

Etanol como combustible: el futuro del octanaje limpio, hoy



Preparado por
U.S. Grains Council por la
Illinois Corn Marketing Board



Nota legal: Esta información preparada por el U.S, Grains Council se considera que es fiel al momento de su publicación y no debe considerarse como asesoría legal ni como asesoría de situaciones específicas, ya que este folleto contiene sólo información general. El U.S Grains Council no hace ninguna garantía, expresa o implícita, ni asume responsabilidad legal alguna ni ninguna dependencia de tal información aquí contenida por el lector o responsabilidad de la precisión, lo completo o la aplicabilidad de la información presentada en este documento.

RESUMEN EJECUTIVO

El etanol tiene una historia muy satisfactoria como combustible de motores, de tal forma que el panorama de su uso en el futuro es prometedor. Tiene un valor importante como combustible de motores debido a su alta calificación de octanaje. Ya sea para mejorar la calidad del aire, ampliar la oferta actual de combustibles, crear una producción nacional de energía o poner freno al calentamiento global, el etanol es una gran respuesta para todos estos problemas complejos.

El dar un balance de energía positivo es sólo uno de los aspectos de los objetivos ambientales que los responsables de formular las políticas en el mundo desearían que rindiera la creciente industria del etanol. Ha sido también vital para los encargados de formular las políticas, que la producción y el uso del etanol proporcione reducciones claras de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los combustibles fósiles. El Departamento de Agricultura de EUA preparó una evaluación reciente del ciclo vital del etanol de maíz que reflejó las últimas investigaciones y las eficiencias de la producción que llevaron a la reducción del 43% de emisiones del etanol, comparado con el punto de referencia de la gasolina.

Durante mucho tiempo, se usó el tetraetilo de plomo para aumentar el octanaje de los combustibles de los vehículos de motor. Se eliminó primero a finales de los años 70, porque se descubrió que las emisiones de la combustión de gases con plomo aumentaban el plomo atmosférico, un compuesto altamente tóxico con graves implicaciones a la salud pública. Hoy en día, se aumenta el octanaje en la gasolina con una mezcla de hidrocarburos aromáticos y etanol. El etanol proporciona una alternativa segura para aumentar el octanaje en los inventarios del combustible líquido, sin degradar la calidad ambiental del aire.

En la actualidad, el etanol brinda muchas ventajas al combustible, tales como:

Potenciamiento del octanaje

El etanol es un componente de alto octanaje que en la actualidad existe en todo el mundo.

Beneficios para el ambiente

El etanol reduce las emisiones de gases de efecto invernadero de alrededor de un 34%, hasta o incluso por arriba del 100%, en función de las materias primas y del método de producción utilizado.

Beneficios para la salud

El etanol reduce los niveles de compuestos aromáticos en las mezclas de gasolina, los cuales son el principal componente de las dañinas emisiones del tubo de escape.

Diversidad de fuentes de combustible

El uso del etanol diversifica la oferta de combustibles y disminuye la dependencia del puñado de países productores de petróleo en el mundo.

Precios del combustible

El etanol como un combustible de bajo costo, compete con la gasolina, lo que genera presión a la baja en los precios. Además, al añadir volumen a la oferta de combustibles, el panorama de la oferta y la demanda se vuelve más favorable para el consumidor.

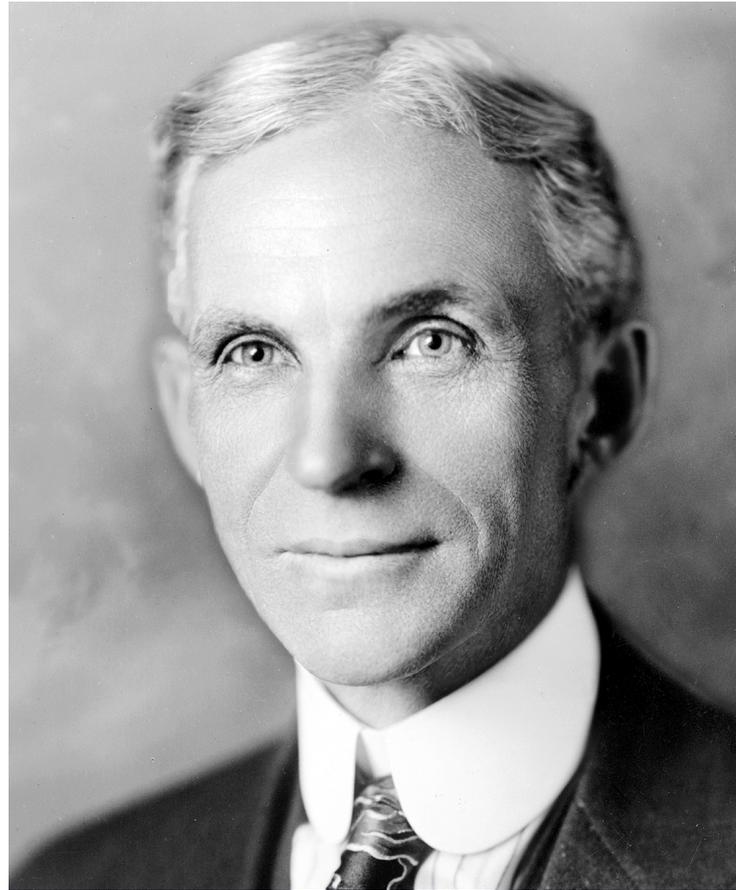
ETANOL COMO COMBUSTIBLE: EL FUTURO DEL OCTANAJE LIMPIO, HOY

Los recursos naturales han permitido al ser humano desarrollarse y prosperar. Ya sea para alimentar al mismo humano, a caballos, bueyes u otros animales, las plantas les han brindado la energía para caminar, correr y viajar desde el inicio de los tiempos.

Es tan sólo en el último siglo que empezamos a buscar en el subsuelo nuestras necesidades de transporte. La era del petróleo generó energía fácil y portátil para abastecer a los automóviles que ayudaron a empujar a nuestra sociedad a nuevas alturas. Pero hubo costos intrínsecos por usar recursos de fuera del ciclo natural. Las consecuencias ambientales son evidentes en el aire que respiramos y en el aumento de temperaturas en el mundo.

El combustible de hoy –el etanol–, no es una idea nueva. Henry Ford tuvo la visión a principios del siglo XX que en efecto, llevó a la humanidad de vuelta a sus raíces. Podíamos cubrir nuestras necesidades, como siempre lo hemos hecho, mediante los recursos que hay sobre la tierra. El etanol, dijo, era el “combustible del futuro”.

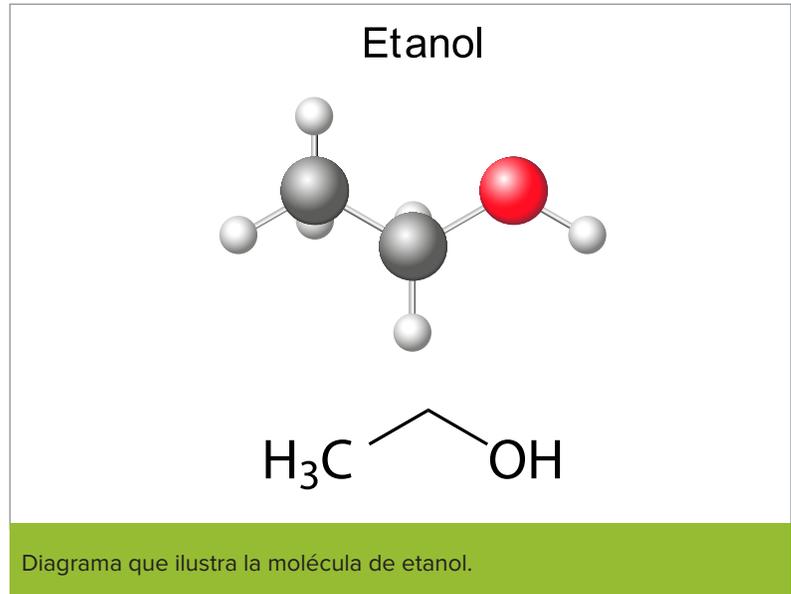
El futuro es hoy.



Retrato de Henry Ford (ca. de 1919)

¿QUÉ ES EL ETANOL?

El etanol es un alcohol con propiedades específicas que lo hacen la mejor molécula de la familia de alcoholes, para incluir en las mezclas de combustibles. Es un líquido transparente, incoloro, hecho mediante la fermentación de materia vegetal. Es un líquido inflamable con muchas calidades que lo hacen idóneo para el uso en motores de combustión interna. El etanol tiene una historia muy satisfactoria como combustible de motores, de tal forma que el panorama de su uso en el futuro es prometedor. Tiene un valor importante como combustible de motores debido a su alta calificación de octanaje.



Casi todo el etanol de hoy en día se hace a partir de almidón de maíz, caña de azúcar o sorgo; sin embargo, en la práctica puede usarse cualquier materia vegetal. Los avances tecnológicos de años recientes han permitido que las primeras plantas de etanol “celulósico” comiencen a producir etanol. La celulosa es la molécula orgánica más abundante en la Tierra; es lo que le brinda estructura a las plantas. Los pastos, residuos de madera, residuos de las cosechas y otras formas de biomasa tienen un excelente potencial para el fomentar el uso de etanol en el mundo.

El etanol tiene la misma fórmula química ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) independientemente del material fuente. El etanol de la caña de azúcar, del maíz y el celulósico, se transforman todos en el mismo combustible al final del proceso. Ya sea para mejorar la calidad del aire, ampliar la oferta actual de combustibles, crear una producción nacional de energía o poner freno al calentamiento global, el etanol es una gran respuesta para todos estos problemas complejos.

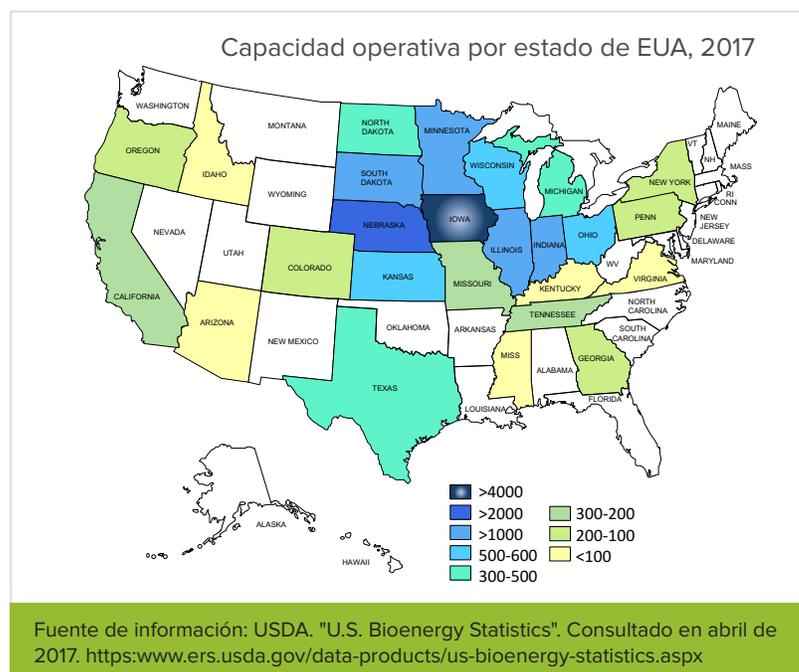
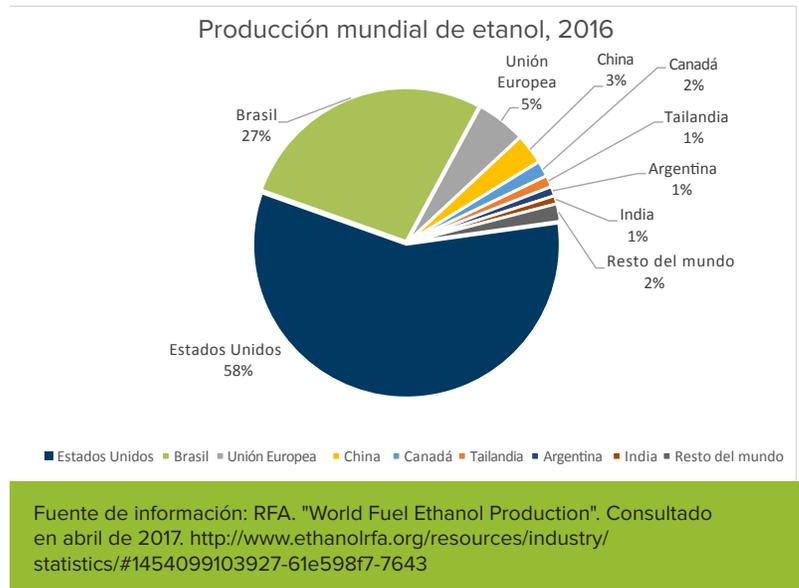
¿DÓNDE SE PRODUCE EL ETANOL?

La mayor parte del etanol que se produce hoy día (aproximadamente el 85%), proviene de Estados Unidos y Brasil. Europa, China y Canadá también han desarrollado fuertes industrias del etanol. Muchos países en toda Latinoamérica y Asia han comenzado a desarrollar sus propia infraestructura para la producción de etanol.

En Estados Unidos, la producción de etanol se concentra principalmente en el Medio Oeste. Los 10 principales estados productores de etanol, en orden de importancia, son Iowa, Nebraska, Illinois, Minnesota, Indiana, Dakota del Sur, Kansas, Wisconsin, Ohio y Dakota del Norte. El etanol que se produce en estas zonas esta hecho principalmente de almidón de maíz, debido a la abundancia de este grano que se produce ahí cada año.

En Brasil, casi toda la producción de etanol se concentra en las regiones del centro sur y del noreste del país. Brasil aprovecha su fuerte producción de caña de azúcar al exigir el uso de combustibles para vehículos mezclados con etanol. El gobierno ajusta con cierta regularidad las cuotas de producción de etanol según una serie de factores, pero principalmente en si es más rentable producir azúcar o etanol.

Con las primeras plantas de etanol celulósico que empiezan a producir, existe el potencial de nuevas vías de producción del etanol para prácticamente todos los países del mundo. Nuevas fuentes de biomasa, tales como rastrojo de maíz, paja de trigo, paja de arroz, residuos de madera y pasto aguja, y cultivos de energía tales como el pasto elefante (miscanthus), proporcionarán nuevas vías para el etanol en el futuro.



HISTORIA



Henry Ford sentado en su primer automóvil, el cuadriciclo Ford, en 1896.

El etanol, como combustible, es tan viejo como el mismo motor moderno. En 1826, Samuel Morey desarrolló un motor que funcionaba con etanol y trementina o aguarrás. Después, en 1860, Nicholas Otto, el padre del motor moderno de combustión interna, usó etanol como combustible en uno de sus motores. El primer automóvil de Henry Ford, el cuadriciclo, funcionaba con etanol puro. Durante el siglo XX, el etanol como combustible creció primordialmente en tiempos de escasez, de manera más notable durante la Primera y Segunda Guerra Mundial.

Brasil introdujo al etanol como combustible de motores alrededor de 1920; sin embargo, el uso en todo el país se aceleró en los años 70. Hoy en día, los dos combustibles que usan los consumidores brasileños son la gasolina con 18-27% de etanol o un etanol hidratado. La historia de la producción del etanol en Estados Unidos ha tenido muchos altibajos, antes del uso generalizado en la primera década del siglo XXI.

Pero no fue sino hasta la década de 1970 que se dio el primer impulso real de la producción de etanol en Estados Unidos y Brasil. Hubo una serie de factores que llevaron a ello. En la década de 1970, los gobiernos

del mundo querían reducir la dependencia de petróleo crudo de países hostiles, lo cual renovó el interés en el etanol como combustible. Durante el mismo período, se dieron a conocer los efectos perjudiciales en la salud del uso del tetraetilo de plomo (plomo) como mejorador de octanaje de la gasolina. El etanol fue uno de los sustitutos del plomo como potenciador de octanaje y agente antidetonante. Específicamente para Estados Unidos, el embargo petrolero de la Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEC) y la subsiguiente sacudida de precios del petróleo en los años 70 llevó a que se creara la Ley de Seguridad Energética. En su discurso a la nación sobre la energía de 1979, Jimmy Carter reafirmó como una de sus prioridades, “A partir de los productos de nuestros bosques y tierras de cultivo, podemos producir más (etanol), que se usa actualmente para reemplazar a la gasolina en varios estados del Medio Oeste”.

En la década de 1990, comenzó un nuevo empuje para la producción de etanol, con las cada vez mayores pruebas de los efectos dañinos del calentamiento global de los combustibles fósiles usados para el transporte personal. Los programas de políticas públicas se desarrollaron para reducir los efectos negativos del transporte al incentivar el desarrollo de combustibles amables con el medio ambiente y renovables como el etanol.

Gracias a esas políticas de energía renovable, creció la producción del etanol en EUA a cerca de 15,000 millones de galones (más de 50,000 millones de litros) al año, en 2017. Aunque aún cumple con el valioso papel de un mejorador de oxígeno, también se usa en cantidades mayores impulsado por el crecimiento constante de las mezclas de etanol con 15, 20 o hasta 30% de etanol por volumen. Ahora su uso sobrepasa el 10% del abasto de gasolina y está destinado a seguir creciendo.

DISEÑO DE VEHÍCULOS

Al haber reconocido la necesidad de expandirse más allá de la dependencia de combustibles fósiles, los fabricantes de automóviles y motores comenzaron a diseñar sus productos para funcionar con un rango más diverso de combustibles, como el etanol. Desde los años 70, los fabricantes de automóviles y motores recomiendan el uso de oxigenantes en sus vehículos, con mención específica del etanol. La gasolina oxigenada contiene compuestos químicos que tienen oxígeno dentro de su estructura química. El uso de oxigenantes permite la combustión más completa de los combustibles, lo que ayuda a reducir el monóxido de carbono y hollín de las emisiones del tubo de escape. Esta recomendación aparece en el manual del propietario del fabricante.

Los vehículos de hoy en día están diseñados para funcionar con concentraciones de etanol no menores al 10% para los vehículos más comunes y hasta el 100% de etanol para vehículos de combustibles flexibles. Los vehículos de combustibles flexibles están diseñados para funcionar con combustibles con altas concentraciones de etanol, altas

concentraciones de gasolina y todas las mezclas intermedias. Los combustibles mezclados con etanol proporcionan una capacidad de conducción, arranque, marcha en punto muerto, aceleración y seguridad aceptables. Un siglo de uso satisfactorio y miles de programas de investigación confirman que el etanol es la opción acertada como combustible de motores.

La producción y venta de vehículos de combustibles flexibles aumentan continuamente en Brasil desde principios del siglo XXI; para finales de 2014, más de la mitad de los vehículos de carga ligera registrados en Brasil eran de combustible flexible. Desde 1976, el gobierno brasileño obliga la inclusión de etanol en la gasolina. Desde entonces, la tasa de inclusión fluctúa entre el 10 y el 27%; sólo se ajusta normalmente durante las épocas de restricciones de oferta. La gasolina con el 10% de etanol (E10) ha sido de uso principal en Estados Unidos desde la promulgación de las enmiendas de la Ley de Aire Limpio de 1990. Actualmente, más de 240 millones de vehículos en circulación usan E10 con gran desempeño bajo todas las condiciones de elevaciones y climáticas.



**Hoy en día en EUA,
hay más de 240
millones de vehículos
en circulación que usan
normalmente E10 con
gran desempeño bajo
todas las condiciones de
elevaciones y climáticas.**

VEHÍCULOS DE COMBUSTIBLE FLEXIBLE

El etanol hizo su debut como componente principal en ciertas mezclas de combustible a principios de la década de 1990. Estas mezclas con alto contenido de etanol estaban restringidas para uso en vehículos de combustible flexible, a veces conocidos como “vehículos de combustible dual” o “vehículos de combustible variable”. Un vehículo de combustible flexible (VCF) es aquel que puede funcionar con gasolina sin etanol, mezclas de combustible de 85% en volumen de etanol desnaturalizado o cualquier combinación de ambos. El Ford modelo T, que se produjo por primera vez en 1908, fue uno de los primeros vehículos fabricados de combustible flexible.

Los vehículos de combustible flexible son de gran popularidad en Brasil y en Estados Unidos. Hoy en día, hay 16 fabricantes de automóviles que ofrecen más de 242 modelos diferentes de vehículos de combustible flexible que representan el 68% de la flota brasileña. En la actualidad hay casi cerca de 20 millones de vehículos de combustible flexible en las carreteras de EUA.

EMISIONES VEHICULARES

Las fuentes de transporte son el mayor contribuyente de emisiones de monóxido de carbono. Quizás, el beneficio más importante en la calidad del aire del etanol es la reducción significativa de monóxido de carbono de las emisiones vehiculares. El monóxido de carbono es el precursor de la formación de ozono a nivel del suelo que conduce al smog. El etanol es también un poderoso diluyente de los tóxicos de la gasolina, como el benceno. La adición de etanol no solo reduce los compuestos tóxicos al disminuir sus emisiones, sino que también disminuye los depósitos de la cámara de combustión del motor ocasionados por lo mismos compuestos tóxicos aromáticos. Aunque hay variabilidad de vehículo a vehículo en emisiones de óxido nitroso con las mezclas de etanol, el efecto general es neutral. En muchos casos, la reducción de emisiones son el resultado directo de las propiedades de combustión limpia del etanol. El uso del etanol en vehículos más viejos resulta en mayores reducciones de emisiones, por lo que los países con mayor porcentaje de vehículos de modelos más viejos, experimentarán beneficios más rápidos en las emisiones, en comparación a los países con una flota general de vehículos más nuevos.

La adición de etanol a la gasolina resulta en una enorme mejora de la calidad del aire. La molécula de etanol contiene 33% de oxígeno por masa. El oxígeno del combustible mejora las emisiones vehiculares mediante una combustión más completa y la reducción de compuestos aromáticos de la gasolina. Las emisiones de gases del escape del motor, partículas, monóxido de carbono, tóxicos, ozono y gases de efecto invernadero se reducen cuando se añade etanol en cantidades importantes. Otro tipo de emisiones vehiculares, las emisiones evaporativas, también se controlan para mejorar la calidad del aire. Esta categoría de emisiones ha mostrado una reducción espectacular de las emisiones generales, incluso cuando el motor usa mezclas con etanol. La mayor mejora de las emisiones evaporativas del vehículo se deben a la adopción por parte de la industria automotriz de nuevas tecnologías de control y mejores materiales de construcción de este equipo.

ECONOMÍA DEL COMBUSTIBLE

Muchos conductores hacen un seguimiento de rutina del “kilometraje en gasolina” de sus vehículos, conocido oficialmente como economía del combustible; sin embargo, es un poco más compleja la determinación de un cálculo preciso de kilómetros realizados por litro. Los factores que afectan la economía del combustible de un vehículo pueden incluir el estado de funcionamiento del motor, peso de carga excesivo, hábitos de conducción y composición de la gasolina. Muchas veces estos factores tienen un impacto importante en la economía del combustible; tienen mucho mayor impacto que la misma composición del combustible. “Pisar el acelerador” o manejar de manera agresiva tiene el impacto más importante en la economía del combustible del vehículo. Mantener un vehículo en las mejores condiciones operativas, con neumáticos inflados adecuadamente, es una tarea simple que el consumidor puede poner en práctica para asegurar una operación eficiente.

Muchos factores afectan la economía del combustible:

- La conducción agresiva puede disminuir el kilometraje de la gasolina en un 33% en carretera y 5% en ciudad.

- El uso de accesorios eléctricos (por ejemplo, el aire acondicionado) reduce el kilometraje de 5 al 25%.
- El uso de combustibles oxigenados o gasolina reformulada puede causar una pequeña disminución de entre 1 y 2%. Esto no es seguro, pues algunas investigaciones muestran que el uso de combustibles oxigenantes aumentan el desempeño del motor hasta tal punto, que se elimina por completo esa pérdida de kilometraje.

De hecho, los vehículos de modelos recientes pueden calcular la economía del combustible de manera instantánea, al notificarla en kilómetros por litro (o millas por galón). Los diferentes sensores de los vehículos modernos que detectan tapas de gasolina sueltas, baja presión de las llantas y el estado adecuado de operación del motor, ayudan a que el consumidor logre mejorar la economía del combustible.

Si bien es cierto que el etanol contiene menos unidades térmicas británicas (BTU) por galón que la gasolina, es importante recordar que el valor de BTU de la gasolina fluctúa por temporadas. Esa reducción de kilometraje puede variar de vehículo en vehículo: algunos tienen mayor reducción y otros muy poco o ningún impacto en el kilometraje debido al uso del etanol.

Disminuciones comunes en la economía de combustible de los vehículos

Pérdida en MPG (millas por galón)



TENDENCIAS FUTURAS



El Departamento de Energía de Estados Unidos concluyó que los combustibles con 20 al 40% de etanol brindarían las mayores reducciones posibles de emisiones y de gases de efecto invernadero, al mismo tiempo que mantendrían los requisitos de eficiencia, al quemarse dentro de motores diseñados para optimizar dichos combustibles.

En el mundo crecerá el uso del etanol no sólo debido a la escasez de octanaje, sino también por las iniciativas de reducción de gases de efecto invernadero. Se espera que se usen mayores concentraciones de etanol en el futuro. Las recientes investigaciones en Brasil, Alemania y Estados Unidos se han enfocado a las mezclas de gasolina por arriba del 10 por ciento de etanol. Muchos fabricantes de automóviles ven un gran potencial en las mezclas de “nivel medio” de etanol. Los motores del futuro pueden diseñarse para aprovechar mejor los beneficios del alto octanaje del etanol. El Departamento de Energía de Estados Unidos, que trabaja junto con laboratorios nacionales, concluyó que los combustibles con 20 al 40% de etanol brindarían las mayores reducciones posibles de emisiones y de gases de efecto invernadero, al mismo tiempo que mantendrían los requisitos de eficiencia, al quemarse dentro de motores diseñados para optimizar dichos combustibles.

El uso de E30 en un motor diseñado para aprovechar el mejor octanaje proporcionaría “energía absurda y buena economía del combustible”, dijo un ingeniero de políticas de combustible de EUA en la Mercedes-Benz.

Un estudio del 2012 realizado por ingenieros de Ford Motor Company hizo notar que:

“La alta calificación de octanaje del etanol podría usarse en una mezcla de etanol de nivel medio para aumentar el octanaje mínimo... de la gasolina de grado normal. Un mayor [octanaje] permitiría una mayor eficiencia térmica en los motores del futuro a través de una mayor proporción de compresión y/o más turbocompresión y reducción, y en los motores que circulan actualmente por medio de una sincronización de la chispa más activa bajo algunas condiciones de manejo”.

Ford Motor Company predijo además que: “parece que los beneficios sustanciales para la sociedad pueden estar relacionados con la capitalización de la calificación inherente del alto octanaje del etanol en futuras mezclas de etanol con gasolina con mayor octanaje”.

Conforme el mundo continúa explorando oportunidades para sustituir a los combustibles fósiles, con certeza crecerá la presencia del etanol. Es el combustible renovable líquido de transporte con mayor prevalencia en el mercado de hoy en día y cuenta con un excelente potencial para motores del futuro diseñados para aprovechar sus beneficios especiales.

UN EQUILIBRIO ENERGÉTICO POSITIVO Y REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GAS DE EFECTO INVERNADERO

Muchos estudios de investigación lo confirman: es evidente que el uso del etanol como combustible para el transporte brinda beneficios ambientales reales como un equilibrio de energía positivo y reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero. Ambos resultados fueron objetivos fundamentales de las políticas gubernamentales que dieron lugar a la industria del etanol. Las investigaciones llevadas a cabo por universidades, gobierno e instituciones privadas confirma no sólo que el uso de etanol ha logrado los objetivos establecidos originalmente, sino que los ha sobrepasado. Conforme madura la producción de etanol, se establece la trayectoria hacia beneficios ambientales incluso mayores y a un menor uso de insumos fósiles en el sector del transporte.

EQUILIBRIO ENERGÉTICO

A finales de la década de 1970, se llevaron a cabo amplias investigaciones con respecto al equilibrio energético del etanol. Los encargados de las políticas querían asegurarse que la producción de etanol brindaba más energía de la que se requería para su fabricación.

Se han llevado a cabo numerosos estudios por laboratorios gubernamentales, investigadores universitarios y asociaciones comerciales, de tal forma que ahora hay un conjunto importante de trabajos y metodologías bien establecidas. Este trabajo continúa en la actualidad. El equilibrio energético es la cantidad de energía que se usa para producir etanol en toda su cadena de suministros, que incluye la producción de cultivos, transporte de granos, producción de etanol y su distribución posterior, menos cualquier insumo de combustible fósil encontrado a lo largo de la misma cadena de producción y suministro. En este análisis científico, cualquier resultado mayor a 1 indicaba que se produjo más energía en la forma de etanol que el combustible fósil requerido para hacerlo. Cualquier resultado menor a 1 indica que se requirió de más energía de combustible

fósil para fabricar el etanol de lo que dio.

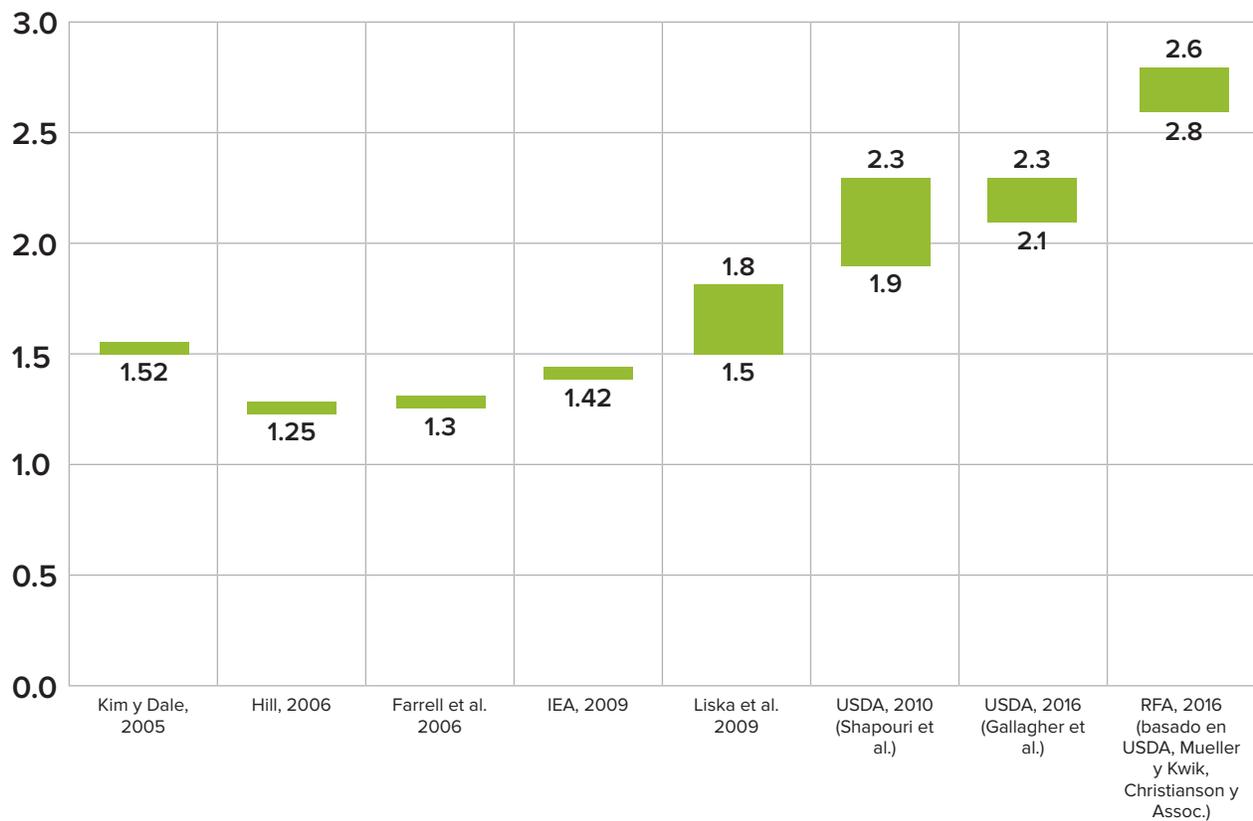
Los estudios realizados de 2005 al 2010 llegaron a calificaciones de equilibrios energéticos de entre 1.25 y 1.52. Incluso en las etapas incipientes de la industria, el etanol daba un equilibrio energético positivo. Además, las continuas investigaciones en equilibrio energético comenzaban a indicar que tanto la industria del cultivo de maíz como la de la producción de etanol se volvían más eficientes y los números de equilibrio energético empezaban a aumentar, para reflejar esas ganancias en eficiencia. En 2009, un estudio publicado en el *Journal of Industrial Ecology* encontró que los equilibrios energéticos del etanol mejoraron en entre 1.9 y 2.3 (Shapouri, *et al.*) El rango en equilibrios energéticos refleja diferencias sutiles en las metodologías de producción, variación de fuentes de energía térmica y distancias de transporte de materias primas y producto final. El estudio del Departamento de Agricultura de EUA del 2015 (Gallagher, *et al.*) confirmó la mejora continua en eficiencia de energía de la producción de etanol desde el 2010, con el mayor número de plantas

productoras de etanol que funciona con una amplia variación de configuraciones de biorrefinerías. El análisis más reciente confirma el camino de mejora continua en la contribución de energía con una proporción de energía positiva de 2.6 a 2.8.

La realidad es que el equilibrio energético del etanol es siempre positivo. Siempre habrán ligeras variaciones de planta de producción en planta de producción. Lo que está claro, es que el etanol hecho del maíz o de caña de azúcar brinda un retorno significativamente positivo en insumos de combustibles fósiles. A diferencia de los combustibles fósiles, los combustibles renovables como el etanol mejoran la ecuación del equilibrio energético.

Etanol: La energía renovable tiene un equilibrio energético positivo

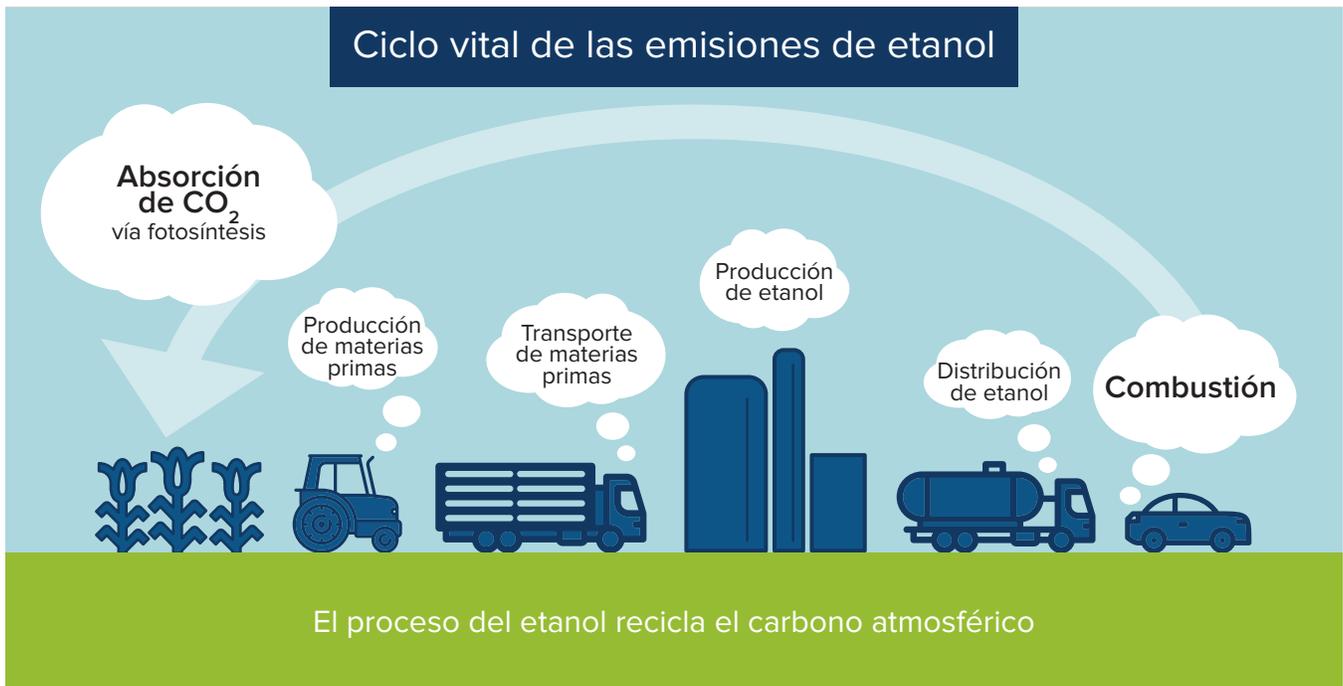
Promedio del etanol de maíz de molienda en seco. Cálculos de la proporción de equilibrio energético, 2005-2016



Fuente de información: RFA. "Re-examining Corn Ethanol's Energy Balance Ratio." Consultado en mayo de 2017. <http://www.ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2016/03/Re-examining-Corn-Ethanol's-Energy-Balance.pdf>

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El dar un balance de energía positivo es sólo uno de los aspectos de los objetivos ambientales que los responsables de formular las políticas en el mundo desearían que rindiera la creciente industria del etanol. Ha sido también vital para los encargados de formular las políticas, que la producción y el uso del etanol proporcione reducciones claras de gases de efecto invernadero (GEI) en comparación con los combustibles fósiles. Esta cuestión generó debates considerables y la necesidad de que se llevara a cabo rápidamente un análisis integral y verificado del ciclo de vida del combustible.



En 1996, el Dr. Michael Wang, un científico de alto nivel en el Argonne National Laboratory del Departamento de Energía de EUA, desarrolló un modelo integral del ciclo vital para evaluar las emisiones e impactos energéticos de los combustibles de transporte convencionales y emergentes. Desde entonces el modelo GREET (por sus siglas en inglés de gases de efecto invernadero, emisiones reguladas y uso de energía en el transporte) se ha vuelto desde entonces el método más ampliamente aceptado para calcular el impacto ambiental de los combustibles para el transporte en el mundo. El modelo GREET es capaz de analizar el uso de energía en más de 100 vías de combustibles diferentes, entre los que se incluye a los combustibles convencionales de petróleo, biocombustibles, hidrógeno y electricidad.

Una y otra vez, incluso si se toma en cuenta la carga altamente controvertida del cambio de uso de suelo, el modelo GREET ha señalado que el etanol brinda beneficios ambientales reales, al compararlo con sus contrapartes de combustibles fósiles, sin importar la materia prima renovable usada para producirlo. La clave para comprender las ventajas ambientales que tiene el etanol es recordar que uno de los insumos en la producción de etanol, ya sea que esté hecho con almidón de maíz, rastrojo de maíz o caña de azúcar, es la energía solar. Esta fuente de energía renovable y benéfica para el medio ambiente es la base de los beneficios ambientales del etanol de maíz

y los biocombustibles avanzados que le seguirán. Los insumos como el maíz, la caña de azúcar y otros cultivos y biomásas que se usan para la fabricación del etanol, convierten la energía solar en almidones que después se fermentan en combustible de etanol.

El combustible de petróleo cada vez se vuelve de más intensidad de energía y ocasiona un mayor impacto en el ambiente, con fuentes como las arenas bituminosas y técnicas como la fractura hidráulica también llamada *fracking*. En contraste con esa tendencia, los beneficios ambientales del etanol siguen en crecimiento. En un estudio de agosto del 2016, Steffen Mueller, economista principal de la University of Illinois en el Chicago Energy Resources Center afirmó:

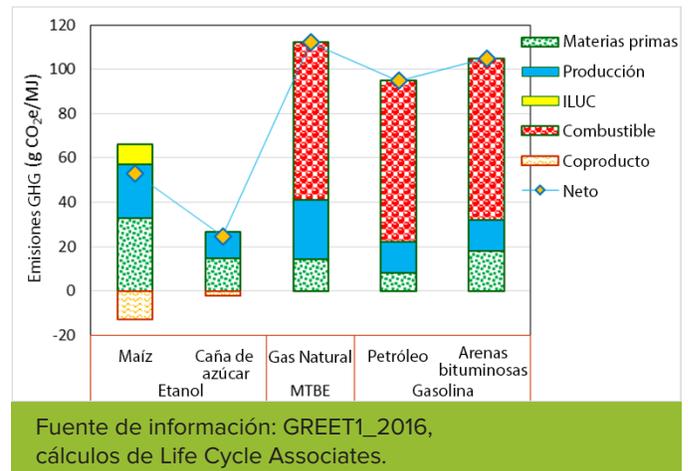
“Las mejoras en curso de la eficiencia, junto con el camino de la producción del etanol de maíz, han dado como resultado una reducción continua de emisiones del ciclo vital del gas de efecto invernadero del etanol y amplían sus ventajas ambientales por sobre el petróleo”.

Aunque una cantidad importante de etanol que se produce en EUA cumple con el umbral de reducción del 35% de GEI, los nuevos desarrollos significan que alrededor del 25-40% del etanol de maíz que se produce en EUA puede satisfacer el umbral de reducción más riguroso del 50% de GEI que exigen varios países.

Recientemente, el Departamento de Agricultura de EUA encargó un estudio para preparar una evaluación del ciclo vital del etanol de maíz que reflejara las últimas investigaciones en los cambios del uso del suelo y las eficiencias tanto de las prácticas de cultivo, como de la producción del etanol, así como de la producción de insumos agrícolas clave, como el fertilizante de nitrógeno. El estudio encontró que aunque la producción de combustible, el cambio del uso del suelo y el fertilizante de nitrógeno siguen siendo los mayores contribuyentes de la intensidad de carbono del etanol de maíz, se habían realizado cambios sustanciales y eficiencias en cada uno. Los resultados del estudio indicaron que una revisión de lo último en datos científicos y en comportamiento del productor agrícola demostraron que el etanol de maíz proporciona una reducción en emisiones del 43% en comparación con en punto de referencia del 2005 calculado para la gasolina.

El Departamento de Agricultura de EUA preparó una evaluación reciente del ciclo vital del etanol de maíz que reflejó las últimas investigaciones y las eficiencias de la producción que llevaron a la reducción del 43% de emisiones del etanol, comparado con el punto de referencia de la gasolina.

Cada planta de producción de etanol emplea tecnologías, fuentes de energía y opciones de coproductos ligeramente diferentes, que representan la variedad de ahorros de GEI del etanol de maíz al comparar una planta con otra. La historia ha mostrado que el impacto de los GEI de etanol de maíz continuará disminuyendo conforme se realicen más avances tecnológicos. Finalmente, los biocombustibles de próxima generación muestran incluso más promesa de reducción de GEI, además de que el modelo GREET muestra que es factible una reducción de casi 90% en las emisiones de dichos gases. El etanol, ya sea producto del maíz o de la caña de azúcar, proporciona reducciones significativas de las emisiones de gases de efecto invernadero al compararlo con los combustibles hechos de petróleo.



Las investigaciones más recientes destacan una serie de áreas que llevan parte de la producción de etanol por arriba del 50% de reducción en emisiones de gases de efecto invernadero.

Separación del aceite de maíz: Al separar el aceite de maíz durante el proceso de producción, los productores de etanol proporcionan una nueva materia prima para una producción incluso mayor de biocombustibles, lo cual compensa más el uso del petróleo y por ende disminuye el impacto de los gases de efecto invernadero de este alcohol. En 2016, el aceite de maíz de las plantas de etanol representó el 14% de todas las materias primas de diésel de biomasa.

Mejoras de eficiencia de la energía y enzimas en las características de la semilla: Las mejoras en curso de la eficiencia de la energía en las plantas de etanol crearon nuevos ahorros de GEI. Además, algunos productores de etanol obtienen variedades de maíz que contienen enzimas integradas en las características del grano. Estas variedades disminuyen la energía necesaria para producir etanol y además reducen el impacto de los GEI del etanol de maíz.

Recuperación de CO₂: Muchas plantas de etanol capturan y licúan CO₂, el cual venden a la industria de alimentos y bebidas y a otros mercados. Este método de retención de carbono de los productores de etanol representa ahora cerca del 40% del mercado estadounidense de CO₂.

Granos húmedos de destilería: Los granos de destilería, un alimento para animales altamente nutritivo, a menudo se seca para su duración y transporte. Las plantas de etanol localizadas cerca de los corrales de engorda pueden vender granos de destilería húmedos y por ende eliminar la energía necesaria para secar el producto.

Digestión anaeróbica: Los subproductos de fermentación de granos de destilería pueden ponerse en un digestor anaerobio. Hay una serie de plantas de etanol de EUA que usan esta tecnología para producir biogás y disminuir sus necesidades de energía fósil.

COPRODUCTOS

Todas las contribuciones ambientales, energéticas y económicas del etanol no pueden entenderse del todo sin un análisis de los coproductos que también se producen durante su fabricación. La producción del etanol de maíz requiere sólo el componente o fracción de almidón del grano de maíz. Las fracciones restantes se convierten en otros productos valiosos que aumentan de forma espectacular la energía en general, beneficio ambiental y estabilidad económica general de la industria del etanol.

Granos de destilería y granos de destilería con solubles



El etanol hecho de maíz requiere sólo el componente de almidón, el cual representa cerca del 70% del grano. El otro 30% contiene proteína, grasa y fibra que cuentan con un valor increíble como productos para alimentos balanceados para la ganadería, porcicultura y avicultura. Estos productos se producen junto con el etanol y son conocidos como granos secos de destilería (DDG) o granos secos de destilería con solubles (DDGS), fibra de maíz, aceite de destilería de maíz y proteína zeína, en función de sus respectivas metodologías de producción.

Conforme el maíz entra en la planta de producción de etanol, un molino de martillos rompe cada grano en muchos fragmentos. Esto expone la parte de almidón del grano que se convierte en etanol a través de la fermentación. Los componentes restantes del grano de maíz pasan a través del proceso de fermentación sin verse afectados.

Estos componentes no fermentables se separan del agua usada en la fermentación con centrífugas y evaporadores. Para los DDG y DDGS, se usa entonces una secadora para secar el material a los niveles deseados.

de humedad. Los niveles de humedad decididos en los DDG y DDGS se determinan por la distancia que los productos tendrán que viajar para llegar a su mercado final. Los granos de destilería con una humedad del 65 al 70% se conocen como granos húmedos de destilería y se deben vender a los pocos días de fabricación a usuarios cercanos a la planta de producción. Los granos de destilería secados al 50-55% de humedad pueden durar varias semanas, lo que permite mayores tiempos de trayecto a los mercados finales. Los granos de destilería secados al 10-12% de humedad se pueden almacenar durante largos periodos y como resultado pueden comercializarse en todo el mundo.

A partir de un bushel de maíz de 56 libras, se recuperan aproximadamente 17 libras como granos de destilería, que se venden en mercados de alimentos balanceados locales y mundiales. Es crítico reconocer que este considerable porcentaje del grano de maíz que se usa en el proceso de fabricación, regresará al mercado como un producto de alimento balanceado de gran valor. Además, debido a la composición nutritiva particular de los granos de destilería, los estudios de alimentación animal han demostrado que una tonelada de granos de destilería desplazan en promedio 1.22 toneladas de maíz y de harina de soya (Hoffman y Baker, 2011). El resultado es que el 38% del peso del maíz que entra a una planta de producción de etanol, regresa al mercado como granos de destilería altos en proteína para alimentos balanceados.

Hoy en día, los granos de destilería son uno de los ingredientes para alimentos balanceados más importantes del mundo. La industria del etanol de EUA produce casi 40 millones de toneladas de alimentos balanceados para animales de alta calidad. Conforme los volúmenes de producción han aumentado junto con la expansión de la industria del etanol, también lo han hecho las tasas de inclusión. En 2010-2011, los granos de destilería eclipsaron a la harina de soya como el ingrediente para alimentos balanceados número dos más consumido en el país.

El mercado mundial ha demostrado un apetito increíble por este producto de alto valor, de tal forma que los volúmenes de exportación han rondado los 10 millones de toneladas durante los últimos cinco años, es decir, el 25% del volumen total producido. China, México, Vietnam y Corea del Sur son los mayores compradores de granos de destilería.



Un bushel de maíz proporciona:

2.8
galones
de etanol

17.5
libras
de DDGS*

1.5
libras de aceite
de maíz**

* En proceso de etanol de molienda en seco

** En proceso de etanol de molienda en húmedo

Aceite de maíz

Aproximadamente el 4% del maíz por peso es aceite. El aceite de maíz, como la proteína y la fibra, no es un componente fermentable del grano. Hasta mediados del año 2000, este componente simplemente se capturaba con la proteína y la fibra y se incluía en los granos de destilería. Entre 2005 y 2007, los productores de etanol trabajaron seriamente para separar el aceite de maíz de los granos de destilería, por lo que ahora a este producto se le conoce como aceite de destilería de maíz. Este producto tiene valor en los mercados de alimentos balanceados y como materia prima para la producción de biodiésel. El aceite de destilería de maíz, proveniente del proceso de producción de etanol, representa el 14% de las materias primas principales en la producción de biodiésel de EUA.

La extracción y el uso posterior del aceite de destilería de maíz es un ejemplo de la innovación continua que impulsa el equilibrio de energía de la producción de etanol. La extracción y la conversión posterior del aceite de destilería de maíz en biodiésel aumenta la producción de energía de una planta de etanol en 1,440 BTU/gal, o más o menos un aumento del 2% de producción total de energía de la planta.

Innovación continua

Conforme avanza la industria de etanol, sigue la competencia para estimular la inversión en innovación. Inicialmente, la industria de etanol produjo dos productos principales: etanol y granos de destilería. Una vez optimizada, la extracción de aceite de destilería del maíz se volvió bastante común en la industria y ahora casi el 90% de las plantas de etanol de maíz de EUA extrae y vende este aceite.

La fibra del maíz es el siguiente componente del grano de maíz en el que se trabaja para su separación y futura refinación. Como antes con el aceite de destilería de maíz, el flujo de fibra del maíz actualmente son parte del flujo de los granos de destilería. En el transcurso de los cuatro años anteriores, la separación y fermentación de las fibras de celulosa del grano de maíz han avanzado de un concepto prometedor a nivel de laboratorio, a una tecnología piloto, que se comercializa activamente hacia los productores existentes. Otro producto prometedor del proceso de la producción de etanol es la extracción de proteínas zeínas. Estas proteínas cuentan con uso tanto alimenticio como industrial, que incluye el uso como polímero para hacer empaques y películas 100% biodegradables.

Conforme avanza la innovación, las contribuciones ambientales generales de la producción y el uso del etanol están en camino de un mejoramiento continuo.

CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

Si el etanol cumple su promesa increíble de beneficios ambientales, debe primero cumplir con los requerimientos técnicos y ambientales ya en funciones de los combustibles líquidos. Se ha generado una gran cantidad de pruebas desde su introducción en el mercado sobre el desempeño del combustible y la medición de las emisiones. El etanol es un combustible de transporte con un programa sólido de normas de calidad ya en funciones, un perfil de volatilidad que encaja en los requisitos de los combustibles de motor actuales y con la capacidad de proporcionar el octanaje vital.



ASTM International

A fin de garantizar que los combustibles de motor sigan cumpliendo las necesidades de uso seguro y eficiente, se han desarrollado normas que permiten que todos los involucrados en la producción y uso comprendan completamente las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y químicas de un combustible dado. Las normas de combustible más ampliamente reconocidas las ha desarrollado ASTM International, un organismo internacional que publica normas técnicas consensuadas de una amplia variedad de materiales. Los combustibles de motor, como el etanol, están entre las más de 12,000 normas de ASTM desarrolladas y reconocidas en todo el mundo.

Conforme aumenta la producción y el uso del etanol en varios niveles de inclusión, han evolucionado las normas internacionales, como las desarrolladas por ASTM International, para incluir todos los niveles de etanol, desde 1 hasta el 83% en volumen.

El trabajo inicial de desarrollar una norma que reconocía la inclusión de etanol en la gasolina comenzó en 1978.

La primera norma de ASTM desarrollada específicamente para el etanol, la *D 4806: Especificación de etanol desnaturalizado para mezcla con gasolinas para uso como combustible en motores de automóviles de encendido por chispa*, se desarrolló en 1984 y se aprobó en 1988. Esta especificación estaba dirigida a proporcionar una norma de etanol desnaturalizado anhidro, para mezcla con gasolina en volúmenes de hasta el 10%. Esta norma establece los requerimientos de desempeño del contenido de etanol, contenido de metanol, goma lavada por solvente, contenido de agua, desnaturalizantes, cloruro inorgánico, cobre, acidez, pH, azufre y sulfatos.

Aunque la especificación D4806 proporcionaba una guía suficiente del uso del etanol para mezclar, no era adecuada para combustibles con mayores porcentajes de etanol. Conforme los vehículos específicamente diseñados para usar estas mezclas de más etanol entraban al mercado, se determinó la necesidad de una nueva norma de combustibles. En 1993, la Conferencia Nacional de Pesos y Medidas

solicitó una nueva norma a ASTM para estos combustibles con mayoría de etanol. La especificación *D5798, Especificación Estándar de Mezclas de Etanol para Motores de Automóviles de Encendido por Chispa de Combustibles Flexibles* se publicó en 1996.

Juntas, las D4806, D5798 y D7794 proporcionan una fuerte guía de normas para combustibles de motor con una amplia gama de inclusión de etanol. Las normas internacionales de ASTM, aunque voluntarias, se citan en todo el mundo en contratos, reglamentaciones y leyes de combustibles.

Propiedades

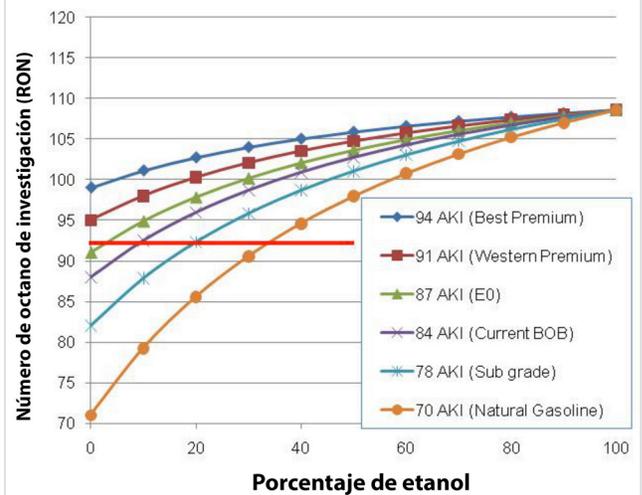
Octanaje

Para que los motores de encendido por chispa funcionen adecuadamente, el combustible en los cilindros del motor debe prenderse con la bujía y no de manera espontánea debido a la compresión. Una combustión prematura, comúnmente llamada “detonación” o “preignición” reduce enormemente la eficiencia de un motor y puede ocasionar daños al motor. Para prevenir la detonación, se ponen aditivos al combustible para aumentar esa calificación de octanaje del combustible, una medida de la capacidad del combustible para resistir el encendido prematuro.

Durante mucho tiempo, se usó el tetraetilo de plomo para aumentar el octanaje de los combustibles de los vehículos de motor. Se eliminó primero a finales de los años 70, porque se descubrió que las emisiones de la combustión de gases con plomo aumentaban el plomo atmosférico, un compuesto altamente tóxico con graves implicaciones a la salud pública. Hoy en día, se aumenta el octanaje en la gasolina con una mezcla de hidrocarburos aromáticos y etanol. Se pone cada vez más atención en la toxicidad de los hidrocarburos aromáticos, que incluye a los carcinógenos conocidos como el benceno, tolueno y xileno, y su impacto en la calidad del aire. Está limitado por ley el uso de estos aromáticos en Estados Unidos, de tal forma que el mayor uso de etanol brinda una alternativa para aumentar las calificaciones de octanaje, al tiempo que se evita la adición de estos carcinógenos conocidos.

Finalmente, un camino prometedor para una mayor eficiencia general del motor es fabricar motores de mayor compresión que puedan aprovechar las ventajas que ofrecen los combustibles con niveles de octanaje incluso más altos. Estos motores de mayor compresión pueden crear más energía con menos combustible, con lo que aumenta la eficiencia general del combustible en flotillas de vehículos ligeros, un componente clave de la mayoría de las estrategias de reducción de gases de efecto invernadero en todo el mundo. Estas ganancias de eficiencia no pueden dar a expensas de la calidad ambiental del aire. El etanol proporciona una alternativa segura para aumentar el octanaje en los inventarios del combustible líquido, sin degradar la calidad ambiental del aire.

El etanol aumenta el octanaje



Fuente de información: Jones, C.M. General Motors, National Ethanol Conference, 2012.

Azufre

Dentro de las reglamentaciones de más éxito con respecto a la calidad del aire, está el control dinámico del azufre en los combustibles para el transporte. El azufre, que se encuentra de manera natural en el petróleo crudo, estropea el catalizador en los convertidores catalíticos de los automóviles diseñados para convertir emisiones dañinas, como el óxido de nitrógeno y monóxido de carbono, en gases más benignos, como el nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono.

En 2000, la Agencia de Protección al Ambiente de EUA presentó el nivel 2 del programa de Gasolina con Azufre, que limitaba el contenido de azufre de las mezclas de gasolina a 30 ppm, lo que conservaba el catalizador dentro de los sistemas de control de emisiones de los vehículos y reducía las emisiones hasta un 95%, comparadas con las de vehículos de modelos anteriores que no desplegaban estos sistemas, debido al azufre encontrado en la gasolina. En enero del 2017, la EPA redujo más el contenido de azufre en la gasolina a 10 ppm, en un esfuerzo por reducir las emisiones todavía más.

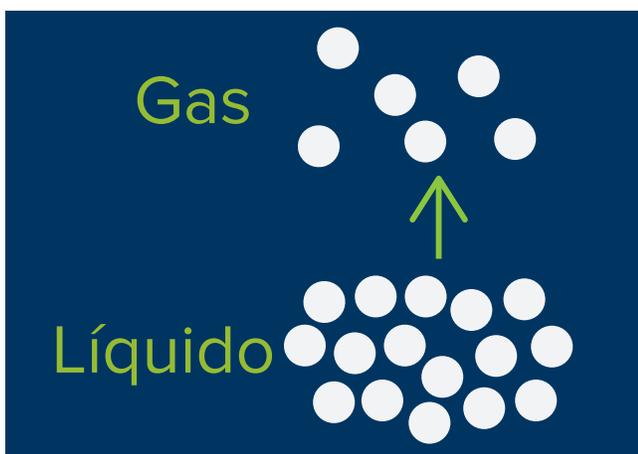
El etanol no contiene azufre, sin embargo, a fin de cumplir con las disposiciones fiscales, debe ser desnaturalizado con un hidrocarburo para volverlo no apto para el consumo. Estos hidrocarburos, debido a que están hechos a partir de petróleo crudo, sí contienen azufre. A pesar de todo, debido a que las tasas de inclusión de los desnaturalizantes son normalmente del 2%, el azufre introducido al etanol no eleva el contenido de azufre del combustible desnaturalizado ni siquiera por arriba del nivel más estricto de 10 ppm.

Presión de vapor

La presión de vapor Reid (PVR) es un medio de medir la volatilidad de los combustibles de transporte. Técnicamente, la PVR es una medida de la presión absoluta de vapor ejercida por un líquido a 37.8°C (100°F). En la práctica, la volatilidad del combustible debe manejarse con cuidado para equilibrar los requisitos de desempeño, al mismo tiempo que se limitan también las emisiones relacionadas con la transferencia y distribución del combustible.

En los meses de verano, la luz del sol prolongada y el aumento de temperaturas llevan a la formación de ozono a nivel del suelo o esmog, un gas con consecuencias en la salud muy bien documentadas. El esmog se forma cuando la luz del sol reacciona con compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por una amplia variedad de fuentes, como los automóviles. Es por esta razón, que la EPA regula de cerca la volatilidad de las formulaciones de la gasolina en los meses en los que es muy probable que se forme esmog. Los combustibles que se venden en los meses de verano deben tener una PVR de 9.0 psi o menor.

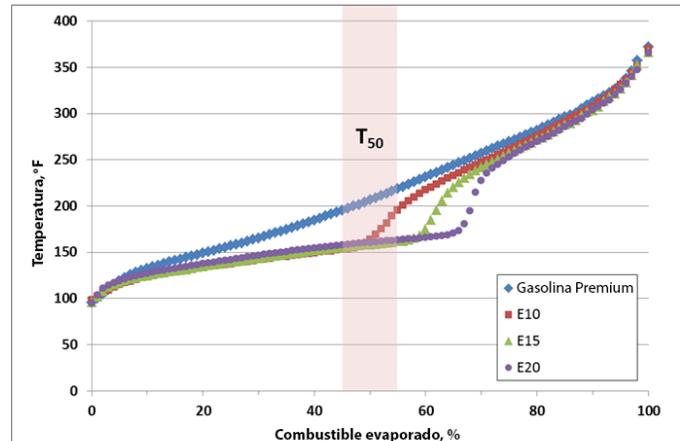
El etanol por sí mismo tiene una PVR menor que la gasolina. Aún así, en proporciones más bajas de mezcla (<50% en volumen), debido a las fuerzas atrayentes ejercidas sobre las moléculas de etanol por las moléculas de la gasolina, la PVR de los combustibles mezclados es ligeramente mayor que la gasolina: exceden la PVR de 9.0 psi reglamentada durante la temporada de ozono de verano por 1 libra. Debido a los otros beneficios de emisiones



del etanol y al objetivo de las políticas de aumentar su uso en Estados Unidos, la EPA en 1992 proporcionó una exención que permitiría vender legalmente los combustibles con 9 a 10% de etanol, durante la temporada de ozono de verano (del 1 de junio al 15 de septiembre).

Destilación

Para que un combustible de transporte cumpla con las exigencias de los conductores que lo compran, debe brindar una serie de características de desempeño diferentes. Dentro de las características más importantes están la capacidad del combustible de ayudar a arrancar al motor del automóvil, a calentarse y a funcionar eficientemente. Cada uno de estos resultados requieren componentes de combustible con niveles variables de volatilidad. Los componentes con mayor volatilidad le permiten al motor arrancar de forma efectiva, mientras que los de menor volatilidad están para que el motor los queme después de que esté totalmente caliente.



Fuente de información: Informe API MLEB

Este rango de volatilidad se describe en la curva de destilación. Las curvas de destilación surgieron como una herramienta importante para definir la capacidad de conducción general del combustible. El impacto del etanol en la curva de destilación de mezclas de gasolina/etanol se ha estudiado extensamente para determinar el impacto de este alcohol en la capacidad de conducción general. Sin embargo, aunque el etanol, en efecto, reduce el rango medio de las temperaturas de la curva de destilación, las cuales al principio llevaban a preocupaciones por el desempeño; una sólida revisión de las investigaciones sobre el desempeño de vehículos tanto calientes como fríos, no muestra un impacto significativo en su desempeño y en las especificaciones de los combustibles.

DISTRIBUCIÓN E INFRAESTRUCTURA

Cada año se producen, almacenan, mueven, mezclan y distribuyen más de 23 mil millones de galones de etanol en Estados Unidos y Brasil. Además, el etanol es un *commodity* cada vez más global que se ha exportado a más de 50 países. La infraestructura global para almacenar, embarcar y transportar etanol se ha expandido con los años para adaptarse a este movimiento mundial. Quizás, la infraestructura que se necesita para usar mezclas de combustible con el 10% de etanol ya esté en funciones, necesite pocos o ningún cambio de reconversión, u ofrezca una oportunidad para desarrollar nuevos activos de transporte y almacenamiento.

Almacenamiento y manejo



Bomba de combustible con diferentes mezclas de etanol.

El etanol es un producto estable que al protegerse del agua y fuentes de ignición, se puede almacenar en recipientes de almacenamiento comunes, fácilmente disponibles e inflamables. En la vasta mayoría de los casos, los tanques superficiales como los subterráneos son compatibles con el etanol. Todos los tanques de acero y los tanques de fibra de vidrio de doble pared fabricados desde 1990 son compatibles con E100.

Los tanques superficiales de almacenamiento que se usan con etanol son normalmente hechos de acero al carbón o acero inoxidable con un techo interior flotante para minimizar las emisiones evaporativas. Para almacenamiento subterráneo, los tanques que normalmente se encuentran en los lugares de distribución al menudeo en Estados Unidos, caen bajo la jurisdicción de la Oficina de Tanques de Almacenamiento Subterráneo (OUST) de la EPA. La OUST de la EPA exige que los sistemas de tanques sean compatibles con el combustible que almacenará.

El 99% de la gasolina que se vende en Estados Unidos contiene diez por ciento de etanol. Toda la infraestructura de distribución que se usa actualmente es compatible con E10. Los minoristas interesados en vender combustibles con mayores concentraciones de etanol deben garantizar que sus tanques de almacenamiento, tanto superficiales como subterráneos, y su infraestructura de distribución sean compatibles con el etanol. El Underwriters Laboratory (UL) desarrolla protocolos de prueba para garantizar que los componentes del sistema de distribución sean compatibles con los combustibles que despachan, así que en la actualidad hay una gran variedad de equipos para los minoristas que deseen vender con mayores mezclas de etanol.

Modos de transporte

Todo modo de transporte que se usa para la distribución de la gasolina puede funcionar para transportar etanol. Camiones, carros tanque de ferrocarril, barcazas, buques marítimos y contenedores ISO se usan para trasladar etanol.

- **Camiones cisterna (pipas):** El etanol por lo general se transporta ya sea en camiones cisterna (pipas) de acero inoxidable o de aluminio con las designaciones de las Naciones Unidas (UN) de DOT406, MC306.
- **Carros tanque o cisterna de ferrocarril:** El etanol se transporta por lo regular en carros tanque o cisterna de ferrocarril de acero al carbón con la designación UN DOT111A o DOT117. Los recubrimientos Plasite de Carboline son compatibles con el etanol.
- **Barcazas, buques marítimos:** El etanol se transporta comúnmente ya sea en buques marítimos de acero al carbón o acero inoxidable con o sin recubrimiento; sin embargo, evítese usar buques electrolgalvanizados.
- **Contenedores ISO:** Los contenedores ISO están especialmente construidos para permitir embarcar productos sólidos y líquidos sin problemas entre diferentes modos de transporte. Los contenedores ISO compatibles con etanol se venden en el mercado.



SEGURIDAD Y AMBIENTE

A igual que la gasolina y otros materiales inflamables, el etanol trae consigo algunos riesgos inherentes en caso de un derrame o incendio. El etanol, tanto líquido como en vapor, es inflamable. Incluso aunque el etanol se queme de manera limpia, hace una llama visible con muy poco humo. Como requisito reglamentario, el etanol para combustible normalmente es “desnaturalizado”, con una pequeña fracción de producto de petróleo para volverlo no apto para consumir. Esta adición desnaturalizante aumenta la cantidad de humo que produce en un incendio. El etanol también es hidrosoluble, lo que crea consideraciones únicas para combatir incendios al tratar con un incendio o derrame de este alcohol.

Incendios/inflamabilidad

Las características químicas de un combustible variarán en función de la cantidad de etanol mezclado en él.

El hecho de que el etanol sea tanto inflamable como hidrosoluble, significa que si se agrega agua al combustible mezclado con etanol, el etanol absorberá el agua y el componente de gasolina del combustible se separará y subirá a la superficie. En vez de agua, la estrategia recomendada para extinguir un incendio de etanol es el uso de espumógenos formadores de película acuosa resistente al alcohol (AR-AFFF).

Aunque se han usado durante mucho tiempo los espumógenos tradicionales para extinguir incendios de hidrocarburos e incluso de gasolina que contenga hasta 10% de etanol, el tipo de espuma que se usa para incendios con mayores concentraciones de etanol debe ser resistente al alcohol (tipo AR). Los espumógenos del tipo AR forman una membrana dura entre la capa espumosa y el combustible de alcohol, lo que previene que el alcohol absorba a la espuma. Este tipo de espuma también funciona bien con incendios de gasolina, así que es la opción recomendada para todos los incendios de combustibles que involucren gasolina o mezclas de etanol.

Características de los combustibles de gasolina y etanol

Combustible	Punto de ignición	Temperatura de autoignición	Densidad de vapor (Aire = 1)	Presión de vapor	Punto de ebullición	Rango inflamable (LEL-UEL)	Conductividad	Características del humo	Solubilidad en agua
Gasolina	-45°F	530-853°F	3-4	38-300 mmHg	100-400°F	1.4%-7.6%	Ninguna	Negro	Ninguna
Mezcla de combustible E85	> -5°F	495-689°F	2.0-4.0	7-15	80-435°F	1.4%-19%	Buena	Ninguna o ligera	Alta
Etanol desnaturalizado	-5°F	689°F	1.5	4.5	165-175°F	3%-19%	Buena	Ninguna o ligera	Alta
Etanol puro E100	55°F	793°F	1.1	2.3	173°F	6%-36%	Buena	Ninguna o ligera	Alta

Fuente de información: Ethanol Emergency Response Coalition

Derrames

Los derrames de etanol deben de tratarse de inmediato para evitar impactos innecesarios en el ambiente. A pesar de todo, al compararlo con derrames de otros químicos dañinos, como el éter metil ter butilo (MTBE) y la gasolina, el etanol tiende a tener menores efectos negativos en el ambiente y los efectos son de duración relativamente corta.

El etanol es un químico natural en el ambiente que se degrada rápidamente en la tierra, en los mantos freáticos y en el agua superficial. Su rango de vida medio pronosticado es de 0.1 a 10 días, en función del ambiente en el que ocurra el derrame. A diferencia del MTBE, el etanol se disuelve por completo en el agua, y una vez disuelto, es poco probable que haya vaporización y la formación de cualquier tipo de película.

Limpieza

Una vez más, el hecho de que el etanol sea hidrosoluble, crea consideraciones específicas para limpiar un derrame. El etanol es fácilmente biodegradable. Cuando el agua es un elemento del derrame ambiental, el etanol y la gasolina se separarán. Un combustible mezclado de etanol/gasolina puede formar capas en el agua, en las que la gasolina flote en la superficie de ésta y el etanol se mezcle con el agua de abajo.

Los derrames en aguas superficiales pueden remediarse de diferentes maneras, en función del tipo de agua superficial afectada (arroyos, ríos, pantanos, aguas saladas, puertos interiores o mar abierto, etc.). Los métodos incluyen usar represas de tierra, barreras flotantes (diseñadas para absorber materiales hidrosolubles), aireación, quema controlada o simplemente monitoreo de la situación y dejar que se diluya naturalmente a una concentración no tóxica.

PUBLICACIONES CONSULTADAS

U.S. Department of Energy, Alternative Fuels Data Center, Ethanol, Flexible Fuel Vehicles. www.afdc.energy.gov

Renewable Fuels Association, Annual Outlook, 2017.

U.S. Department of Agriculture US Bioenergy Statistics, 2017.

Brasil: A leader in Ethanol Production and Use. www.Sugarcane.org.

Anderson, J., Hardigan, P., Ginder, J., Wallington, T. et al., "Implications of the Energy Independence and Security Act of 2007 for the US Light-Duty Vehicle Fleet," SAE Technical Paper 2009-01-2770, 2009, doi:10.4271/2009-01-2770.

National Renewable Energy Laboratory, McCormick, R.L. Yanowitz, J., Ratcliff, M., Zigler, B.T. Review and Evaluation of Studies on the Use of E15 in Light-Duty Vehicles. October 2013.

U.S. Environmental Protection Agency, National Trends in Ozone, Ozone Air Quality 1980- 2015. Consultado aquí: <https://www.epa.gov/air-trends/ozone-trends#oznat>

Environmental and Economic Implications of Oxygenated Gasoline Use in Colorado: Colorado's Oxygenated Gasoline Program. Livo, K., Gallagher, J. Air Pollution Control Division.

U.S. Environmental Protection Agency Phase II Reformulated Gasoline: The Next Major Step Toward Cleaner Air. Noviembre de 1999

Effects of Oxygenated Fuels and RVP on Automotive Emissions- Auto/Oil Air Quality Improvement Program. SAE 920326, febrero de 1992.

Mayotte, S. C., C.E. Lindhjem, V. Rao and M.S. Sklar (1994) "Reformulated Gasoline Effects on Exhaust Emissions: Fase I: Initial Investigation of Oxygenate, Volatility, Distillation and Sulfur Effects" SAE Paper No. 941973.,

Mayotte, S. et al. US EPA. Reformulated Gasoline Effects on Exhaust Emissions: Fase II: Continued Investigation of Oxygenate Content, Oxygenate Type, Volatility, Sulfur, Olefins and Distillation Parameters. SAE 941974 octubre de 1994.

Mulawa P., Cadle, S., Knapp, K., Zweidinger, R., Snow, R., Lucas, R., Goldbach, J., (1997) "Effect of Ambient Temperature and E-10 Fuel on Primary Exhaust Particulate Matter from light Duty Vehicles.", Environmental Science and technology, Vol 31, pp1302-1307.

Mueller, et al. Combustion Emissions Benefits of Ethanol vs. Gasoline, March 2017.

U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, www.fueleconomy.gov.

Anderson J.E. et al. High octane number ethanol–gasoline blends: Quantifying the potential benefits in the United States. *Fuel* (2012).

Anderson, J.E., Ford Motor Company, et. al. Octane Numbers of Ethanol-Gasoline Blends: Measurements and Novel Estimation method from Molar Composition. SAE 2012-01-1274. 2012.

Leone, T., Olin, E., Anderson, J., Jung, H. et al., "Effects of Fuel Octane Rating and Ethanol Content on Knock, Fuel Economy, and CO₂ for a Turbocharged DI Engine," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 7(1):2014, doi:10.4271/2014-01-1228.

West, B. Oak Ridge National Laboratory, Making Better Use of Ethanol as a Transportation Fuel... Biomass Meeting 2013.

Renewable Fuels Association. "Re-examining Corn Ethanol's Energy Balance Ratio." Retrieved, May 2017.

U.S. Department of Energy, Argonne National Laboratory, Greenhouse Gases, Regulated Emissions and Energy Use in Transportation Model. <https://greet.es.anl.gov>.

GREET1_2016, Calculations by Life Cycle Associates.

Wang, M. et al. Well-to-wheels energy use and greenhouse gas emissions from ethanol from corn, sugarcane and cellulosic biomass for U.S. use. Argonne National Laboratory. Diciembre de 2012.

Flugge, M., J. Lewandowski, J. Rosenfeld, C. Boland, T. Hendrickson, K. Jaglo, S. Kolansky, K. Moffroid, M. Riley-Gilbert, and D. Pape, 2017. A Life-Cycle Analysis of the Greenhouse Gas Emissions of Corn- Based Ethanol. Report prepared by ICF under USDA Contract No. AG-3142-D-16-0243. 12 de enero de 2017.

Mueller, S., Kwik, J., 2012 Corn Ethanol: Emerging Plant Energy and Environmental Technologies. Abril del 2013.

National Biodiesel Board, Biodiesel Industry Overview and Technical Update. Marzo de 2017.

ASTM International, www.astm.org.

Ethanol Emergency Response Coalition, www.ethanolresponse.com

Moriarty, K., Yanowitz, J. E15 and Infrastructure, National Renewable Energy Laboratory, 2015.