

# GASOHOL: UN COMBUSTIBLE LIMPIO PARA COLOMBIA

Aquiles Ocampo González\*

## RESUMEN

Se describe un estudio sobre las posibilidades reales que tiene Colombia de establecer un programa masivo para utilizar mezclas de etanol y gasolina como combustible automotor. Teniendo en cuenta que la materia prima mas probable deberá ser la caña de azúcar, se discuten los efectos ambientales, socioeconómicos y técnicos de dicho programa.

## ABSTRACT

A study concerning the real possibilities of establishing in Colombia a broad program about the use of ethanol and gasoline mixtures as an automotive fuel is described. Based in the use of sugar cane as the raw material, environmental, socioeconomical and technical effects are discussed.

**Keywords:** gasohol, ethanol adsorption, water adsorption

## 1. INTRODUCCIÓN

Los motores de combustión interna de los vehículos están actualmente acondicionados para operar con gasolina. Sin embargo, dado que los primeros automóviles que se diseñaron podían funcionar tanto con alcohol como con gasolina, durante las épocas más críticas de la economía mundial los gobiernos han incentivado el uso del etanol, tanto en mezclas como puro, con miras a garantizar el suministro de combustible.

La incertidumbre en los precios del petróleo llevó en los años setentas a que algunos países, especialmente Brasil, emprendieran programas nacionales de sustitución parcial de la gasolina por fuentes energéticas renovables. El etanol, que había sido utilizado originalmente por los inventores de los vehículos, regresó como un posible sustituto de la gasolina, aprovechando tanto sus ventajas técnicas como aditivo de la gasolina como sus ventajas socioeconómicas en favor de las regiones agrícolas.

---

\* Ph. D. Profesor Escuela de Ingeniería de Antioquia Investigador. Universidad de Antioquia.  
E-Mail aocampo@jaibana.udea.edu.co

El alcohol para combustibles se obtiene principalmente a partir de la caña de azúcar, aunque existe una diversidad de estudios que demuestran que es viable obtenerlo a partir de materiales almidonáceos como el maíz, sorgo, yuca y papa y de materiales celulósicos, derivados de la madera y de desechos orgánicos. El proceso que parte del jugo de caña consiste en la fermentación y posterior destilación. Los procesos que parten del almidón y de la celulosa requieren tratamientos previos más complejos para obtener azúcares por hidrólisis enzimática, antes de realizar los procesos de fermentación y destilación.

El uso casi continuo que ha tenido el alcohol como carburante ha permitido descubrir sus excelentes propiedades favorables al ambiente y algunas propiedades técnicas que permiten recomendar su uso a pesar de que el precio del alcohol sea significativamente mayor que el de la gasolina.

## 2. GASOHOL

Los alcoholes generalmente utilizados en mezclas con gasolina son el metanol y el etanol. Aunque ambos disminuyen las emisiones de monóxido de carbono y nitrógeno, el metanol presenta algunos riesgos ambientales por lo que se usa con más frecuencia el etanol.

Los estudios que se han realizado (1,15) demuestran que el etanol aumenta notoriamente el octanaje de la gasolina; por ejemplo, al agregarle 10% en volumen de etanol se aumenta el octanaje de una gasolina corriente en alrededor de 4 puntos. Esto es importante tenerlo en cuenta para que en un estudio de costos no se compare el costo del etanol con el de la gasolina corriente sino con el de la gasolina extra.

Se ha encontrado que es menor el consumo de combustible que el de la gasolina corriente. Esto es debido a que el etanol al evaporarse contribuye a una mejora en la eficiencia volumétrica, especialmente en dos aspectos: por una parte, por ser sus moléculas más pequeñas que las de la

gasolina, permiten la entrada a los cilindros del motor de una mayor cantidad de aire y carburante, y por otra, su evaporación también disminuye la temperatura de los cilindros, disminuyendo así las pérdidas energéticas. Estos efectos contrarrestan el de menor calor de combustión del etanol que la gasolina, dando como balance un mejor rendimiento del gasohol.

Las mezclas etanol gasolina poseen una baja tolerancia al agua. Esta tolerancia aumenta al incrementar el porcentaje de etanol y disminuye al disminuir la temperatura. Cuando se sobrepasa la tolerancia se forman dos fases inmiscibles. Esto obliga al uso de alcohol anhidro y preferiblemente a agregar aditivos como el butanol que hagan las mezclas más estables.

Los estudios que se han realizado (15) demuestran que el gasohol aventaja la gasolina corriente en aspectos tales como eficiencia, consumo, torque y potencia máxima. También se ha encontrado que, si las partes mecánicas son fabricadas bajo estándares de calidad, la durabilidad y el funcionamiento no se alteran. Sin embargo, se prevén dificultades especialmente en el período de cambio de gasolina a gasohol debido a la remoción de sedimentos y gomas depositados en el tanque de gasolina, pero esto se evita con un lavado previo con alcohol.

## 3. MATERIAS PRIMAS

La definición de la materia prima básica adecuada para la producción de etanol sólo podrá realizarse una vez se lleven a cabo los correspondientes estudios de prefactibilidad económica. La ubicación tropical del país y la experiencia disponible en tecnologías de caña de azúcar la sitúan como la opción más segura para emprender un programa masivo de obtención de alcohol. El uso de materiales celulósicos y almidonáceos requiere de tratamientos enzimáticos a elevadas temperaturas que permitan la obtención de azúcares que luego se someten a los mismos procesos de fermentación y destilación que el azúcar de caña. Esto aumenta los costos de producción

y hace de esta metodología una opción que requerirá estudios posteriores tanto técnicos como económicos.

La tecnología de la caña de azúcar exige de intensas mejoras. Navarro, 1986, hace un planteamiento donde enfatiza que un alto porcentaje de los costos de producción de alcohol (entre el 70 y el 80%) depende de la materia prima agrícola. En el caso particular de la caña de azúcar será necesario adecuar tecnologías que eleven el rendimiento por hectárea, procesos que mejoren los niveles de extracción del jugo y el empleo de variedades de caña de un ciclo más rápido de crecimiento. Algunos estudios (Domínguez, 1986) afirman que sería posible llegar a niveles de producción de 19.000 litros de etanol por hectárea y por año, lo cual haría necesario un aumento de cerca de tres veces el promedio de producción en Colombia.

La producción de etanol a partir de otras fuentes también debe tenerse en cuenta. En Estados Unidos la producción de etanol para uso como carburante se realiza a partir del maíz (Wyman, 1974) pero los costos son comparativamente muy superiores a los costos de producción a partir del jugo de caña. Algo similar podría ocurrir en nuestro medio si se usaran otros compuestos almidonáceos como la yuca y la papa. Sin embargo, no se puede desconocer que la biotecnología ha obtenido grandes progresos y que el desarrollo de nuevos procesos como la sacarificación y fermentación simultánea (SSF), descrita por Wyman, 1994, podrían permitir hacerlos competitivos con la caña de azúcar.

#### 4. EFECTOS AMBIENTALES

El etanol es un combustible más limpio que la gasolina. Los estudios realizados por la General Motors en 1973 y 1974 (Gromet, 1979) revelan que la adición de 10% de etanol a la gasolina reduce el nivel de óxidos de nitrógeno en un 22%, el de monóxido de carbono en un 50% y el de hidrocarburos en un 3%.

El etanol tiene la desventaja de que produce emisiones de aldehídos a la atmósfera, y aunque las cantidades son pequeñas y no son nocivas para los seres vivos, sí causan olores desagradables. La emisión de aldehídos puede disminuirse por ajustes en la relación de compresión del motor.

Uno de los problemas relacionados con la producción de alcohol es la disposición de las vinazas, material de residuo en la destilación del alcohol. Las vinazas contienen aproximadamente 5% de materia orgánica, 1.5% de minerales, 0.015% de nitrógeno, 0.044% de calcio, 0.013% de magnesio y 0.17% de potasio. Su elevado contenido de nutrientes, contribuye a aumentar la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua y es un contaminante difícil de tratar, pues provoca olores desagradables y aumenta la producción de insectos. Un uso masivo que se le ha dado en Brasil a las vinazas es como fertilizante directo a los mismos terrenos de cultivo de caña, aunque esto presenta también algunos problemas ambientales relacionados con la proliferación de insectos.

#### 5. EFECTOS SOCIOECONÓMICOS

El consumo estimado del etanol cuando se use en mezclas con gasolina se estima del orden de 20.000 barriles de etanol por día. Navarro, 1986, afirma que esto implicaría la generación de unos 100.000 empleos directos en sitios cercanos a los productores de caña, por lo que se tendrían cerca de 30 destilerías en regiones rurales con el correspondiente progreso económico y técnico por el montaje y operación de estas plantas.

La dedicación de cerca de 450.000 hectáreas que serían necesarias para el cultivo de la caña con fines energéticos no afecta las tierras dedicadas a la agricultura, ya que de las 20 millones de hectáreas que se estima que son aptas, solo el 2.25 % serían destinadas a fines energéticos. Para algunas regiones rurales apartadas podría ser más económico el uso del etanol que la misma gasolina por lo que sus vehículos serían diseñados

para trabajar con mezclas más ricas en alcohol y aun con etanol puro.

Las zonas agrícolas obtendrían cuantiosos beneficios si se implementara el uso masivo de alcohol como carburante. La generación de empleo mejoraría las condiciones de vida de la población rural, contribuiría a disminuir los graves problemas sociales que afronta el campo y desestimularía la violencia y la inseguridad social. Para mantener vigente la producción alimentaria se podrán intercalar con la caña de azúcar cultivos como el girasol, el frijol, el maíz y la soya.

La utilización de métodos de obtención de etanol anhidro con menos consumo energético podría conducir a que el bagazo de la caña pueda ser utilizado para suministrar energía eléctrica barata a las regiones productoras de caña. Por otra parte, la obtención de un alcohol más barato dará vía libre al desarrollo de la alcoquímica, especialmente dirigida a la preparación de compuestos químicos como ácido acético, pentaeritritol, acetatos de etilo y butilo y otros productos que el país importa.

Las levaduras, subproductos de la industria del alcohol, podrían ser utilizadas como alimento de animales, diversificando así el panorama alimenticio en el campo colombiano.

## 6. PERSPECTIVAS TÉCNICAS

La vía de obtención de alcohol a partir de la caña de azúcar continuará por mucho tiempo siendo en nuestro medio la alternativa más rentable. En Colombia se dispone de una tecnología adecuada para obtener alcohol para licores y para uso industrial.

Sin embargo, se espera un creciente uso del etanol como aditivo para la gasolina, especialmente a partir del año 2001 cuando las gasolinas deberán tener componentes oxigenados para disminuir las emisiones ambientales provenientes de los vehículos automotores. Lo anterior está

consignado en la resolución No. 898 de agosto 23 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente.

Se ha comprobado que el etanol anhidro, usado en mezclas hasta 20%, no exige ninguna modificación sustancial a los motores de gasolina, aunque sí mejora el octanaje y la eficiencia de la gasolina. Se justifica, entonces, estudiar diferentes vías para su producción en el país a precios que puedan ser competitivos con otras fuentes de componentes oxigenados tales como el metil terbutil éter (MTBE) o el etil terbutil éter (ETBE). Estos últimos dos productos no se producen en el país y sería necesaria su importación.

Según datos obtenidos por la Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología, el consumo de gasolina en el año 2001 será de 158000 barriles por día, los cuales deberán contener un mínimo de 2% por peso de oxígeno. También obtienen que el precio máximo permisible para el etanol será de US\$ 1.60/galón para ser competitivo con el precio del MTBE, que es de US \$ 1.15/galón, precio equivalente por tener éste menor contenido de oxígeno que el etanol. Un estudio realizado por el Ingenio Vegachí, con asesoría de Fedepanela, concluye que el etanol se podrá producir a US \$ 0.58/ Kg, o lo que es equivalente a US \$ 1.74/galón. Por ser este valor tan cercano al máximo permisible, se justifica explorar nuevas rutas tanto para el proceso fermentativo como para el de deshidratación con el objeto de disminuir los costos de producción.

Los procesos que utilizan hidrólisis de almidones y celulosas para producir alcohol no son por el momento competitivos con los procesos a partir de la caña de azúcar (17,24). Por esta razón se deberá dar más énfasis a la optimización de los procesos fermentativos y de deshidratación. Para el efecto ya existen estudios que proponen nuevas especies de levadura (5, 12, 26) y otros que han obtenido resultados interesantes con levaduras inmovilizadas (11, 13 y 19). En cuanto a la deshidratación es recomendable basarse en dos aspectos: a) En resultados (2, 6, 7, 8, 21, 23) que realizan la remoción continua del alcohol en los

procesos de fermentación y b) métodos de adsorción del agua (4, 7 y 22) para deshidratar el alcohol obtenido.

En Colombia existe experiencia investigativa en alcohol como carburante. Estudios realizados en Ecopetrol (1984 y 1986) plantean que para una mezcla de 20 % por volumen de alcohol en gasolina para el año 1990 requeriría la producción de 3.4 Mlt / día de alcohol, y que esto demandaría 450.000 hectáreas de caña cultivada si se alcanzara un rendimiento de 60 ton/ha de caña y una producción de 70 lt alcohol/ton caña. También se señala en estos estudios que el precio final del alcohol depende en un 70 a 80 % del costo de la materia prima. El programa planteado incorporaría a la economía 450.000 has y generaría 100.000 empleos directos en la actividad agrícola.

En la Universidad de Antioquia y en la Universidad Industrial de Santander se realizaron estudios de caracterización fisicoquímica de las mezclas combustibles y la evaluación del comportamiento de dichas mezclas en motores sometidos a diferentes condiciones ambientales. Estos estudios demostraron que es posible utilizar mezclas hasta de 20% de alcohol anhidro y que se obtiene una superioridad del gasohol sobre las gasolinas corrientes en aspectos como eficiencia, consumo, torque y potencia máxima.

En la Universidad de Antioquia se han realizado algunos estudios preliminares sobre deshidratación de etanol, tanto en fase líquida (16) como en fase vapor. También se ha trabajado en la preparación de la mayoría de las mallas moleculares utilizando como materia prima sales solubles ob-

tenidas a partir de materiales producidos localmente y de arcilla.(18).

Dado el elevado precio relativo que tiene la materia prima que se utilice en la producción de etanol, un programa nacional de alcohol para uso como carburante exige mejorar las eficiencias de producción y de procesamiento de la caña. Navarro, 1986, plantea la posibilidad de elevar la producción de caña hasta cerca de 65 toneladas por hectárea, mejorar la extracción del jugo hasta en un 90%, y encontrar variedades de caña que reduzcan el período de corte a un año. También se necesita estimular estudios para obtener rutas mas económicas para obtener el alcohol anhidro. Uno de los sistemas que podría dar buenos resultados sería la utilización de las propiedades adsorbentes que tienen las mallas moleculares ; este proceso disminuiría los requerimientos energéticos y permitirían el uso del bagazo de la caña en la generación de energía.

La obtención del alcohol combustible a partir de desechos orgánicos no puede descartarse y deberán realizarse estudios tanto de investigación como de evaluación económica para identificar las condiciones en que los costos de procesamiento puedan ser competitivos con los del jugo de caña.

## RECONOCIMIENTO

Este proyecto ha sido elaborado con el auspicio de Fedepanela – Antioquia y de la Escuela de Ingeniería de Antioquia.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARAUJO, A. y TORRES, C. "Investigaciones realizadas en Colombia sobre la producción de alcohol carburante"; (1986), Comité Nacional de Sucroindustria, Producción de Alcohol Carburante en Colombia.
- BUL, S; VERYKLOS, X y Mutharasan, R. "In situ removal of ethanol from fermentation broths". *Ind. Eng. Chem.Proc.Des.Dev.*; (1985) 24,4 pp 1209-1213
- BURFIELD, D.R, et al. "Dissicant efficiency in solvent and reagent dryng"J. *Chem. Technol. Bioechnol-*, (1984) 34<sup>a</sup>, 4, pp 187-194
- CRAWSHAW, I.P. y HILLS, J.H. "Sorpton of ethanol and water by starchy materials *Ind. Eng. Chem.Res* (1990) 29, 2 pp 307 - 309.
- ERNANDEZ, J.R. et al. "Isolation of new ethanol tolerant yeast for fuel ethanol". *Production from sucrosa, Biotechnol, lett;*; (1990) 12, 6, pp 463 - 68
- FISHER, H. *Integrated bio-alcohol plant*"DECHEMA - Monogr. 91984) 95, *Biotechnol.* 83 pp. 195-209
- Georgia Tech. Res. "Continuous production of fuel grade ethanol". Patente US-US 5125902; 01, 06 93.
- Georgia Tech. Res. "Continuous process of fuel grade alcohol production", Patente US-US 5036005;30,07,91.
- GROMER, C. "Combustibles : Es el gasohol la solución ?". *Automóvil Internacional*. Sept. 1979 ; pp 22-46.
- GROSE, R.W y Flonigen,E.M. "Cristalline Silica" Patente US-US 4,061,724 ; 06,12,77.
- JONES, KW. "Case studies of unique problems and events encountered during design construction and operation of three large commercial scale fuel ethanol plants"Energy - Biomass- Wastes; (1984) 8 Symp., pp 1199 - 1221.
- LYONS, T.P. "Industrial uses of yeast in the production of fuel ethanol" *Dev, Ind. Microb;* (1984) 25, pp 231-243
- NAN, L y Ma, J. "Research on swett sorghum and its synthetic applications" *Biomass;* (1989) 20, 1-2 pp 129-139.
- NAVARRO, A. "Ideas sobre la producción de alcohol en Colombia"; (1986), Comité Nacional de Sucroindustria, Producción de Alcohol Carburante en Colombia.

- OCAMPO, A. "Programa de alcoindustria de la Universidad de Antioquia"; (1986), Comité Nacional de Sucroindustria, Producción de Alcohol Carburante en Colombia.
- OCAMPO, A. y otros. "Uso de zeolitas en la separación de sistemas ternarios"; Congreso de Ingeniería Química, agosto 1993.
- QUADRAGO, A y Tumati, P. "Economics of ethanol fuel production in small farms" ASME, PD v 2, NY, USA, pp 55-60
- SALDARRIAGA, C y otros. "Síntesis de mallas Moleculares"; Química actualidad y futuro, vol. 5, n, Universidad de Antioquia, 1995.
- SANG, S. L. "Energy in sugar cane and its bioconversion" FFTC-Book series (1985) 28, Atern. Sources Energ. Agr, pp 257 - 269
- SARG, D.R, Ausikaitis, J.P. "Molecular Sieve Dehydration cycle for High Water Content Streams". Chem. Eng. Prog. (1983). 79 (4), pp 60-65.
- TEDDER, D.W."Ethanol recovery from low grade beers by solvent extraction", S. Biomass-Energy Res, (1985) 3 Meet. Biomass Energ. Develop.,p 653.
- TEO, W.K. y Ti, H.C. "Liquid phase dehydration of ethanol solutions" Appl. Biochem. Biotechnol, (1990) 24 (25) pp 521-532.
- Univ. Little Rock-Ankansas. "Extraction of Ethanol from fermentation broth" Patente US-US 5110319; 05,05,92.
- VON-SIVERS, M. et al. "Cost analysis of ethanol production from willow using recombinant Escherichia coli", Biotechnol prog; (1995) 10, 5, p.p 555-560
- WEBER, T.W. y Chakravorti, R.K. "Pore and Solid Diffusion Models for Fixed-Bed Adsorbers"; (1974), AICHE J, 20(2), pp 228-237
- WHITNEY, G.K. et al. "Potential cost saving for fuel ethanol production by employing a novel hybrid yeast strain". Biotechnol Lett; (1985) 7, 5, 349-354.