

Colombia en la era del alcohol carburante

The time of alcohol fuels in Colombia

Elkin Cortes Marín¹, Hugo González Sánchez², Fernando Álvarez Mejía³

Recibido el 20 de Agosto de 2008 y aceptado el 27 de Noviembre de 2008

Resumen

En el marco de la Ley 693/2001, Colombia inicia la era de nuevos combustibles con la obligatoria mezcla de alcohol-gasolina (5-95%), es decir, se legisla para permitir la libre competencia en la producción, distribución y comercialización de alcoholes no potables. Esto coincide con la implementación de dicho régimen con un elevado precio de la gasolina, producto del alza del petróleo en el mercado mundial y del desmonte de los subsidios a nivel nacional.

Este programa de sustitución puede dar lugar a promover el desarrollo agroindustrial a partir del uso productos agrícolas existentes en el país, tales como caña de azúcar, remolacha o yuca, sumado a la abundante normatividad técnica expedida, para regular y controlar. Así mismo, se señalan bondades como la autosuficiencia y sustitución energética, ahorros fiscales, menor contaminación y desarrollo agroindustrial, dado el gran potencial productivo y conocimiento acumulado a partir de la caña de azúcar, en el Valle del Cauca; además de los beneficios técnico a nivel de combustión: mayor octanaje, mejor combustión y en consecuencia ganancias en potencia. Esta nueva oferta de combustible se agrega a la del Gas Natural Comprimido- Gas Natural Vehicular (GNC-GNV) y posiblemente al biodiesel.

Otro hecho significativo tiene que ver con la compatibilidad de los materiales metálicos y plásticos con la mezcla, la cual ha sido bastante estudiada. De manera general, no representa un problema grave el uso de Etanol, en motores de combustión interna (MCI). Según lo revelado por la mayoría de los constructores de motores y automóviles, la mezcla propuesta, hasta 10% de etanol, y la adición de anticorrosivos puede ser técnicamente adoptada, sin mayores ajustes mecánicos.

Palabras clave

Legislación, incentivos, biocombustibles, caña de azúcar, Motores de combustión interna (MCI).

Abstract

Through the development of the Law 693/2001, Colombia initiates the time of new fuels with the obligation of the use of alcohol-gasoline blending. It means that is, the government allows the free competition about the production, distribution and commercialization of non potable alcohol, and the implementation of this regime with an elevated price of gasoline, as a consequence of the rise of the petroleum price in the world-wide market and the falling of the government subsidies at national level.

¹Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Ingeniería Agrícola. E-mail: ecortes @unalmed.edu.co.

²Profesor Asistente de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Ingeniería Agrícola. E-mail: hagonzal @unal.edu.co.

³Profesor Titular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias, Grupo de Ingeniería Agrícola. E-mail: falvarez @unalmed.edu.co.

This replacement program can lead to promote the agro-industrial development from using agricultural products in the country, such as sugar cane, beet or cassava, joined the abundant legislative technical issued, to regulate and to control. Likewise, virtues as self-reliance and replacement energy are pointed out, tax savings, reduced pollution and agro-industrial development, given the large productive potential and the accumulated knowledge from sugar cane, in the Valle del Cauca; in addition to technical benefits at combustion level: higher octane, better combustion and consequently gains in power. This new supply of fuel is added to the Compressed Natural Gas - Vehicular Natural gas (CNG-GNV) and possibly to biodiesel.

The compatibility of the metallic and plastic materials with the blending is another significant fact that has been studied. In a general way the use of ethanol does not represent a problem to as a fuel of the internal combustion engines. According to the expressed information given by the constructors of engines and vehicles, the propose blending, up to 10% of ethanol, and the addition of anticorrosives can technically be adopted without greater mechanical adjustments.

Key words

Régulation, incentives, biofuels, sugar cane, internal combustion engines.

Introducción

Indudablemente, la energía se constituye un elemento fundamental para los procesos de desarrollo económico de un país, pero dada su caracterizada diversidad, en materia de disponibilidad de fuentes energéticas en el país, se requieren alternativas tecnológicas y soluciones integrales para resolver sus demandas específicas, en particular para transporte de carga y pasajeros, en sus diversas modalidades. Aunque el uso de etanol en máquinas térmicas ha sido bien documentado, existen otras aplicaciones que en estos momentos se están desarrollando, como su uso en celdas de combustible para producción de hidrógeno.

Los biocombustibles líquidos, denominados también biocarburantes, son productos que se están empleando como sustitutivos de la gasolina y del ACPM en vehículos,

los cuales son obtenidos a partir de materias primas de origen agrícola. Actualmente, muchos países promueven la idea de sembrar sus propios combustibles, para no depender de importaciones o de reservas agotables y, colateralmente generar empleos estables y de calidad, teniendo en cuenta que el alcohol se obtiene a partir de los ciclos vegetativos de productos agrícolas tales como remolacha, maíz, cebada, papa, yuca, eucalipto, girasol, entre otros, incluyendo la caña de azúcar, cultivo que está bien difundido y que se convierte en la principal fuente para la producción de alcohol. De ese cultivo se tienen muchas experiencias, capacidad y manejo en Colombia (en particular en el Valle del Cauca), por su uso y encadenamiento productivo con el Etanol.

En este escenario, el gobierno nacional ha planteado entre sus intereses estratégicos, el tema de los alcoholes carburantes. Política también incentivada por el aumento acelerado de los precios de los carburantes, costo que está afectando de manera significativa, a algunos sectores de la producción que demandan como insumo básico combustibles fósiles.

Lo anterior hace eminente y determinante la definición de los recursos y usos energéticos más adecuados en términos de costo, eficiencia energética y sostenibilidad ambiental, para plantear salidas. Considerando, que la actual base energética (dependiente de combustibles fósiles) es insostenible; y que los problemas de energía, no son sólo de cantidad, sino, también de estructura (forma, lugares, momentos y usos).

En ese contexto, últimamente ha estado de moda platicar acerca de las bondades técnicas, económicas, fiscales, ambientales y sectoriales con la incursión de seis ingenios azucareros en la producción de Etanol, para su uso como carburante en motores de combustión interna. Los antecedentes del empleo de este combustible se remiten casi a los albores del desarrollo de las primeras máquinas de combustión interna; tomando mayor relevancia en la década de los 70's, a raíz del aumento súbito de los precios del petróleo, producto de la confrontación Árabe-Israelita.

Por tanto, la producción de alcohol, inicialmente a partir de caña de azúcar se torna en un elemento esencial de una política de reactivación sectorial, con capacidad de influenciar otros sectores y con la expectativa de generar crecimiento económico y mejores indicadores de vida. No obstante, son limitadas las expectativas de aumento

de áreas de producción de caña y, con ello, de empleo, ya que parte de esa producción de alcohol se realizará con el 55% de de la producción que se exporta a precios inferiores al nacional (US\$0,08 y US\$0,10/lb- US\$0,17/lb). Es decir, se introduce el etanol en la canasta energética, sin cambios notables en la producción de caña de azúcar y de sacarosa y, sin mayores cambios en el motor, dado que la mezcla propuesta no diferencia entre marcas y modelos posteriores al año 1989. Modelos anteriores, en particular con carburador, tendrían limitaciones por los materiales de algunos componentes del sistema de combustible.

Ante este panorama de incertidumbre, sobre las posibilidades de garantizar un abastecimiento energético (autosuficiencia petrolera), por la reducción de las inversiones en prospección y explotación de nuevos pozos, cabe destacar la Ley 693 del 2001(7) que promueve la producción y utilización de alcoholes carburantes en mezcla con gasolina o ACPM, cuya vigencia es una realidad en algunas zonas del país. En principio conviene observar que los mayores impactos económicos asociados al uso de Gasohol, son el ahorro potencial de divisas, reducción de importación de gasolina y de emisiones contaminantes.

Los niveles de contaminación del aire en los principales centros urbanos, han llevado a las autoridades a extremar las medidas de control y previsión. La afirmación se aplica tanto a los requisitos exigidos con respecto a las condiciones de operación de los motores de combustión interna como a las exigencias en la formulación de los combustibles. Controlar la contaminación del aire mediante el uso de oxigenados en las gasolinas, los cuales reducen la contaminación producida por los motores de combustión interna, es otro de los objetivos de dicha ley.

Una de esas energías renovables y más limpias son los biocombustibles (bioaceites y bioalcoholes) obtenidos de las especies vegetales (caña de azúcar, sorgo, yuca, papa, colza, remolacha, palma africana, girasol, madera y desechos). A diferencia de los combustibles tradicionales (petróleo, carbón y gas natural), éstos no se encuentran almacenados en la tierra, sino que proceden de las plantas, que obtienen sus constituyentes del CO₂ de la atmósfera a través del proceso de la fotosíntesis (los motores de combustión interna que operan con combustibles convencionales son altos generadores de CO₂). En la práctica, diversas materias primas pueden ser em-

pleadas en la producción de alcoholes industriales; sin embargo, es justo considerar que el costo de elaboración de cada litro o galón, depende categóricamente de las características de la materia prima utilizada y del tipo de proceso o tecnología instalada para su obtención. Existen varios tipos de alcoholes combustibles, pero los más conocidos y recomendados son el metanol, el etanol y en menor importancia el propanol y el butanol.

La alternativa de usar etanol mezclado con gasolinas, entrega un balance más impactante a favor del sector agrícola-agroindustrial, además del impacto social favorable, dado la potencial creación de empleos en zonas rurales, diferentes a las del Valle del Cauca, por lo general marginadas.

En este horizonte, los biocarburantes constituyen una opción respecto a los combustibles tradicionales en el área de transporte, aunque presentan un grado de desarrollo desigual en las diferentes regiones de Colombia. Ante tanta expectativa y a veces incertidumbre sobre el éxito del programa, conviene ilustrar este proceso.

Marco legal

La apuesta en el uso del alcohol carburante tiene como fundamento normativo la ley antes citada, mediante la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones. Que en su artículo 1º consagra: “A partir de la vigencia de la presente ley, las gasolinas que se utilicen en el país en los centros urbanos de más de 500.000 habitantes tendrán que contener componentes oxigenados tales como alcoholes carburantes, en la calidad y cantidad que establezca el Ministerio de Minas y Energía (MME), de acuerdo con la reglamentación sobre control de emisiones derivadas del uso de estos combustibles y los requerimientos de saneamiento ambiental que establezca el Ministerio del Medio Ambiente (MMAVDT) para cada región del país. Si el oxigenado a utilizar es Etanol carburante éste podrá ser utilizado como combustible”. Igualmente, se contempla que el ACPM podrá contener Etanol.

Remata en su artículo 3º: “Considérese el uso de etanol carburante en las gasolinas y en el combustible diesel, factor coadyuvante para el saneamiento ambiental de las áreas en donde no se cumplen los estándares de calidad,

en la autosuficiencia energética del país y como dinamizador de la producción agropecuaria y del empleo productivo, tanto agrícola como industrial”.

Esta normatividad es complementada con la Ley 788 de 2002⁽¹⁾ (reforma tributaria) que establece como estímulo, a los productores de alcohol carburante destinado a la mezcla con gasolina para automotores, la exención del IVA, impuesto global a la gasolina y de la sobretasa de que habla esta ley. También se dan exenciones arancelarias, para la importación de los equipos necesarios para el montaje de refinerías de alcohol, mejoramiento de los cultivos y de la infraestructura.

En ese orden de ideas, mediante la Resolución 18-0687 del MME, se expide la regulación técnica prevista en la Ley 693 de 2.001, en relación con la producción, acopio, distribución y puntos de mezcla de los alcoholes carburantes y su uso en los combustibles nacionales e importados”⁽⁷⁾. La resolución reglamenta lo pertinente al inciso segundo del párrafo 2 del artículo 1 de la Ley 693⁽⁷⁾, por el MME, quedando pendiente lo relacionado el MMA y otros aspectos de tipo económico, financiero y crediticio. Igualmente, establece la definición de Alcohol Carburante: Compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos, que tiene en su molécula un grupo hidroxilo (OH) enlazado a un átomo de carbono. Para los efectos de esta Resolución se entiende como alcohol carburante al Etanol Anhidro obtenido a partir de biomasa”. Esta definición recoge, tanto la letra como el espíritu de la ley y le sale al paso a ciertas pretensiones de utilizar como oxigenantes sustancias no biológicas. Así mismo, reconoce el carácter de servicio público al almacenamiento, manejo, transporte y distribución de alcoholes carburantes (Art.4).

El alcohol anhidro requerido para la oxigenación y mezcla, debe tener un contenido de agua inferior a 0,7% en volumen. Pero, según la Resolución 0447 de 2003 de MME-MMAVDT que regula la calidad de las gasolinas oxigenadas y establece las normas a la que debe ceñirse el uso de aditivos en las gasolinas en Colombia, la proporción no debe superar el 0,4%. La anterior condición permite producir un combustible con características bien definidas, apto para utilizarlo en automotores.

No deberíamos olvidar, en ese mismo encadenamiento, la desconocida Ley 697 de 2001, mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan

otras disposiciones. Donde se declara el uso racional y eficiente de la energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

La creación de nuevas oportunidades de trabajo y la generación de empleo son ventajas bastante reconocidas, asociadas a la promoción del uso de etanol como combustible que son frecuentemente utilizadas como argumentos para acciones de gobierno hacia este propósito. Efectivamente, por su carácter descentralizado, y por ocupar necesariamente extensas porciones de terreno para la producción de vectores bioenergéticos, la producción y procesamiento de biocombustibles como el etanol, demanda importante cantidad de mano de obra. Por supuesto que la generación de puestos de trabajo y la calidad de los empleos generados dependen directamente del padrón tecnológico en la agroindustria, pero es cierto que se necesita siempre mucha gente en los sistemas bioenergéticos⁽⁴⁾.

En resumen, hay suficiente arsenal legal que permite aprovechar de manera sostenible nuestros recursos naturales, a la par que se generan incentivos para emprender iniciativas de inversión, en el campo de los energéticos.

Conceptos básicos del Etanol

Los alcoholes son derivados de simples hidrocarburos (moléculas formadas por carbono e hidrógeno) y se caracterizan por tener un grupo oxidrilo (OH) unido a uno de los átomos de carbono. Su fórmula química es: CH₅OH. Es el más común de los alcoholes y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro volátil, inflamable, soluble en agua y de menor toxicidad. A pesar de que el etanol se ha utilizado mayoritariamente como base en la producción de bebidas alcohólicas, tales como cervezas, vinos, licores, entre otros, tiene además una serie de aplicaciones en la industria química, farmacéutica y automotriz.

El Etanol puede ser producido de cualquier material biológico que contenga apreciables cantidades de azúcar o materiales que pueden ser convertidos a azúcar tal como son los almidones y la celulosa⁽¹⁰⁾.

Conviene presentar algunas definiciones con el fin de dar claridad al amplio espectro de conceptos alrededor del programa de sustitución, veamos:

Gasolina. Es un hidrocarburo derivado del petróleo, utilizado como combustible en motores de combustión interna de encendido por chispa. Su calidad está definida por ciertas propiedades físicas, ligadas generalmente a su composición química. Comercialmente se utilizan, además, ciertos aditivos para mejorar algunas de sus propiedades.

Gasolina oxigenada. Es una mezcla de Gasolina con un compuesto que contiene oxígeno en su molécula, que mejora la combustión en los motores. A nivel mundial se han venido utilizando compuestos tipo eter (MTBE, ETBE, DIPE) y alcoholes (metanol, etanol). Los cuales ayudan a que se produzca una mejor y limpia combustión.

Biogasolina- Bioetanol (gasohol). Gasolina oxigenada con 10% de etanol (CH₅OH), proveniente de fuentes renovables: materias ricas en sacarosa (caña de azúcar, sorgo dulce, melaza); materias ricas en almidón como los cereales (maíz, trigo, cebada) y tubérculos (yuca, camote, papa, malanga, remolacha, etc.) o biomasa (celulosa).

Desde el punto de vista técnico, la caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas por su biomasa. Lo anterior se debe a que los azúcares que contiene se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables y además durante su procesamiento se genera el bagazo, que se usa como combustible en la producción de etanol. El principal inconveniente de la caña de azúcar son los costos de producción. Además, se requieren tierras fértiles para su cultivo, las cuales podrían ser destinadas a la producción de alimentos.

Por su parte, las materias ricas en almidón contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples por un proceso de conversión (sacarificación), lo que introduce un paso más en la producción, con el consiguiente aumento en los costos de capital y de operación. No obstante lo anterior, existen ciertos cultivos amiláceos como es el caso de la yuca, los cuales se pueden establecer con un mínimo de insumos y en tierras marginales en donde generalmente otras especies más exigentes no se desarrollan.

Finalmente, las materias primas ricas en celulosa son las

más abundantes; sin embargo, la complejidad de sus azúcares hace que la conversión de estos en carbohidratos fermentables sea una tarea difícil y poco rentable en la actualidad. Los procesos de hidrólisis ácida y enzimática de sustratos celulósicos se encuentran poco desarrollados a nivel industrial, pero se esperan avances importantes en los próximos años.

El principal atractivo de un programa de esta naturaleza estribaría en la reducción de las emisiones de CO₂, comparativamente con los combustibles fósiles, contribuyendo de paso al cumplimiento de los acuerdos de la Conferencia Internacional sobre Cambio Climático, celebrada en Kyoto, de la cual somos suscriptores comprometidos (Colombia ratificó el Protocolo de Kyoto-Ley 629/2001).

Cualquier iniciativa que pretenda seguirse en nuestro país al respecto, deberá necesariamente quedar enmarcada dentro del Balance de Energía Nacional que, por razones históricas y tecnológicas, ha favorecido la explotación de los hidrocarburos y la energía hidráulica, quedando rezagado el aprovechamiento de la biomasa vegetal, con sus amplias perspectivas a futuro.

Colombia, dada su ubicación geográfica y sus grandes extensiones agrícolas con vocación para el cultivo de la caña de azúcar (actualmente se cultivan cerca de 600.000 hectáreas con caña de azúcar y panelera), representa para este sector una posibilidad ilimitada, para producir Etanol para diversos fines, tanto energéticos como industriales.

Es obvio que las restricciones a la producción de mayores volúmenes de este producto de la caña han sido en orden de importancia: elevada carga impositiva, fluctuación de precios de las mieles en los mercados nacional y de exportación, contaminación ambiental por la producción de vinazas, importaciones de alcohol con franquicias arancelarias distintas (menor pago de impuestos) y una tecnología de fermentación atrasada, aunque se han realizado diversos estudios para promover la expansión de la industria sucroalcoholera. La crisis económica ha influido sin duda, además de otros factores asociados al precio de las materias primas en la contracción de la oferta actual.

El uso de alcoholes en los motores como una alternativa a la gasolina se propuso, y se realizó a gran escala, tras la crisis energética de principios de los años setenta (Brasil fue el país que más recursos dedicó); pero, pasada la euforia inicial, su uso decayó progresivamente. Hoy,

ante amplificado aumento del precio del petróleo, este carburante se utiliza no sólo como aditivo de la gasolina, sino como sustitutivo de ésta.

El etanol es el biocombustible más ampliamente utilizado hoy en día. Este se fabrica siguiendo un procedimiento similar al de la cerveza, en el que los almidones son convertidos en azúcares, los azúcares se convierten por fermentación en etanol, y luego este es destilado en su forma final.

Todos los fabricantes de automóviles, en general, aprueban el uso de ciertas proporciones de mezclas de etanol y gasolina. Dichas mezclas, se utilizan con éxito en todos los tipos de vehículos y máquinas que requieren gasolina, sean de dos o cuatro tiempos. A nivel internacional, el etanol es comprado comúnmente como una mezcla E10 en el cual participa 10% de etanol puro y 90% de gasolina, lo cual genera un incremento en el octanaje del producto, mejorando la calidad del aire proveniente de la combustión ⁽¹⁰⁾.

El uso intensivo del etanol puede ser motivado por su habilidad para sustituir a la gasolina o utilizarlo como componente oxigenante de la gasolina y antidetonante. Los alcoholes simples de bajo peso molecular como el metanol son incoloros, volátiles, líquidos, inflamables y solubles en agua. Cuando el peso molecular crece, el punto de ebullición, el punto de fusión y la viscosidad crecen y la solubilidad en agua decrece. Estas propiedades físicas pueden ser alteradas por la presencia de otro grupo funcional (es un átomo o grupo de átomos unidos entre sí y al resto de las moléculas de una determinada manera estructural).

En resumen, ¿por qué se oxigenan las gasolinas con el etanol? al mezclarse la gasolina con el etanol, se produce una combustión más limpia en los motores, disminuyendo así las emisiones de dióxido de carbono. El etanol sustituye, asimismo, al plomo en la gasolina en su papel de sustancia incrementadora del octanaje. El consumidor recibirá un combustible de mejor calidad.

Efectos de la adición de etanol

Son múltiples los estudios hasta ahora realizados para evaluar el efecto de la adición de un 10% de etanol anhidro a las gasolinas colombianas, en la búsqueda de

anticipar soluciones a potenciales problemas específicos, para el caso colombiano, como lo señala ICP ⁽⁵⁾:

- 1) Evaluación de la variación del Índice Anti Detonante (IAD), Presión de Vapor (RVP) y Tolerancia al agua de las gasolinas, cuando se adiciona 10% de etanol anhidro a la gasolina.
- 2) Evaluación del desempeño de aditivos detergente y marcador.
- 3) Evaluación de las mezclas gasolina-etanol anhidro en un motor de prueba con carburador.
- 4) Evaluación en vehículos de prueba (carburador e inyección) en Bogotá.
- 5) Evaluación de la variación de emisiones evaporativas (COV's) por variación de la presión de vapor (RVP).
- 6) Estudios de corrosión en acero al carbono AISI SAE 1010, mediante pruebas gravimétricas.

En algunos de estos estudios citados por Torres et al, se encontró que la adición de 10% en volumen de etanol a la gasolina genera una mejora en la calidad de los combustibles, no solo por la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, la cual ayuda a mejorar la combustión, sino porque se tienen reducciones de los contenidos de azufre, aromáticas y olefinas, básicamente por el efecto de dilución que se presenta con el etanol. El mismo estudio reportó que el “contenido de agua en las gasolinas base es menor al de las mezclas etanol- gasolina al 10% en volumen, ya que el etanol contiene 4.083 ppm de agua, y que puede haber absorbido otro porcentaje adicional del medio ambiente durante su preparación”⁽⁹⁾. En estas líneas están descritas partes de sus bondades y sus riesgos de contaminación con agua, producto que sería altamente perjudicial en el motor.

Así mismo, en pruebas realizadas por el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP) ⁽⁵⁾ se estableció que con la mezcla exigida ocurre lo siguiente:

Se registra un aumento de 2 a 3 unidades de Índice Antidetonante (IAD) para gasolina corriente o regular, es decir que el IAD pasa de 81 a 84. Para el caso de la gasolina extra, se registra un incremento de 87 a 89 en el IAD.

El incremento de octano se manifiesta en una mejor combustión, lo que conduce a un aumento de potencia de los vehículos entre 2% y 15%.

El rendimiento de combustible mejora entre 2% y 6% en la medida que los automotores se benefician del aumento de octanaje.

No se afecta el consumo de combustible de los automotores.

En conclusión, la factibilidad de utilizar el alcohol mezclado con gasolina en MCI, en la proporción señalada, está plenamente demostrada por investigaciones y experiencias. Y para esa adopción lo mejor sería realizar algunas modificaciones, que varían con el tipo y diseño del motor. Así mismo, corresponde continuar realizando cambios en la infraestructura de la industria de combustibles (producción, distribución, transporte y comercialización) y en la manufactura de los automóviles, para que el etanol pueda seguir siendo empleado ampliamente, dentro del sector autotransporte, dado que se compite con el GNC-GNV.

Hay también un límite mínimo en la cantidad de alcohol que es posible, en la práctica, añadir a la gasolina. Este límite está dado por la miscibilidad de ambos elementos, o dicho de otra manera, por la estabilidad de la mezcla; este varía de acuerdo a la utilización de alcohol anhidro y depende también de la temperatura ambiente y de la utilización de la gasolina corriente o extra o especial. En el caso del alcohol anhidro, la estabilidad de la mezcla se obtiene prácticamente con proporciones de alcohol desde 5% a temperaturas normales.

También, las experiencias de laboratorio indican que la presencia de un 0,4% de agua en la mezcla alcohol anhidro - gasolina dan lugar a un depósito acuoso. Este efecto se considera que no tiene importancia en el empleo del carburante en un automóvil, pero no debe subestimarse en las fases de distribución y almacenamiento previas a la comercialización. La avidéz higroscópica del alcohol anhidro puede motivar dicha incorporación de agua, particularmente en la manipulación previa a su mezcla con gasolina y desencadenar luego la separación de los componentes de la mezcla cuando ésta reposa en tanques. El alcohol anhidro se requiere debido a que existen datos que demuestran que el agua puede ocasionar separación de la fase gasolina-alcohol, que originaría problemas de fallas mecánicas de vehículos por gasificación en la bomba de gasolina. En todos los casos, la estabilidad de la mezcla puede reforzarse con estabilizantes adecuados tales como isopropanol, benceno y butanol normal.

Es importante observar que la adición de etanol a la gasolina, acelera los mecanismos de corrosión del acero, principalmente debido a la eventual presencia de agua en la mezcla y la presencia de ácidos orgánicos. Los problemas también pueden agravarse si se da una separación de fases del gasohol, produciendo una fase acuosa con algún contenido alcohólico, que tiende a ser más corrosiva que el propio gasohol. Por otra parte, la

corrosividad de mezclas de etanol y gasolina es directamente proporcional a la concentración alcohólica.

Para mezclas con hasta 10% de etanol, el impacto del gasohol sobre el desgaste de componentes metálicos está bastante estudiado y es considerada irrelevante, comparada con la gasolina normal. Ante esta evidencia la industria automotriz, con pocas excepciones, no presenta restricciones al uso de gasohol, con este porcentaje de etanol.

El etanol puede ser transportado por diversos medios, y normalmente se prepara la mezcla en las terminales de las distribuidoras. La selección del sistema de transporte debe tomar en cuenta las características de cada mercado y puede ser optimizado para reducir el costo total. De una manera general, las condiciones de transporte y almacenamiento del etanol y del gasohol no son esencialmente diferentes a los combustibles derivados de petróleo⁽⁴⁾.

En la Tabla 1 se encuentran algunas propiedades técnicas para los combustibles de gasolina, diesel y etanol.

Tabla 1. Propiedades de la gasolina, Diesel y etanol (6).

Parámetro	Gasolina	Diesel E	etanol
Fórmula química	C4-C12	C8-C20	C2H5OH
Peso molecular	100-105	200	46,07
Poder Calorífico (kJ/kg)	43000	46475,77	26700
Densidad (kg/litro)	0,72-0,78	0,81-0,89	0,792
Octanaje RON (Número Octano de Investigación)	88-98	No aplica	111
Octanaje MON (Número Octano de Motor)	80-88	No aplica	92
Número de Cetano	8-14	40-60	8
Calor latente de vaporización (kJ/kg)	330 - 400	232,4	842-930
Relación estequiométrica aire/combustible	14,7	14,5	9,0
Presión de vapor (kPa)	48-103	40-60	16
Calor específico (kJ/kg K)	2,010	1,8	2,386
Temperatura de auto ignición (°C)	220	316	420
Temperatura de congelación (°C)	-40	-37,22	-114
Temperatura de ebullición a temperatura atmosférica (°C)	240-360	27-225	78,5
Solubilidad en agua (% en volumen)	Despreciable	Despreciable	100

Rango de especificaciones futuras de la gasolina en el mundo

Cada día, ante las exigencias ambientales, se demanda por la producción de combustibles más limpios o menos contaminantes, como puede observarse en la Tabla 2, entre los cuales se incluyen las gasolinas.

Tabla 2. Calidad exigida a las gasolinas en un futuro cercano (5).

Octano IAD (RON+MON/2)	87 - 93
Azufre (ppm)	30 - 80
Aromáticos (% vol)	20 - 50
Benceno (% vol)	1- 3
Oxigenados (% wt O2) 3,5	2,7-
RVP (psi).	7 - 8
T 95 (°C)	< 170

Recomendaciones iniciales par el uso de la mezcla

Ante la creciente preocupación de los usuarios por el uso inmediato de una mezcla desconocida, conviene hacer las siguientes recomendaciones:

- Lavar tanque y limpiar líneas de conducción antes de la primera tanqueada.
 - Cambiar filtro de gasolina.
 - Sincronizar el motor después de la primera tanqueada.
- Igualmente resulta cierto, que las distintas proporciones de etanol en la gasolina definirán al combustible, y le darán características de funcionamiento diferentes y consecuentemente nuevas recomendaciones y cambios de componentes.

Beneficios ambientales por uso del etanol

Los oxigenantes de la gasolina automotor, como el etanol, se utilizan básicamente por dos motivos. El primero es racionalizar el consumo de energía, máxime si ésta proviene de fuentes no renovables; el segundo es preservar el medio ambiente sano. Los oxigenantes hacen más eficiente la conversión de energía térmica en energía mecánica y por tanto reducen el consumo de combustible. El uso del etanol en la gasolina tiene varios beneficios ambientales, entre los que destacan:

Reducción de monóxido de carbono (CO): Con el uso de 10% de etanol en la mezcla, se puede lograr una reducción de 25 a 30% en las emisiones de CO.

Reducción de dióxido de carbono (CO₂): aunque el dióxido de carbono es liberado cuando se quema el etanol, el uso del etanol en la gasolina puede resultar en una reducción neta de los niveles de dióxido de carbono atmos-

férico.

Fuente renovable: el etanol es un derivado de una fuente biológica renovable.

Ventajas del etanol:

- Mayor rendimiento total del motor.
- Mayor potencia del motor.
- Mayor torque del motor.
- Gases menos tóxicos.
- Combustión más completa.
- Mayor expansión molecular.
- Es un combustible líquido, y puede ser manejado tan fácilmente, como la gasolina y el diesel.
- Presenta un alto índice de octano (lo que permite usar motores con mayor relación de compresión. El alto octanaje favorece la combustión y evita problemas como el golpeteo.
- Produce menos dióxido de carbono que la gasolina al quemarse, pero el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.
- Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de la gasolina.
- Al tener una temperatura de autoignición mayor, el etanol resulta menos inflamable que la gasolina y el diesel.
- Tiene una presión de vapor inferior, resultando en menores emisiones evaporativas.
- Baja toxicidad. No produce compuestos de azufre.
- Al añadirse alcohol en determinadas proporciones, puede evitarse la adición de tetraetilo de plomo.
- La adición de alcohol a la gasolina coadyuva además a la limpieza de las bujías, impide o retarda la carbonización en la tapa de cilindros y contribuye a una duración mayor de los aceites.

Desventajas:

- Presenta dificultades de encendido, para puesta en marcha en frío y en climas fríos.
- Es alto el costo de obtención de cada litro de alcohol.
- Presenta problemas de corrosión de partes mecánicas y sellos.
- Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos.
- El poder calórico del alcohol por unidad de volumen es inferior al de la gasolina, de modo que, en principio, la adición del alcohol debiera restar autonomía y potencia al vehículo. Sin embargo, a raíz del mejor llenado de la cámara de combustión (por la menor temperatura de la mezcla) y gracias al contenido de oxígeno dentro de la molécula del alcohol, que permite una mejor combustión, se compensa en parte esta desventaja, hasta el punto de que una mezcla de alcohol y gasolina en determinadas proporciones tiene prácticamente la misma potencia y tiene el mismo desempeño que la gasolina.

Caña de azúcar y alcohol

La caña de azúcar resulta un excelente cultivo para producir energía por su elevado nivel de eficiencia en el proceso fotosintético, condición que lo ubica en la primera opción para la producción de etanol combustible ⁽²⁾.

Con la mezcla de solo 10% de etanol con la gasolina, se disminuyen en 27% las emisiones de monóxido de carbono en carros nuevos, 45% en carros típicos colombianos de 7-8 años de uso y 20% de hidrocarburos no quemados a nuestra atmósfera, con las positivas consecuencias para la salud humana y ambiental. Ese 10%, en volumen, de etanol en las gasolinas demandará 700 millones de litros al año, correspondientes a cultivos de caña de azúcar de 150 mil hectáreas, alrededor de las destilerías identificadas en Cundinamarca, Hoya del Río Suárez (Santander y Boyacá), Llanos Orientales y, en particular, en el Valle del Cauca, Cauca y Risaralda ⁽³⁾.

Una tonelada métrica de caña de azúcar cosechada, contiene alrededor de 145 kg de bagazo (fibra seca) y 138 kg de sacarosa (de la cual se puede extraer 112 kg de azúcar y 23 kg de miel de caña). Si la caña es procesada para alcohol, toda la sacarosa es usada, ofreciendo un rendimiento de 72 litros en promedio de etanol. La combustión del bagazo puede ser aprovechada para calor de destilación, secado y producción de 288 MJ

de electricidad (a través de calderas de baja presión y turbinas) de los cuales 180 MJ son usados por el proceso en si y 108 MJ pueden ser usados en otras aplicaciones ⁽⁶⁾.

Los costos de producción del alcohol a partir de la caña de azúcar se calculan entre de 27 y 30 centavos de dólar el litro. Teniendo en cuenta que el alcohol carburante no paga los impuestos de la gasolina, las inversiones son rentables tanto para el productor de la caña como para el inversionista en la agroindustria. Las tasas de retorno en dólares están por encima del 20%, lo que hace atractivos los proyectos para atraer inversionistas tanto nacionales como extranjeros. Estas rentabilidades se logran sin incrementar el costo del combustible al consumidor final.

Por más que existan grandes expectativas con respecto a la existencia de reservas de hidrocarburos en el suelo colombiano, es preciso contar con la posibilidad de que, en unas pocas décadas, el país consuma todo su petróleo. Esta consideración hace que sea aconsejable seguir con atención la experiencia de Brasil, que procura sustituir el petróleo por otros combustibles. Con el optimismo por la reactivación de nuestra economía, el país incrementará su consumo de recursos fósiles, productos de elevado costo en el mercado internacional, que en un futuro cercano podrían consumir nuestras divisas, de no encontrarse nuevos yacimientos.

Procesos de producción de azúcar y alcohol

Como ya se mencionó, se produce el alcohol etanol de la biomasa a través de un proceso de fermentación. La materia prima por excelencia es la caña de azúcar, pero también se usa, en países como Estados Unidos, el maíz, mientras que en el centro y norte de Europa, la remolacha. La yuca, en menor escala, se emplea en países tropicales. En Colombia se ha experimentado también con el banano. Los científicos estiman que en menos de diez años, todo el material verde de los campos así como los desechos agrícolas y la materia orgánica de las basuras, por un proceso llamado de hidrólisis de la celulosa, enzimática y ácida, se transformará en etanol ⁽³⁾.

La producción de combustibles a partir de materiales vegetales (energía renovable) es el proceso básico del ciclo del carbono en la naturaleza, a saber: las plantas toman el agua y el CO₂ de la atmósfera y con la luz solar los transforman en carbohidratos (azúcares, almidones y

celulosas) mediante el proceso conocido como fotosíntesis. Luego, por fermentación, las levaduras transforman los azúcares en alcohol y CO₂. La combustión del alcohol produce CO₂ y agua que vuelven a la atmósfera para iniciar de nuevo el proceso.

Para obtener el biocombustible y satisfacer la necesidad de producción en una planta de 300.000 litros diarios se deben cortar 4.000 toneladas de caña de azúcar diarias, las cuales son transportadas a la destilería. Allí en los trapiches se hace la molienda de caña, que consiste en extraer de los tallos por un lado jugo, y por otro bagazo. El proceso de la extracción de etanol a partir de caña de azúcar consta de las siguientes etapas (3):

1. Molienda: la caña recolectada se desmenuza en un molino.
2. Extracción del azúcar: se produce en una contra corriente de agua cálida. Los sólidos extraídos (bagazo) con menos de un 0,5% de azúcar son exprimidos para secarlos y sacar el máximo de solución azucarada. El

bagazo seco sirve como combustible para la planta, produciéndose energía para la molienda.

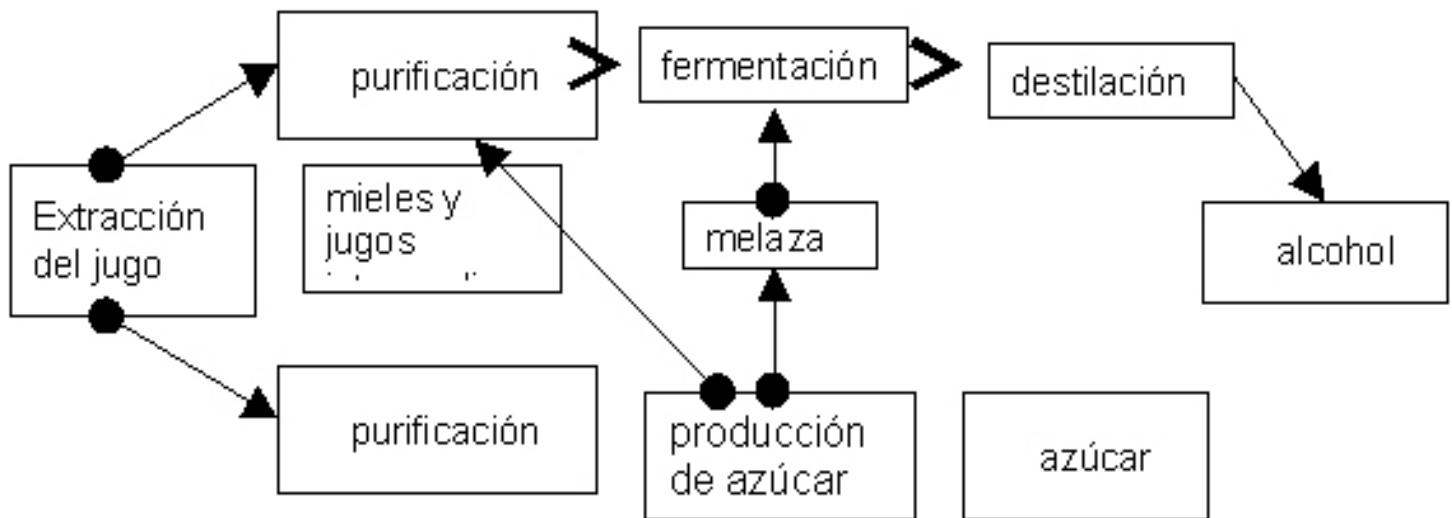
3. Producción de azúcar bruto: el licor se concentra en evaporadores y el azúcar cristalino es separado en centrifugadores. Este proceso se repite varias veces.

4. Fermentación de melaza: el residuo líquido de la producción de azúcar (melaza) contiene un 50% de azúcar y un 50% de materia mineral, se mezcla con levadura recogiendo un 6 a 7 % de etanol. El residuo de la fermentación contiene esencialmente levadura y minerales que pueden ser utilizados como fertilizantes.

5. Destilación: la mezcla fermentada con un 10% de etanol, es destilada en un sistema de columnas múltiples donde se recoge el etanol con una pureza del 96%.

6. Desnaturalización: el etanol producido para carburante de automoción no puede ser consumido como bebida. Dicho proceso de transformación puede observarse en la Figura 1.

Figura 1. Producción de azúcar y alcohol



En la Tabla 3 se presenta la capacidad de conversión de varios productos vegetales, donde la caña de azúcar tiene el más alto rendimiento de etanol por tonelada pero, igualmente, tiene un alto rendimiento agrícola (admitiendo una producción promedio en biomasa de 120 ton/ha, típica del Valle del Cauca). Obsérvese en la Tabla 4, que supera ampliamente a todos los otros cultivos en la relación “energía generada / energía consumida”⁽⁸⁾.

Tabla 3. Conversión de alcohol

Cultivo	Rendimiento (l/ha/año)	Rendimiento (ton/ ha)	Costo estimado del barril (US \$)
Caña de azúcar	9.000	100	45
Yuca	4.500	25	
Remolacha	5.000		100
Sorgo dulce	1.189		
Celulosa			305
Maíz	3.200	10	83
Palma	5.550		
Cocotero	4.200		
Higuerilla	2.600		
Aguacate	2.460		
Jatropha	1.559		43
Colza	1.100		
Maní	990		
Soya	840		122
Colza			125
Trigo			125
Girasol	890		
Petróleo			70-80

Tabla 4. Relación: energía generada / energía consumida (8).

	Generación y uso de energía kcal / ton)				
	Caña	Maíz	Yuca	Sorgo dulce	Remolacha
Inputs:					
Sector agricultura	141995	570234	393013	71641	295522
Sector industrial	8707	1478557	574888	340281	156914
Subtotal	50702	2048791	967901	411922	452436
Outputs					
Etanol	489300	2109994	995400	77400	1106000
Subproductos	78600	399011	136134	107367	214171
Subtotal	567900	2509005	1131534	881567	1320171
Outputs / inputs	11,2	1,2	1,2	2,1	2,9

Conclusiones

Los estudios evidencian que no existen mayores dificultades técnicas y de desempeño de los motores de combustión interna, que utilizan la mezcla actual y la proyectada, de hasta un 20 % de bioetanol, en modelos posteriores a 1990.

Colombia tiene suficiente disponibilidad de tierras para el cultivo de los biocombustibles, puesto que, por ejemplo en Colombia, de 18 millones de hectáreas hábiles para la agricultura, sólo usamos 4,5 millones actualmente y el resto está ocupada en ganadería extensiva.

El carácter no renovable de los combustibles fósiles y la alta participación del sector transporte en el consumo total de energía primaria y en la contaminación atmosférica, se han convertido en la fuerza jalonadora que viene impulsando la investigación sobre fuentes alternas para vehículos, especialmente aquellas fuentes derivadas de la biomasa.

Colombia sustenta productividades altas en la producción de azúcar a partir de caña, pero dicha actividad se ha concentrado en modelos agroindustriales, en donde la producción está concentrada en pocas empresas pertenecientes a grupos económicos de reconocida

trayectoria. A pesar de ello, este modelo ha permitido sustentar parcialmente la actual demanda de alcohol carburante.

Los conceptos de biocombustible, cultivo energético y biocarburante vienen ganando importancia, cada día con más fuerza, en las políticas agrarias y energéticas, tanto de países industrializados, como en vías de desarrollo.

Con la sociedad sensibilizada ante los peligros del cambio climático, la búsqueda de un combustible que sustituya al petróleo y que, de paso, ayude a reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera se ha convertido en un desafío para las grandes industrias.

Indudablemente, existe un marco normativo y regulatorio que estimula la inversión en bioenergía o en el agronegocio, que ha incentivado la producción de alcohol carburante.

La competitividad de la bioenergía está asociada al costo del petróleo, si su valor conserva las tendencias actuales, habrá opción para ellas.

El debate por los biocombustibles probablemente pasará de preguntarse si son buenos o malos a debatir cómo asegurar que su producción continúe aumentando, sin causar un desastre económico y ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. Congreso de la República. Ley 788 de 2002.
2. Corporación para el desarrollo industrial de la Biotecnología y producción limpia (CORPODIB): Se despeja el camino para los alcoholes carburantes en Colombia. Available: http://www.corpodib.com/noticias_espanol.htm [Citado Septiembre 15 de 2005].
3. Federación Nacional biocombustibles ABC de los alcoholes carburantes. Available:<http://www.minminas.gov.co/minminas/pagesweb.nsf/1d62b9002ce4e1df05256def0072493e/6ac90c0c61c39de005257005004e2edc?OpenDocument> [Citado 10 de Agosto 2005].
4. Horta Noguera, Luis Augusto. Perspectiva de un programa de biocombustibles en América Central. CEPAL. Proyecto uso sustentable de hidrocarburos. Convenio CEPAL/República Federal Alemana (Original Español). 2004, 38 p.
5. Instituto Colombiano de Petróleo (ICP). Efecto del etanol sobre las propiedades físico-químicas de las gasolinas colombianas y desempeño en motores y vehículos. Programa de Oxigenación de gasolinas con metanol anhidro. 2005.

6. Klass, Donald I. Biomass for renewable Energy, Fuels and Chemicals. New York: Academic Press, 1998, p 391-392.
7. Ministerio de Minas y Energía. Resolución No. 180687 de junio 17 de 2003, Ley 693 de 2001. Bogotá. D.C: El Ministerio, 2003.11 p.
8. Ochoa Martínez, Iván y Miranda Herazo Greys. Bioetanol: Alcohol carburante. http://www.fedebiocombustibles.com/docs/BIOETANOL%20PPT_.pdf (citado el 16 de Octubre de 2008)
9. Torres, Jaime; Molina, Daniel; Pinto, Carlos y Rueda, Fernando. Estudio de la mezcla de gasolina con 10% de etanol anhidro. Evaluación de propiedades fisicoquímicas. En: Ciencia, Tecnología y Futuro, Vol. 2, no. 3 (2002), pp. 80-82.
10. US Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy. Available: http://www.eere.energy.gov/afdc/altfuel/whatis_eth.html [Citado 5 de Octubre 2005].

**Trabajamos
por el bienestar
de la fauna
silvestre**

Área Metropolitana del Valle de Aburrá 385 60 00 Línea Verde 018000414123

CAVI
Centro de Atención y Valoración de Fauna Silvestre

Un proyecto de

Area
METROPOLITANA
del Valle de Aburrá
www.metropol.gov.co

Administra

CES
UNIVERSIDAD CES
Un Compromiso con la Excelencia
www.ces.edu.co

CIFFA