



**DIRECCIÓN DE PLANIFICACIÓN
DEPARTAMENTO FORMULACIÓN DE PROYECTOS**

**Adenda al estudio de pre-factibilidad del programa de etanol,
actualizado a abril de 2019**

Abril 2019

ÍNDICE

1	Introducción.....	1
2	Antecedentes.....	2
3	Justificación.....	2
4	Objetivos del programa.....	3
5	Breve descripción del programa.....	4
6	Efecto en el medio ambiente.....	5
7	Efecto en los precios.....	7
8	Posible beneficio socioeconómico.....	9
9	Rendimiento de las mezclas de gasolina con etanol.....	10
10	Recomendación sobre el suministro del etanol.....	13
11	Efectos sobre la salud pública.....	14
12	Conclusiones.....	14
13	Referencias.....	15

1 Introducción

El presente documento tiene como propósito actualizar y complementar el estudio de pre-factibilidad del programa de etanol, elaborado en 2014.

Uno de los aspectos que se actualizan es el análisis de precios. Esto es de gran importancia debido a la volatilidad del comportamiento del mercado internacional de las gasolinas y el etanol. Por medio de este análisis es posible estimar el potencial impacto que la adición de etanol podría tener en las gasolinas.

Otro aspecto que se actualiza es el relativo a la inversión requerida. Actualmente, el proyecto de RECOPE para contar con la infraestructura necesaria para las mezclas considera un sistema de dosificación en línea (en las estaciones de llenado de camiones cisterna), puestos para el recibo del etanol, tres tanques de almacenamiento de etanol por plantel, entre otras obras. Esto es una mejora con respecto a lo estipulado en el estudio de pre-factibilidad de 2014, donde solamente se consideraron modificaciones a equipos existentes. La implementación de sistemas modernos de dosificación en línea y de nuevos tanques para el almacenamiento de etanol le permitirá al país tener un mejor control del proceso de mezcla.

También, se amplía la información técnica relacionada con rendimientos del combustible. Para esto se utilizan datos generados por instituciones académicas, que a la vez son congruentes con las pruebas realizadas por la empresa.

Además de los puntos anteriores, este documento actualiza y amplía otra información, como las estimaciones de emisiones de gases de efecto invernadero (según el origen del etanol), así como los eventuales beneficios económicos que podrían ser aprovechados por el sector productivo nacional, entre otros aspectos.

2 Antecedentes

En el año 2006, se inicia el plan piloto de mezclado gasolina plus 91 con etanol, en el plantel Barranca. Este plan es exitoso, dado que se evidencia que la adición de etanol a la gasolina no afecta significativamente el desempeño ni la integridad de los vehículos. No obstante, es necesario que se le dé un mantenimiento oportuno a los automóviles que utilizan la mezcla.

En 2009, mediante el Decreto Ejecutivo N° 35091-MAG-MINAET, se publica el Reglamento de Biocombustibles, donde se declaran de conveniencia nacional e interés público los planes, proyectos y procesos relativos a la producción e industrialización de biocombustibles y sus mezclas con combustibles fósiles.

En 2014, la Dirección de Planificación entrega el estudio de prefactibilidad a la administración superior. Durante los dos siguientes años, la Gerencia de Desarrollo lleva a cabo el diseño de la infraestructura necesaria para el mezclado en línea, en los cargaderos.

De manera paralela, se elabora la norma INTE E1:2016, la cual tiene como objeto establecer los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir, a nivel nacional, las gasolinas RON 91, RON 95 y sus mezclas con etanol carburante anhidro desnaturalizado para uso automotor. Una vez obtenida esta norma, se inicia el proceso para que su implementación sea obligatoria. El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) realiza la consulta pública y obtiene solamente dos observaciones, ninguna de las cuales procede. El Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC) realiza la consulta a la Organización Mundial de Comercio (OMC) y no obtiene observaciones. A la fecha, se cuenta con un borrador del decreto que haría que la norma INTE E1:2016 sea obligatoria en el país.

3 Justificación

El programa de adición de etanol en las gasolinas es parte del Plan de Descarbonización del Sector Transporte Terrestre (RECOPE, 2018). Por medio de su implementación se pretende contribuir con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, de esta manera, mitigar los efectos adversos del cambio climático. En general, el uso de los

biocombustibles es una de las formas más viables de reducir el consumo de combustible fósiles, en el corto plazo, y dentro del contexto costarricense.

Además, el programa permite la sustitución del MTBE como oxigenante de las gasolinas, el cual puede llegar a ser perjudicial para la salud humana, en caso de presentarse una filtración en los mantos acuíferos (American Cancer Society, 2011). Sin embargo, es necesario aclarar que este evento es poco probable, en Costa Rica, debido a que la gran mayoría de las fuentes de agua se encuentran en las partes altas.

En caso de que el etanol sea producido localmente, este combustible puede contribuir a la independencia energética del país y a propiciar encadenamientos productivos que impulsen la economía nacional. Además, el uso de etanol producido en Costa Rica permitiría disminuir la fuga de divisas al exterior.

Otras dos ventajas adicionales del etanol son: un mayor octanaje que las gasolinas y un mejor rendimiento de los vehículos, bajo ciertas condiciones, en virtud de una combustión más completa.

4 Objetivos del programa

- Contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector transporte.
- Sustituir el uso de MTBE por un oxigenante más amigable con la salud humana y el ambiente.
- Abrir una oportunidad de crecimiento y desarrollo al sector agroindustrial nacional.
- Propiciar una actividad productiva que evite la fuga de divisas al exterior.

5 Breve descripción del programa

El programa consiste en la adición de etanol anhidro a las gasolinas, a nivel nacional, con el propósito de contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero y sustituir el MTBE por un oxigenante más amigable con el ambiente.

Se tiene proyectado iniciar a finales de mayo de 2019, con la adición de entre 5% y 10% (en volumen) de etanol a la gasolina súper. A partir de enero de 2021 se mezclará en ambas gasolinas. Siempre que los precios del etanol sean favorables, el contenido de etanol debe ser lo más cercano posible al 10%.

Inicialmente, el etanol se adicionará a los tanques de gasolina. Luego, una vez que se cuente con la infraestructura necesaria, la mezcla se realizará directamente en los camiones cisterna.

Actualmente, RECOPE está ejecutando los trámites para la instalación de un sistema de dosificación en línea, en los cargaderos, según el siguiente alcance:

En El Alto, La Garita y Barranca:

- Sistema de carga y descarga de camiones cisternas con etanol.
- Tres tanques de almacenamiento de etanol en cada plantel. En El Alto y La Garita cada tanque debe ser de 10 000 barriles (1 590 m³). En Barranca cada tanque debe ser de 5 000 barriles (795 m³).
- Sistema de dosificación de etanol en línea, en cada uno de los cargaderos de gasolina.
- Interconexiones entre los tanques de almacenamiento y los dosificadores en línea.
- Nuevo sistema de contadores en los cargaderos de La Garita.

En el Plantel Moín:

- Sistema de carga y descarga de camiones cisternas con etanol.
- Adecuación de las instalaciones para recibir etanol por el muelle (tanque y tuberías), en caso de importación.

En el Cuadro 1 se muestra la inversión realizada y pendiente.

Cuadro 1. Inversión para la infraestructura de mezclado en línea

Plantel	Inversión realizada	Inversión pendiente
Moín	\$ 6 321 239	\$ 200 000
El Alto		\$ 6 739 619
La Garita		\$ 8 428 260
Barranca		\$ 5 334 981
Total	\$ 6 321 239	\$ 20 702 861

Fuente: Elaboración propia con datos de la Gerencia de Desarrollo de RECOPE

6 Efecto en el medio ambiente

El etanol tiene un menor contenido de carbono que las gasolinas y, al ser un oxigenante, mejora la combustión. Por lo tanto, la adición de etanol en las gasolinas conlleva una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, es importante tomar en cuenta que los beneficios ambientales dependen, en gran medida, de las prácticas productivas y la materia prima de la cual se obtenga el etanol.

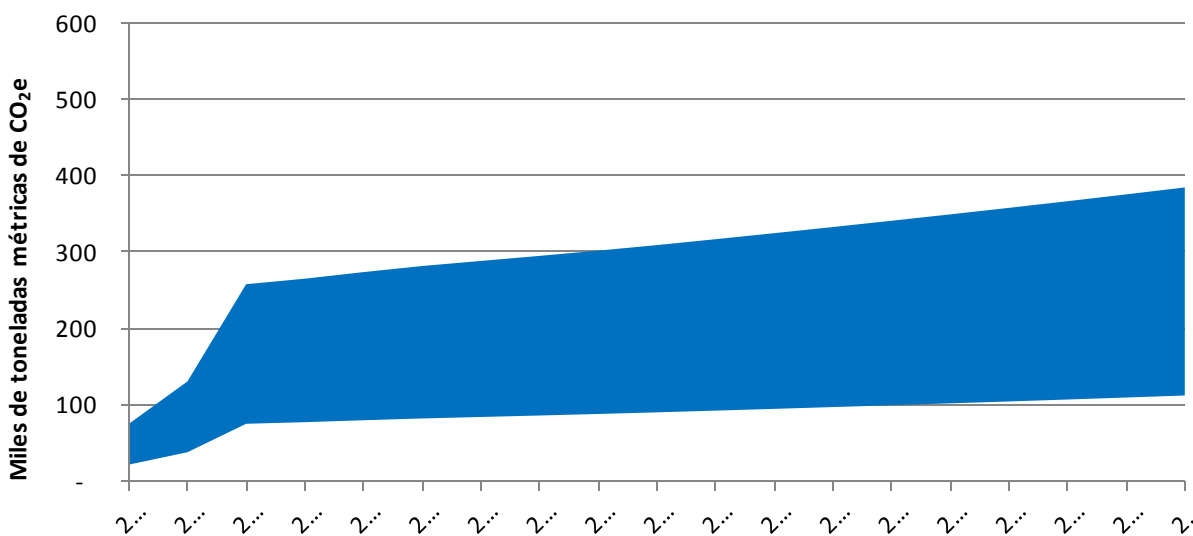
La forma más conveniente de expresar las emisiones de GEI es mediante las unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Esto consiste en equiparar todos los GEI (CO, CH₄, etc.) a CO₂, de acuerdo al potencial relativo que tiene cada uno de estos gases para calentar el planeta. De esta manera se tiene un solo dato que refleja el efecto de calentamiento global asociado a una determinada emisión.

De acuerdo con la *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA, 2018), el etanol producido a partir de maíz genera entre 48,4 y 110,9 toneladas métricas de CO₂e por TJ (entre 51,1 y 117 kg de CO₂e por millón de BTU) mientras que el etanol que se obtiene de la caña de azúcar genera entre 8,5 y 52 toneladas de CO₂e por TJ (entre 9 y 54,9 kg de CO₂e por millón de

BTU)¹. Existen muchas otras materias primas de las cuales se puede obtener etanol, pero estas dos son las más utilizadas a nivel mundial.

En las Figuras 1 y 2 se muestran las reducciones de CO₂e que se podrían obtener mediante la implementación del programa, en caso de utilizar etanol de maíz y de caña de azúcar, respectivamente (de acuerdo con los mencionados factores de la EPA). Estas reducciones se muestran como áreas debido a que, como ya se apuntó, también dependen de las prácticas productivas con las que se obtiene el etanol. Se utiliza el escenario medio de las proyecciones de ventas de la Dirección de Planificación, y se asume el máximo porcentaje de mezcla (10%) a partir de finales de mayo de 2019 en la gasolina súper y a partir de enero de 2021 en la gasolina plus 91.

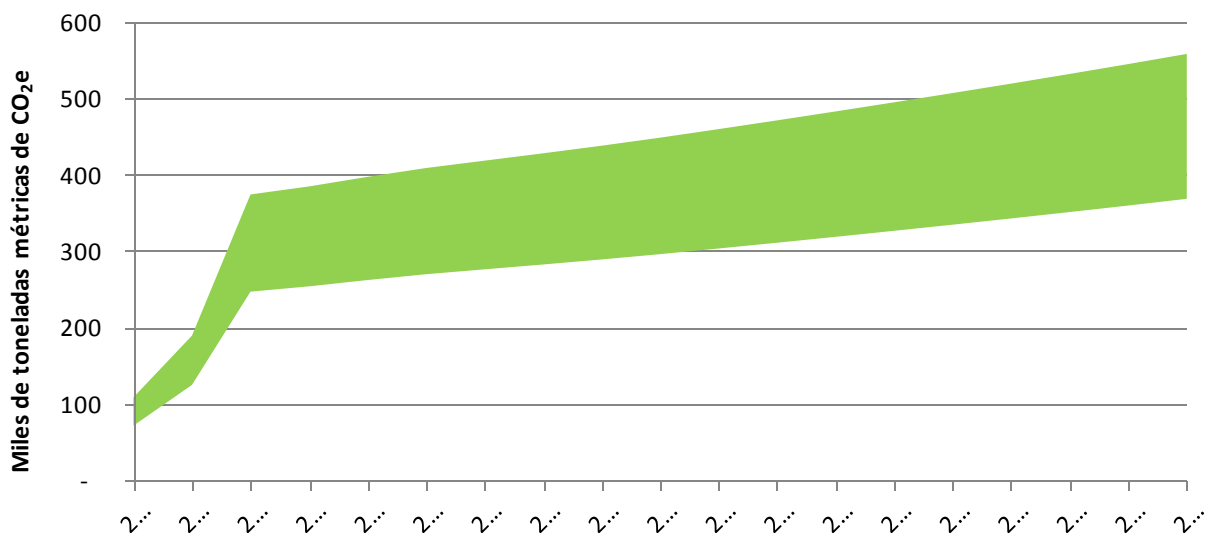
Figura 1. Posibles reducciones de CO₂e si el etanol se produce a partir de maíz



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Planificación, la Gerencia de Desarrollo y los factores generados por la EPA.

¹ La gasolina pura emite 93,1 toneladas de CO₂e por TJ (98,2 kg CO₂e por millón de BTU) (EPA, 2018).

Figura 2. Posibles reducciones de CO₂e si el etanol se produce a partir de caña de azúcar



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección de Planificación, la Gerencia de Desarrollo y los factores generados por la EPA.

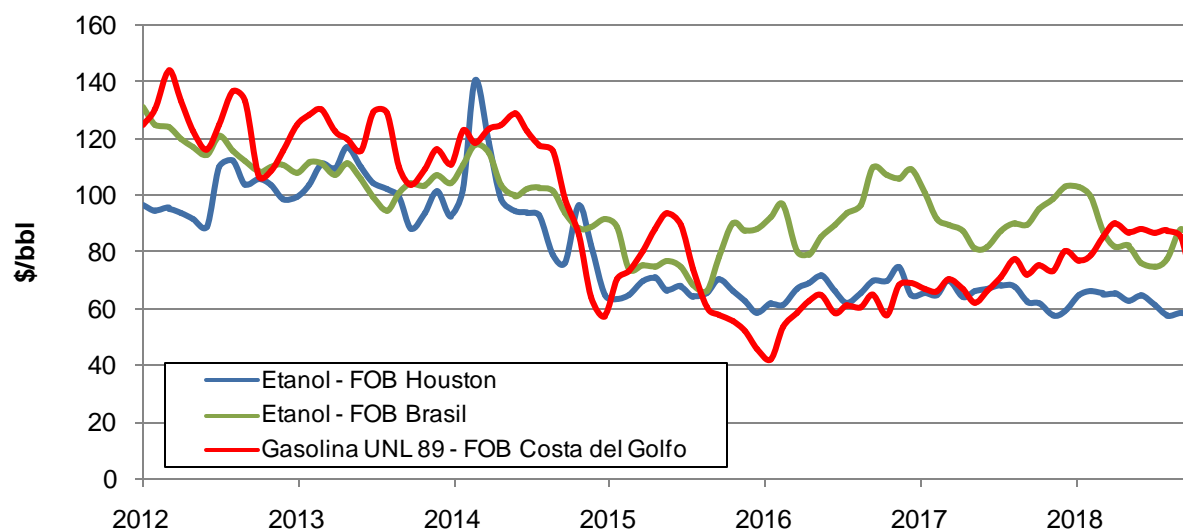
Por lo tanto, dependiendo del año de la proyección considerado, se estima que se podrían reducir entre 22 000 y 385 000 toneladas de CO₂e al año, si el etanol es de maíz, y entre 72 000 y 560 000 toneladas de CO₂e al año, si el etanol es de caña de azúcar.

7 Efecto en los precios

En términos generales, los precios internacionales de referencia del etanol y las gasolinas suelen ser similares. En ciertos momentos el etanol puede ser más barato y en otros momentos más caro. Estas variaciones tienden a compensarse en el tiempo; de manera que, en el largo plazo, la adición de etanol a las gasolinas no impacta significativamente el precio del combustible.

En la Figura 3 se muestra la tendencia histórica (2012 – 2018) de los precios mensuales de referencia del etanol y la gasolina UNL 89. En el caso de Costa Rica, los principales mercados de referencia para el etanol son Houston y Brasil y para la gasolina es Costa del Golfo, EE.UU.

Figura 3. Precios mensuales de referencia del etanol y la gasolina UNL 89, para el período 2012 – 2018

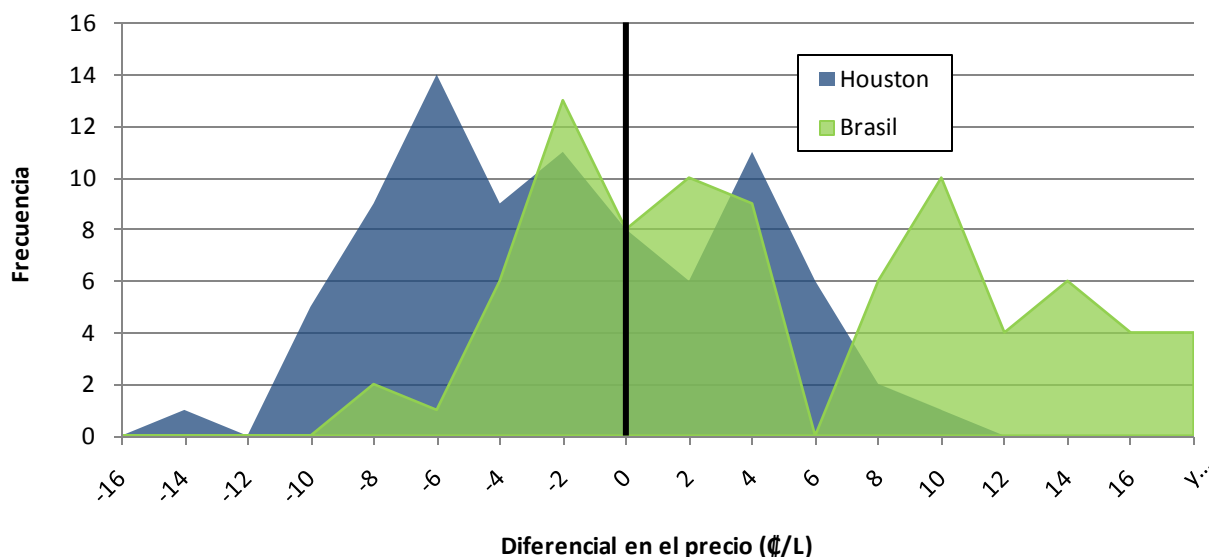


Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la Dirección de Comercio Internacional de RECOPE.

Tal como se observa en la figura anterior, el precio del etanol de Brasil es mayor al de Houston (principalmente de 2015 en adelante). Sin embargo, el etanol brasileño tiene una huella de carbono más favorable que la del etanol estadounidense. Esto se debe a que Brasil lo produce a partir de caña de azúcar y EE.UU. lo obtiene del maíz (ver sección 5: “Efecto en el medio ambiente”). Por lo tanto, a pesar de que el etanol brasileño tiene un precio más alto, este permite una mayor mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual está directamente relacionado con los objetivos del programa.

La Figura 4 muestra la frecuencia de los diferenciales de precio entre la gasolina pura y la gasolina con 10% de etanol (E10), correspondientes al período 2012 – 2018. Estos diferenciales se expresan en colones por litro y consideran fletes, seguros y costo del MTBE que requiere la gasolina sin etanol. Los valores negativos representan disminuciones en el precio y los valores positivos aumentos.

Figura 4. Diferenciales entre los precios mensuales de la gasolina pura y la gasolina con 10% de etanol, para el período 2012 – 2018



Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la Dirección de Comercio Internacional de RECOPE.

Para el período considerado, el E10 con etanol de Houston tiene, en promedio, un precio 3 colones por litro menor que la gasolina pura, mientras que el E10 con etanol de Brasil tiene, en promedio, un precio 4 colones por litro mayor que la gasolina pura.

8 Posible beneficio socioeconómico

Como se menciona en la justificación, en el caso de que el etanol sea producido localmente, se pueden generar beneficios socioeconómicos: creación de empleo, encadenamientos productivos que impulsen la economía nacional, etc. Además, el uso de etanol producido en Costa Rica permitiría disminuir la fuga de divisas al exterior.

En el Cuadro 1. se muestra la fuga de divisas que el país podría evitar mezclando ambas gasolinas (Súper y Plus 91) con etanol de origen nacional.

Cuadro 1. Fuga de divisas evitadas si se utiliza etanol nacional (en millones de colones constantes del año 2017)

Año	Mezcla E10 con gasolina súper	Mezcla E10 con ambas gasolinas
2019	18 529	35 290
2020	21 804	41 174
2021	20 527	37 771
2022	19 088	34 589
2023	19 349	34 834
2024	20 359	36 571
2025	21 602	38 684
2026	22 269	39 676
2027	23 177	41 016
2028	24 003	42 151
2029	24 792	43 243
2030	25 557	44 300
2031	26 316	45 347
2032	27 097	46 417
2033	27 906	47 501
2034	28 744	48 605
2035	29 607	49 732
2036	30 443	50 812
2037	31 304	51 921

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por la Dirección de Comercio Internacional de RECOPE

9 Rendimiento de las mezclas de gasolina con etanol

Además de contribuir a reducir las emisiones de GEI, las mezclas de gasolina con etanol pueden mejorar el rendimiento de los vehículos. A pesar de que un litro de etanol tiene un menor contenido energético que el mismo volumen de gasolina (una mezcla E10 tiene una densidad energética 3% menor que la gasolina pura) (*U.S. Energy Information Administration*, 2018); el etanol puede contribuir a reducir el consumo de combustible, lo que se traduce en mayores distancias recorridas por litro. Esto se debe a que el etanol es un oxigenante, que ayuda a una combustión más completa. En conclusión, si bien el etanol tiene una menor

cantidad de energía, se requiere menos combustible de gasolina con etanol para recorrer una cierta distancia de lo que se requiere en el caso de la gasolina pura.

En un estudio realizado por la Universidad de Ciencia y Tecnología de Hanoi en Vietnam (país tropical con condiciones similares a Costa Rica), se encontró que al adicionar 10% de etanol a la gasolina, el consumo de combustible se reduce en 1,80% si el automóvil es carburado y en un 0,80% si es de inyección de combustible (Truyen et al, 2012). Es importante considerar que estos valores pueden variar (tanto hacia arriba como hacia abajo), dado que el rendimiento de los vehículos depende de muchos factores, además del combustible y el tipo de vehículo; por ejemplo: el mantenimiento y las prácticas de conducción. No obstante, sí se evidencia que la adición de etanol en las gasolinas puede reducir el consumo del combustible y, por ende, tener un efecto positivo para el consumidor.

De acuerdo con el Plan de Descarbonización del Sector Transporte Terrestre (RECOPE, 2018), un vehículo prototipo en el Gran Área Metropolitana consume 3 612 g de combustible por día. Esto representa un consumo anual de 1 765 litros de gasolina al año². A continuación, se analizan los efectos monetarios que experimenta este vehículo prototipo con la adición de 10% de etanol en la gasolina.

Se consideran dos aspectos:

- Leves cambios en el precio (tanto disminuciones como incrementos), debido a los diferenciales en los precios del etanol y las gasolinas. Depende del origen del etanol (Houston o Brasil).
- Disminución del consumo de combustible, en virtud de la mejor combustión del etanol. Depende del tipo de vehículo (carburado o de inyección).

En los Cuadros 3, 4 y 5 se muestran las estimaciones de los efectos combinados de los dos aspectos anteriores, para los años 2016, 2017 y 2018³. Para este cálculo, se utilizan los precios al consumidor final. Un valor negativo significa un ahorro o disminución en el gasto de combustible, mientras que un valor positivo significa un incremento en el gasto.

² Utilizando una densidad de 747 g/l.

³ Los precios de 2018 no contemplan el mes de diciembre, debido a que en el momento de recopilar la información el dato de ese mes aún no estaba disponible.

Cuadro 3. Estimación del ahorro o gasto adicional de un vehículo prototipo por la adición de 10% de etanol a la gasolina súper, en 2016 (colones por año)

Procedencia del etanol	Tipo de vehículo	
	Carburado	Inyección
Houston	-10 966	-1 286
Brasil	6 498	16 356

Cuadro 4. Estimación del ahorro o gasto adicional de un vehículo prototipo por la adición de 10% de etanol a la gasolina súper, en 2017 (colones por año)

Procedencia del etanol	Tipo de vehículo	
	Carburado	Inyección
Houston	-20 765	-10 113
Brasil	-2 930	7 905

Cuadro 5. Estimación del ahorro o gasto adicional de un vehículo prototipo por la adición de 10% de etanol a la gasolina súper, en 2018 (colones por año)

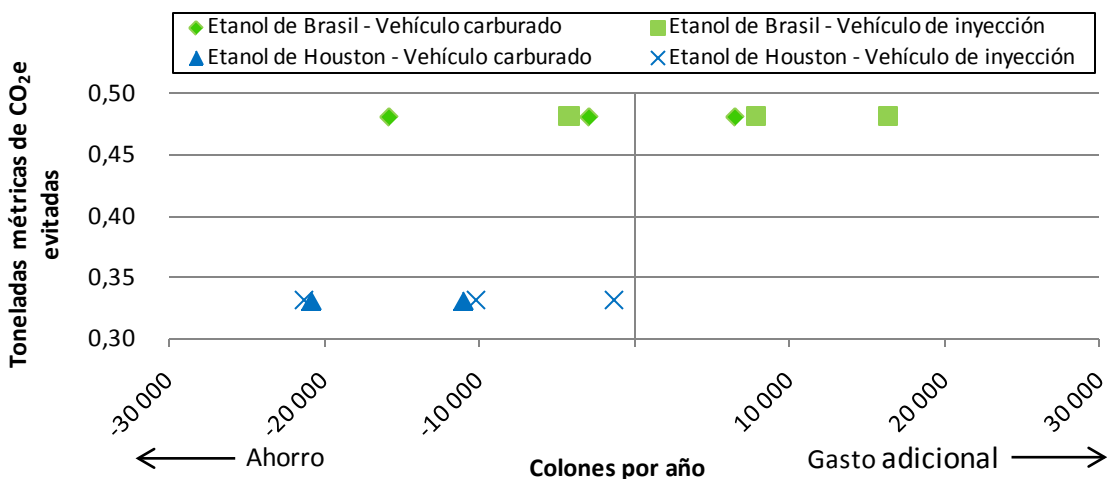
Procedencia del etanol	Tipo de vehículo	
	Carburado	Inyección
Houston	-32 793	-21 271
Brasil	-15 850	-4 156

Se observa que en la mayoría de los casos se presentan ahorros a favor del consumidor. Esto debido a que la adición de etanol en las gasolinas puede ayudar a reducir el consumo de combustible. Este ahorro, no obstante, depende de varios factores (formas de manejo, mantenimiento, tipo de vehículo, estado de la carretera, entre otros).

Es importante enfatizar en los beneficios ambientales asociados al etanol de acuerdo a su origen. Como se menciona arriba, el etanol de caña de azúcar permite una mayor reducción de gases de efecto invernadero que el de maíz. El vehículo prototipo del análisis anterior (que consume 1 765 litros de gasolina al año) evitaría 0,48 toneladas métricas de CO₂e al año si se usa un E10 con etanol de caña de azúcar y solamente 0,33 toneladas métricas de CO₂e al año si usa un E10 con etanol de maíz. En la Figura 5 se muestran gráficamente los efectos (tanto

monetarios como ambientales) de utilizar gasolina súper con 10% de etanol en el mencionado vehículo prototipo.

Figura 5. Emisiones evitadas por un vehículo prototipo que utiliza una gasolina súper E10, en el periodo 2016 - 2018



Fuente: Elaboración propia con datos de Truyen et al (2012) y EPA (2018)

10 Recomendación sobre el suministro del etanol

Considerando lo expuesto en las secciones anteriores, se recomienda que, en la medida de lo posible, el etanol sea de origen nacional. Esto permitiría dinamizar la agroindustria y evitar la fuga de divisas al exterior. Además, en Costa Rica el etanol se obtiene de la caña de azúcar, que tiene una huella de carbono más favorable que el etanol de maíz.

A la hora de adquirir el etanol se debe considerar su fuente. El precio del etanol producido a partir de caña se debe indexar al de Brasil y el precio del etanol producido a partir de maíz se debe indexar al de Houston. Por lo tanto, en el caso de la producción nacional, el precio de referencia para fijar el precio debe ser Brasil.

11 Efectos sobre la salud pública

De acuerdo con un estudio elaborado por el gobierno canadiense, la mezcla de gasolinas con 10% de etanol no tiene un impacto significativo sobre las concentraciones atmosféricas de gases perjudiciales para la salud, incluyendo ciudades con alta densidad vehicular (CanadaMinistry of Health, 2010).

Indica el estudio:

In general, there were no substantial differences in predicted health effects between the conventional gasoline baseline and E10 fuel scenarios.”(Canada Ministry of Health, 2010, p. 27).

12 Conclusiones

- El programa inicia a finales de mayo de 2019 con la adición de entre 5% y 10% de etanol en la gasolina súper. En enero de 2021 se inicia la mezcla con la gasolina plus 91.
- La mezcla estará entre 5% y 10%. Siempre que las condiciones del mercado sean favorables, el porcentaje será lo más cercano posible al 10%.
- En la medida de lo posible, siempre que se tenga disponibilidad y los precios lo permitan, el etanol a mezclar será producido en el país.
- La inversión requerida para el proyecto de dosificación en línea (en los cargaderos) es de \$27 millones, de los cuales ya se ejecutaron \$6 millones.
- Dependiendo del año de la proyección considerado (2019 – 2037), se estima que se podrían reducir entre 22 000 y 385 000 toneladas de CO₂e al año, si el etanol es de maíz, y entre 72 000 y 560 000 toneladas de CO₂e al año, si el etanol es de caña de azúcar.

- En promedio, para el período 2012 – 2018, la gasolina con 10% de etanol tiene un precio 3 colones por litro menor que la gasolina sin etanol, si el etanol proviene de Houston. Durante el mismo período, si el etanol es de Brasil, la gasolina con 10% de etanol tiene un precio 4 colones por litro mayor que la gasolina sin etanol.
- La adición de etanol en las gasolinas puede reducir el consumo del combustible y, por ende, tener un efecto positivo a favor del consumidor. Este ahorro dependerá de varios factores (formas de manejo, mantenimiento, tipo de vehículo, estado de la carretera, entre otros).

13 Referencias

- American Cancer Society. (18 de Febrero de 2011). MTBE. Obtenido de <http://www.cancer.org/cancer/cancercauses/othercarcinogens/pollution/mtbe>
- RECOPE (2018). Plan de Descarbonización del Sector Transporte Terrestre.
- Minter, S. (2006). Alcoholic Fuels. Boca Raton: CRC Press.
- Truyen, P., Tuyen, P., Tuan, P., & Tuan, L. (2012). Influence of E10, E15 AND E20 fuels on performance and emissions of in-use gasoline passenger cars. ASEAN Engineering Journal Part C, 4(2), 33-40.
- U.S. Energy Information Administration. (2018). How much ethanol is in gasoline, and how does it affect fuel economy? Obtenido de <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=27&t=4>
- U.S. Environmental Protection Agency (2018). Lifecycle Greenhouse Gas Results. Obtenido de <https://www.epa.gov/fuels-registration-reporting-and-compliance-help/lifecycle-greenhouse-gas-results>
- Water, Air and Climate Change Bureau Healthy Environments and Consumer Safety Branch of Canada Ministry of Health. (2010). Health Risks and Benefits Associated with the Use of 10% Ethanol-blended Gasoline in Canada.