósiles, a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ‘del pozo a la rueda (Well-to-Wheels)’ y a la reducción de emisiones de material particulado. El primer aporte es un impacto sobre la macroeconomía y, en menor proporción a la balanza de pagos (hay un *swap* de importaciones de combustibles fósiles por importaciones de alcohol carburante). El aporte en reducción de GEI no se ha evaluado en comparación con otras intervenciones de descarbonización del transporte dentro de una curva de costos marginales de abatimiento (MACC, por sus siglas en inglés) de GEI del transporte, que es el sector individual que más contribuye a las emisiones de GEI (cerca del 12% del total).

En muchos períodos, el ingreso al productor (IP) del alcohol carburante supera el precio de paridad de importación (PPI) del etanol de maíz proveniente de Estados Unidos (subsidiado), lo que genera incentivos para importar etanol. Por su parte, el IP del biodiésel ha sido consistentemente más alto que el del diésel fósil, debido tanto a los desahorros del FEPC aplicados al IP del diésel fósil, que no se han eliminado, como a la fórmula del IP para biocombustibles.

La política original no incluyó el apoyo a la construcción de cadenas de valor alternativas a la conversión del producto en combustible, que eventualmente cederá una fracción de su consumo a tecnologías que compiten (gas, hidrógeno, electricidad) en costo-eficiencia y en aportes a la descarbonización. Las fórmulas de ingreso al productor son opacas, complejas, difíciles de replicar, no están orientada por la eficiencia económica, se han aplicado de manera discrecional en muchos casos y genera oportunidades de arbitraje.

La producción de materia prima y de biocombustibles ya pasó por su etapa de industria naciente. El sector debe aumentar la productividad y sostenibilidad de su producción, competir con otras alternativas de descarbonización y/o diversificar su producción en nichos de alto valor agregado con base en I+D+i masivas.

La política de biocombustibles debe actualizarse para que tenga como objetivo central el cumplimiento de los compromisos NDC de descarbonización del transporte para 2030 con una formación de precios competitiva, y como objetivo complementario la inserción de la industria productora de insumos en una industria 4.0 basada en biotecnología y la producción diversificada de bienes de alto valor agregado.

Principios de reforma

- **La política de biocombustibles debe reflejar las prioridades de descarbonización e inserción en la bioeconomía.** La producción de biocombustibles debe apoyar el logro de las metas de descarbonización del transporte, en competencia con otras modalidades de movilidad, como la

electromovilidad, que en el nicho de transporte masico urbano tiene evaluación económica positiva a pesar de sus altos valores de CAPEX, y cobeneficios a la reducción de material particulado.

- **Los biocombustibles deben competir disciplinadamente en el mercado de la descarbonización.** Los biocombustibles deben convertirse en opciones de atractivas en el contexto de los portafolios internacionales de inversión en descarbonización (fondos financiados con bonos verdes o temáticos, capital de riesgo). De lo contrario, no serán sostenibles. Para ello es útil calcular sus costos marginales de abatimiento y ubicarse en una curva en competencia con otras alternativas de descarbonización. En caso de que de que los precios domésticos de los biocombustibles no sean competitivos y sus aportes a la descarbonización, se debe fondear la reconversión industrial de los productores y de la mano de obra empleada.
- **Las compras de biocombustibles deben generar precios eficientes.** Esta decisión ayuda a revelar información sobre la competitividad de la industria productora, tanto en el ámbito doméstico como en relación con los mercados internacionales de combustibles. De esta manera ya no se requieren fórmulas de precios, y el modelo de remuneración sólo tendrá un parámetro en precios (precio techo del contrato de suministro por un período determinado. Además, la compra por contrato se convierte en un mecanismo de estabilización de precios que reduce los riesgos del productor y reduce la volatilidad del mercado final, de manera costo-eficiente.
- **El estado debe apoyar la adopción acelerada de tecnologías en el sector de biocombustibles.** Se debe premiar a los productores más competitivos para que puedan avanzar, con uso de I+D+i, en poli generadores en biorrefinerías, aplicaciones de IA para biotecnología, modelaje computacional para aprovechar la biodiversidad, la secuenciación genómica y de fragmentos, la edición genética y las mejoras del suelo. El programa será sostenible *para la política de descarbonización* si los costos de importación de biocombustibles son inferiores a los de los precios internacionales de los combustibles y compiten favorablemente con otras alternativas de descarbonización de usos finales.

Propuesta

Propuesta 1. Eliminar las fórmulas de formación de precios y subastar las compras de biocombustibles¹. Las fórmulas de precios son opacas y se aplican o suspenden discrecionalmente. La ausencia de competencia efectiva genera consecuencias imprevistas, aumenta los riesgos de los inversionistas y no revela información sobre la eficiencia del Programa. Los mercados organizados, con subastas concurrentes que generan información pública ayudan a remediar estos problemas. La relevación de información y la mejora en la formación de precios se puede implementar con

¹ Isaac Newton planteó que 'Truth is ever to be found in simplicity, and not in the multiplicity and confusion of things'.

subastas de suministro gestionadas por un tercero calificado e independiente (por ejemplo, la Bolsa Mercantil de Colombia), de la siguiente manera.

- **Primera ronda. Subasta para productores nacionales.** De manera trimestral, el subastador convocará a productores calificados para suministrar las cantidades necesitadas para el próximo año para cumplir las mezclas, sin incluir importaciones. Los contratos subastados tendrán un techo de precios igual al precio de paridad de importación para el etanol y al precio de paridad de exportación para el biodiésel y las ofertas estarán ajustadas por normas internacionales de calidad y contenido energético. Los contratos tendrán las siguientes definiciones: (i) punto de entrega; (ii) plazos y condiciones de entrega.
- **Segunda ronda. Subasta de importación.** Las cantidades que falten para cumplir las metas de mezcla se subastarán al otro día de la subasta de la subasta doméstica, con el precio de paridad de importación para el etanol y el biodiésel, y condiciones de la subasta doméstica. En esta subasta podrán participar productores nacionales, actuando como importadores.

Propuesta 2. Implementar el modelo de asignación y uso de las primas para I+D+i en biocombustibles.

Para presionar la competencia en las subastas y avanzar en la transformación de la producción nacional, los productores domésticos que logren vender biocombustibles a través de las subastas entre junio de 2025 y junio de 2029 recibirán una prima del 25% de la diferencia entre el techo de precios y el precio de cierre de las subastas; la mitad del valor de la prima tendrá dedicación libre, y la otra mitad se dedicará a inversiones elegibles en modernización tecnológica propia o en la cofinanciación de I+D+i en programas aprobados por el MME y el MCTI; esta prima se prolongará por 2 años más, con similares proporciones de dedicación.

Propuesta 3. Evaluación comparativa de los biocombustibles en curvas MACC nacionales para ajustar niveles de mezcla.

El costo marginal de abatimiento es el costo adicional del biocombustible por reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en una tonelada. Es un cociente cuyo numerador es la diferencia de costos en inversión (CAPEX) más la diferencia en costos de operación y mantenimiento (costo total de propiedad; TCO por sus siglas en inglés) entre una intervención y el *statu quo* (consumir combustibles fósiles), y cuyo denominador es la diferencia en emisiones de eqCo2 entre las dos alternativas.

Este cociente puede ser positivo o negativo. Los costos marginales de abatimiento negativos corresponden a oportunidades que reducen las emisiones con una ganancia económica neta. Cuando un país, una región, o un sector económico tienen n alternativas para reducir las emisiones de eqCO₂, cada una con su propio costo y potencial de abatimiento incrementales, estas se pueden ordenar de menor a mayor costo incremental. La curva escalonada resultante se llama curva de costos marginales de abatimiento (MACC por sus siglas en inglés).

Propuesta 4. Crear un fondo de transición justa para la conversión de productores de baja competitividad, y de su fuerza de trabajo.

Se creará una entidad de Transición Justa similar a la que se usa en países como España y Suráfrica, y se financiarán parcialmente activos en actividades elegibles. La mano de obra de las empresas en reconversión recibirá cursos prácticos en habilidades de alta empleabilidad, y acompañamiento en la búsqueda de nuevos empleos.

Propuesta 5. Propuestas complementarias. Algunos actores del mercado de combustibles de Colombia, como Ecopetrol, están evaluando el ingreso al mercado de biocombustibles de 'segunda generación' para aviación, usando como materia prima el aceite de cocina usado (HVO, por sus siglas en inglés), y combustible sostenible de aviación (SAF, por sus siglas en inglés), que aprovechan residuos de la producción de hidrocarburos, residuos sólidos urbanos, plásticos, lodos residuales y otras formas de materia orgánica. La mejor alternativa para apoyar el desarrollo sostenible de biocombustibles de segunda generación es a través de conformar mercados voluntarios, y liberalizando los precios (que no deben provenir de ninguna fórmula de ingreso al productor. A pesar del alcance indirecto de los biocombustibles sobre el desempeño del FEPC, es indispensable para la sostenibilidad del sector de combustibles líquidos que: (i) introducir el IVA al diésel; y (ii) se adopte una política legítima de estabilización de precios, que se puede lograr con el uso de derivados a costo fiscal cero ('collares' de precios adecuadamente calibrados).

Impacto sobre el bienestar

Usando los márgenes promedio observados entre el costo de oportunidad aplicable (precio de paridad de importación para el etanol, y de paridad de exportación para el biodiésel), y las proyecciones de demanda de la UPME, se realiza un análisis costo-beneficio que arroja un valor presente de **ahorros por COP\$ 1,77 billones para el alcohol carburante, y por COP\$ 6,53 billones para el biodiésel.**

Sección 2. Recomendaciones de implementación

El MME, el MHCP, el MCIT y el MCTI deben establecer un equipo de implementación de las subastas y un plan de seguimiento del desempeño de la reforma, que puede incluir los siguientes indicadores clave:

- **I1. Precios de compra.** Identificar si existen precios de compra domésticos con menores valores al precio de paridad de importación de manera sistemática, que sería un indicio de competitividad y competencia.
- **I2. Niveles de importación.** En caso de que una fracción importante del tiempo los niveles de mezcla se deban importar de manera persistente o creciente, se debe reevaluar la política en conjunto con la información de los indicadores de precios de I1.
- **I3. Costo marginal de abatimiento.** Se debe calcular de manera frecuente este costo y compararlo con los costos de las tecnologías de descarbonización en transporte.
- **I4. Indicadores de productividad de la industria.** Se deben compilar mediciones de la productividad de materia prima (ton/Ha), eficiencia productiva (galones/kg de materia prima) y de utilización de residuos.
- **I5. Número de patentes de la industria y benchmarking internacional.** Este indicador servirá para alimentar una evaluación comprensiva para ajustar el programa de manera realista y conveniente para el país.