

# Incidencias Económicas del Etanol como Biocombustible en Colombia sobre los Derivados de la Caña de Azúcar: Una Aproximación con Dinámica de Sistemas

## Economic Incidences of Ethanol as Biofuel in Colombia over the Sugar Cane Products: A System Dynamics Approach

Santiago Arango A., PhD., Alina X. Torres F., Ing.  
Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín  
saarango@unalmed.edu.co, axtorres@unalmed.edu.co

Recibido para revisión 25 de Abril de 2008, Aceptado 19 de Mayo de 2008, Versión final 28 de Mayo de 2008

**Resumen**— En la presente propuesta se busca evaluar los potenciales efectos que representa para la Economía Colombiana, especialmente en el mercado de los derivados de la caña de azúcar, la introducción de nuevas políticas nacionales referentes a los biocombustibles que se obtienen a partir del Etanol derivado de la caña de azúcar. Se tendrá en cuenta factores tales como el comportamiento de los precios del azúcar, la variación del número de hectáreas dedicadas al cultivo de la caña y la conducta a nivel externo e interno del mercado de otros derivados de la misma. La evaluación se realizará por medio de un modelo en dinámica de sistemas.

**Palabras Claves:** Biocombustible, Etanol, Dinámica de Sistemas, Azúcar.

**Abstrac**—In the present proposal one looks for evaluating the potential effects that represent for the Colombian Economy, specially in the market of the derivatives of the sugar cane, the introduction of new national policies referring to the biocombustibles that are obtained from the Ethanol derived from the sugar cane. One will consider factors such as the behavior of the prices of the sugar, the variation of the number of hectares dedicated to the culture of the cane and the conduct at external and internal level of the market of other derivatives of the same one. The evaluation will be made by means of a model in dynamics of systems.

**Keywords:** Biofuel, Ethanol, System Dynamics, Sugar.

### I INTRODUCCIÓN

Dentro del desarrollo de nuestras sociedades, los combustibles fósiles han tenido un papel fundamental. Su demanda a nivel mundial viene creciendo de forma significativa hace varios años, como consecuencia del estilo de vida de los países desarrollados.

Este tipo de combustibles son recursos No Renovables y como consecuencia de esto se presenta actualmente una escasez de los

misimos. Por tal motivo, se ha despertado un interés global por la búsqueda de alternativas energéticas que suplan la progresiva demanda [2].

Una eventual fuente de energía es la biomasa (abreviatura de masa biológica), que supone la obtención de combustibles desde fuentes vivas. El Alcohol Etilico, más conocido como Etanol, es uno de estos combustibles, el cual es producido a partir de los azúcares que se encuentran en variados productos vegetales (cereales, caña de azúcar, remolacha, maíz o trigo), donde la caña de azúcar es una de las principales fuentes de la que se extrae hoy en día.

El uso del Etanol como combustible, contribuye a reducir la contaminación ya que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> al reemplazar por éste un porcentaje de la gasolina que utilizan los automotores.

Con una mezcla de Etanol/Gasolina, en la cual del 10% al 25% corresponda al Etanol, se logra un índice de octano entre 70 y 75, mayor que el de la gasolina sin mezclar. Este tipo de mezclas permite aumentar la compresión en el motor, dan un funcionamiento más regular, su recalentamiento es menor y por lo tanto se puede utilizar a un mayor número de revoluciones [4].

Una de las consecuencias directas de la producción y uso del Etanol como biocombustible, es la disminución de la dependencia del petróleo como fuente de energía. Diferentes gobiernos han iniciado la búsqueda de alternativas que les permita de una parte, romper la hegemonía en el uso de combustibles fósiles y de otra, contribuir a la conservación del medio ambiente, razón por la cual están impulsando el consumo de biocombustibles, estableciéndose de metas a distintos plazos.

Sin embargo, los países industrializados que tienen en su haber los más altos porcentajes de consumo de combustibles

a nivel mundial, coincidentalmente no poseen las tierras propicias en calidad y extensión, para la producción requerida de biocombustibles que satisfaga las necesidades de la gran demanda energética. Como respuesta a esta situación, se han planteado la posibilidad de importarlos de países en vías de desarrollo, a la par que han venido incentivándolos a su producción, aprovechando el hecho de que éstos tienen grandes extensiones de tierras aptas para el cultivo, y que esto les representa una posibilidad de desarrollo económico.

Colombia es un gran productor de caña de azúcar, y está incursionando de forma progresiva en la producción y uso del Etanol proveniente de ésta. Es de anotar que la introducción de dicho alcohol como biocombustible en la economía nacional, trae repercusiones a diferentes niveles, como acontece con la producción y consumo del azúcar derivado de la caña; en este sentido, podrían presentarse dificultades relacionadas con la satisfacción de la demanda del azúcar y una variación significativa de su precio en el mercado. Estos efectos deben ser evaluados a profundidad y en tiempo oportuno, para que se puedan tomar las medidas correspondientes.

Esta situación constituye un problema en el que subyace un alto grado de complejidad, debido a los múltiples factores que intervienen en el mismo. Por lo tanto, se hace necesario analizar profundamente las consecuencias de la implementación de esta nueva política referente a la producción y consumo de biocombustibles en el país.

Con el presente trabajo se busca realizar un análisis metodológico de las situaciones planteadas anteriormente, miradas desde la perspectiva de diferentes escenarios. Esto permitirá hacer una aproximación inicial a un modelo dinámico, que otorgue una mayor comprensión del problema y que a futuro posibilite la formulación de políticas correctivas que sean viables y que coadyuven a mitigar los posibles efectos adversos.

## II. DEFINICIÓN

En Colombia, el tema de los biocombustibles se encuentra en discusión desde hace unos años atrás, por parte de algunos políticos y empresarios que desde entonces han especulado sobre la viabilidad económica de este mercado para el país.

En el 2001, se definió y promulgó la ley 693 (Congreso de Colombia, 2001), en la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes y se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo. En dicha ley, se establece límites de tiempo para los lineamientos técnicos y ambientales en el uso del Etanol. También determina la posibilidad de participación de personas privadas en la producción, distribución y mercadeo de biocombustible. Además de esto, se impulsó por medio de una reforma tributaria -Ley 788 de 2002- (Congreso de Colombia, 2002), la exoneración del pago del IVA, del impuesto global y de la sobre tasa al porcentaje de alcohol carburante que se mezcle con la gasolina.

La expedición de la ley 693 fue el factor detonante para un

cambio inevitable en el país. La introducción al mercado de un producto cuya materia prima tradicionalmente se ha utilizado para el consumo humano, genera diversas opiniones y efectos no solamente económicos sino sociales y éticos. Se ha impulsado la inversión en este nuevo mercado, lo que gestó múltiples expectativas respecto a los cambios inherentes a la introducción del biocombustible a la economía nacional.

Como política implementada, se establece el porcentaje de etanol que se debe mezclar con la gasolina para ser utilizado en el sector transporte, además de proponer metas de consumo a mediano plazo. Dicho porcentaje fue establecido por el Ministerio de Minas y Energía en una relación inicial del 10%/90% para el Etanol y la gasolina respectivamente.

A partir de septiembre del 2005 comenzó a regir la norma que debe irse estableciendo progresivamente en todo el país, comenzando por los centros urbanos con mayor densidad de población (más de 500 mil habitantes). Esta demanda inicial, comenzó a ser atendida por parte de los principales ingenios azucareros del país, que encontraron en la caña de azúcar un gran potencial para la producción de Etanol, dadas sus características ideales tanto en facilidad de producción como en eficiencia energética.

La caña de azúcar es la materia prima para la producción del Etanol. Adicionalmente, de ésta se extraen productos de consumo humano como el azúcar y la panela. Por ello, frente al panorama actual, entran en juego diferentes opiniones de índole político, económico y social respecto a los efectos que se pueden dar en el mercado de los derivados de la caña, especialmente sobre el azúcar.

La producción de azúcar entra a competir con la del Etanol, el cual se encuentra actualmente en una posición muy atractiva para los cultivadores de caña de azúcar que ven en éste un mercado rentable, dada la creciente demanda tanto interna como externa del producto [1]. Lo anterior, podría reflejarse en una alteración de la producción de azúcar, consecuentemente se vería afectada la satisfacción de su demanda y a la vez se presentaría una variación de su precio en el mercado, el cual tendería al alza.

Antes del 2005, el porcentaje de Etanol en la gasolina colombiana era nulo. Una vez implementada la ley 693, los principales centros urbanos han ido incrementando dicho porcentaje de forma paulatina, con el propósito de cumplir con la reglamentación vigente del 10%. Aunque en la actualidad solo se satisface aprox. el 60% de la demanda interna de este alcohol, se tiene proyectado un incremento en la porción de etanol en la gasolina al 15% en el 2010 y al 25% en el 2020 [9] en todo el país (ver figura 1).

Incidenias Económicas del Etanol como Biocombustible en Colombia sobre los Derivados de la Caña de Azúcar: Una Aproximación con Dinámica de Sistemas - *Arango y Torres*



**Figura 1.** Proyección del consumo de Etanol en Colombia: El porcentaje de mezcla del Etanol con la gasolina puede variar a través del tiempo

La demanda de Etanol podría entonces afectar tanto al consumidor final de azúcar como a la producción y distribución de la misma. Sería apropiado conocer a fondo la estructura de mercado de ambos productos, que permita observar el comportamiento del sistema frente a la variación de algunos de sus elementos más representativos y poder llegar a un planteamiento de nuevas políticas que mitiguen los posibles efectos negativos que puedan presentarse en su interacción.

#### *A. Estudios previos realizados en Colombia acerca del Etanol como Biocombustible*

En Colombia, recientemente viene tomando fuerza la investigación científica en el área de los biocombustibles. Son los principales ingenios azucareros del país quienes más han invertido en su estudio, pero desde la perspectiva de adecuación de infraestructura y el proceso químico de extracción del Etanol. También, se han realizado investigaciones al interior de la Universidad Nacional de Colombia, donde se indica que con el uso del biocombustible (mezcla Etanol/gasolina) el motor de los carros puede sufrir afecciones debido a un aumento en su temperatura y se afirma además, que esto conlleva a un incremento de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Estos resultados contrastan con los obtenidos por el Instituto Colombiano de Petróleos (ICP), que asegura que el uso de la mezcla Etanol/gasolina no aumenta la temperatura del motor de los vehículos, argumentando que esto solo depende de la sincronización de los mismos y a la vez, se indica que la variación en el consumo de combustible depende de diversos factores como lo son el estado mecánico del vehículo, su sincronización, las prácticas de conducción y las condiciones atmosféricas. Respecto a las emisiones de óxido de nitrógeno, concluyen que disminuiría la probabilidad de formación de éstos el uso de una mezcla de Etanol/gasolina en proporción del 10%/90% respectivamente, ya que contiene un 3,5% más de oxígeno que la gasolina sin mezclar. [4].

También se han realizado estudios en la Universidad Nacional acerca de la extracción de Etanol a partir de otras fuentes diferentes a la caña de azúcar, como lo son el almidón de yuca y la cáscara de banano [7]. Además, con otras investigaciones, se ha buscado evaluar las materias primas y las tecnologías existentes para la producción de Etanol a partir de caña de azúcar, maíz y biomasa lignocelulósica, con el fin de seleccionar

la más conveniente de acuerdo con indicadores tecnológicos y ambientales [8].

A pesar de la creciente actividad investigativa en el tema de los biocombustibles en Colombia, reflejada en los trabajos anteriormente citados, aún no se han realizado estudios que aborden el tema desde una perspectiva más global y sistémica; donde se analicen las interacciones que pueden presentarse y sus consecuentes efectos a mediano y largo plazo sobre la economía, más específicamente sobre el mercado de los derivados de la caña de azúcar. Es en este sentido, donde radica la contribución del presente trabajo a la generación de un mayor conocimiento en el tema del biocombustible generado a partir Etanol de la caña de azúcar en Colombia.

#### *B. Propuesta*

La apertura del mercado del biocombustible en el país, implica importantes cambios a nivel político, social y económico, así como la responsabilidad de proponer estrategias que posibiliten su sostenibilidad.

Con el presente trabajo se busca analizar los efectos económicos que conlleva la implementación en Colombia de nuevas políticas referentes a los biocombustibles generados a partir del Etanol de la caña de azúcar, sobre otros de sus derivados, particularmente con respecto al azúcar.

Es necesario analizar aquellos elementos que se vean directamente afectados con la introducción del biocombustible en la economía nacional, tales como la cantidad de tierras cultivadas, la producción, los precios y la demanda de los diversos productos derivados de la caña de azúcar. Se precisa planificar y predecir el comportamiento de la demanda tanto del Etanol como del azúcar, esto último para prever posibles problemas que puedan impedir satisfacer la misma, tal y como se ha presentado en otras economías como la de Brasil.

En dicho país, como consecuencia del incremento en la producción de Etanol se presentó inicialmente una escasez de azúcar lo que disparó su precio a finales de la década de los 80's; esto es un punto de referencia importante, teniendo en cuenta que es el principal productor mundial de ambos productos [1].

La implementación de esta nueva política respecto a los biocombustibles en Colombia, debe ser cuidadosamente estudiada para garantizar resultados favorables. En este sentido, un análisis de la estructura y comportamiento de este sistema que contenga los elementos expuestos anteriormente, además de la identificación de tendencias en su comportamiento a largo plazo, realizando experimentos de simulación, permitirá el planteamiento de políticas y estrategias para aminorar los potenciales efectos negativos que puedan gestarse.

El sistema en estudio posee los elementos claves que validan la pertinencia de la Dinámica de Sistemas para su análisis: ciclos de realimentación, efectos No lineales entre las variables y efectos retardados en el tiempo. El propósito del presente artículo, es exponer los resultados derivados de una primera aproximación al modelo, el cual se ha desarrollado con base en la metodología propia de la Dinámica de Sistemas.

### C. Supuestos del Modelo

Se busca observar el comportamiento del sistema frente a la variación de algunos de sus elementos más representativos y poder llegar a un planteamiento de nuevas políticas y estrategias que coadyuven a mitigar los efectos negativos que puedan originarse con la penetración del Etanol en la economía nacional. Por lo tanto, se hace necesario plantear un modelo que permita analizar la dinámica de las diferentes interacciones que dan lugar a la problemática y a partir de esto poder llegar más adelante al planteamiento de posibles políticas preventivas y/o correctivas.

Se presentan a continuación los principales supuestos que dieron soporte a la construcción del modelo:

La estructura de los mercados del azúcar y del Etanol por separado, se ha modelado con base en el tradicional Modelo Económico de Oferta-Demanda [9], en el cual se afirma que la cantidad de productos ofrecidos por los productores y la cantidad de productos demandados por los consumidores dependen del precio de mercado del producto.

Según esto, la oferta es directamente proporcional al precio; cuanto más alto sea el precio del producto, más unidades se ofrecerán a la venta. Por el contrario, la demanda es inversamente proporcional al precio, es decir, cuanto más alto sea el precio, menos demandarán los consumidores. Se tendrá en consideración las unidades más representativas del sistema en estudio, en este contexto. Se describirá la interacción entre los elementos inmersos en cada mercado, como sistemas independientes, siguiendo los parámetros de comportamiento característicos del modelo expuesto anteriormente.

Adicionalmente, el Precio del Etanol para un escenario preliminar se tomará como fijo, con un valor mínimo inicial de \$4496.88 por galón (equivalente a \$1188.07 por litro aprox.)([6], el cual se encuentra regulado por el Ministerio de Minas y Energía.

Respecto a la disponibilidad de tierras para cultivar, el límite de éstas es de 40 millones de hectáreas. En cuanto a las exportaciones de Etanol, estas se descartan, aunque en estudios posteriores se realizarán simulaciones incluyéndolas, pues es un factor clave que puede potenciar el mercado del Etanol en el país y que incidirá de forma significativa en la satisfacción de la demanda interna. Esto puede ser una realidad en corto tiempo, debido a la creciente demanda mundial por este biocombustible y a su inclusión en los términos del TLC entre Colombia y Estados Unidos.

Por último, respecto a los productos derivados de la caña de azúcar, según el alcance del presente trabajo, se parte del supuesto de que solo existen el azúcar y el Etanol. Otro tipo de derivados serán objeto de estudios posteriores.

### D. Hipótesis Dinámica

Teniendo en cuenta los supuestos anteriormente mencionados, se plantea el diagrama causal, en el cual se pueden identificar dos componentes principales.

El primer componente (ver Figura 2) correspondiente a la dinámica del mercado del azúcar; esta constituido por dos ciclos, uno de balance y otro de refuerzo. En el ciclo de balance (B1) se puede observar cómo los cultivos de caña de azúcar y su producción están determinados por la rentabilidad de los productos que se derivan de ésta y a la vez, la producción de caña determina en gran medida el nivel de satisfacción de la demanda de azúcar. El ciclo de refuerzo (R1), muestra la interacción entre el precio del azúcar y la demanda.

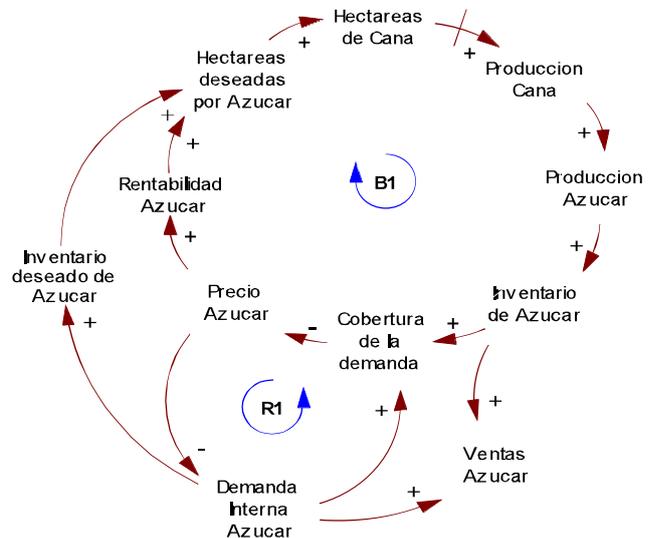


Figura 2. Dinámica del mercado del azúcar: Interacción de los elementos principales que constituyen el mercado del azúcar.

Más específicamente, se puede observar que un aumento en la rentabilidad del azúcar, hace mucho más atractivo sembrar caña; por lo tanto, se desearían más hectáreas para cultivar y al aumentar estas, la producción de caña va a ser mayor, incrementándose así, la producción de azúcar. Cuando la producción de azúcar aumenta demasiado superando la demanda, esta comienza a acumularse, presentándose un exceso de oferta y haciendo que el precio del azúcar comience a bajar, lo que afecta tanto la demanda como la rentabilidad que se obtiene a partir de este producto.

En el segundo componente (ver figura 3) correspondiente a la dinámica del mercado del Etanol, se evidencia al igual que en el primero, la importancia de la caña de azúcar en el sistema, ya que es la materia prima de donde proviene este biocombustible.

También se presentan dos ciclos B2 y R2, de balance y refuerzo respectivamente. En el ciclo B2, puede verse cómo la producción de caña es un factor determinante en la producción de Etanol, lo que a la vez influye en la cantidad de caña de azúcar cultivada. En el ciclo R2, se observa cómo la rentabilidad producida por el Etanol determina la cantidad de caña que se va a asignar a la producción del mismo. Además se presentan otros elementos de gran importancia para la descripción del sistema, como el costo del inventario, consumo y demanda interna.



no se enfrentan a la decisión sobre cuál de los dos productos se debe priorizar según la cantidad de materia prima disponible (caña de azúcar), pero por el contrario, y aunque las ventas de azúcar también aumentan en este periodo (ver figura 7), el consumidor se ve seriamente afectado pues el precio del azúcar aumenta significativamente cuando se comienza a producir Etanol, alcanzando a duplicarse durante los primeros 12 meses aprox.



**Figura 6.** Producción de Azúcar: La producción de azúcar varía en el lapso de los 45 meses iniciales de la simulación para estabilizarse alrededor del mes 50.



**Figura 7.** Ventas de Azúcar: Las ventas de azúcar presentan un importante aumento al iniciar la simulación y después de una leve caída se estabilizan en el período 50, en un valor cercano a las 100 mil ton/mes.

Luego tanto las ventas como la producción de azúcar sufren una caída como respuesta al progresivo crecimiento en la producción de Etanol y los altos precios del azúcar que también se derivan del aumento en la producción de Etanol.



**Figura 8.** Precio del Azúcar: Después de un aumento importante (se duplica) en el precio del azúcar, que se presenta durante los primeros 12 meses de la simulación; precedido por un descenso que llega a un nivel muy cercano al inicial, éste encuentra su equilibrio alrededor del mes 55.

Como se puede apreciar en las gráficas, ambos mercados sufren cambios significativos durante los primeros 50 periodos de simulación, y a partir del mes 50 se estabilizan los elementos de cada uno de ellos; un ejemplo de esto es el precio del azúcar, el cual se estabiliza en un valor cercano al que se tenía antes de la introducción del Etanol al mercado Colombiano (ver figura 8)

El anterior fue un panorama del escenario que se enfrenta en este momento, la simulación se realizó con los parámetros y elementos más representativos del sistema real que se está considerando en Colombia. La simulación fue realizada para un periodo de 150 meses (10 años aprox.), teniendo en cuenta que este es el tiempo establecido por el gobierno para alcanzar un porcentaje del 25% de Etanol en la gasolina del país.

### III. CONCLUSIONES

El Etanol es un producto cuya demanda está creciendo aceleradamente en todo el mundo. A partir de la ley 693 de 2001, se puso en marcha en Colombia el mercado de este biocombustible. Se prevé, que al igual que ocurrió en otros países, se vean afectados otros elementos de la economía nacional, en especial aquellos procedentes de los productos agrícolas que sirven como materia prima para la elaboración de este alcohol.

En el presente trabajo se analizó esta situación reduciendo su complejidad a un solo producto agrícola, el azúcar, el cual se produce a partir de la caña de azúcar, principal materia prima de la que se extrae el Etanol actualmente en Colombia. A partir de los resultados de la simulación, se observó cómo inicialmente, al interactuar ambos mercados se presentan cambios de importancia, principalmente en la producción y ventas de azúcar, pero que luego de un periodo de 4 años aproximadamente tienden a estabilizarse, llegando a niveles cercanos al inicial.

Como trabajo futuro, se pretende extender esta perspectiva, y analizar el comportamiento que tendrían frente a la producción de Etanol, otros derivados de la caña, como por ejemplo la panela. Existen además, otros elementos de importancia que experimentan de una u otra forma la influencia de este nuevo mercado en el país y que sería interesante y pertinente analizar. Por ejemplo, cuando se habla de la materia prima para producir biocombustibles, se hace referencia a cultivos que en la mayoría de los casos, son plantados con fines alimentarios. En este sentido, es de gran importancia el cuestionamiento sobre los posibles efectos de la integración de este nuevo mercado, sobre la soberanía alimentaria de los pueblos, las pequeñas agriculturas familiares y en la biodiversidad. Lo anterior, teniendo en cuenta además la escala del fenómeno, ya que sus efectos a nivel local están en estrecha relación con su dinámica a nivel global.

Por otra parte, uno de los factores que más ha impulsado el “boom” de los biocombustibles es la idea que se tiene de un beneficio ambiental, pero este solo ha sido valorado para un corto plazo. Se sabe que la mayor causa del efecto invernadero

es la producción de CO<sub>2</sub> generado por la combustión de los automotores en todo el mundo. Es importante entonces explorar también el efecto ambiental a un mediano y largo plazo para evaluar si los argumentos referentes al medio ambiente de la propuesta permanecen. Lo anterior, teniendo en cuenta por ejemplo, el hecho de que la utilización a largo plazo de tierra en barbecho para la producción de cultivos energéticos, implicaría la emisión de cantidades considerables de CO<sub>2</sub> [2]. Esto último, es debido a que la tierra libera CO<sub>2</sub> cuando la materia orgánica se mineraliza y por ende la tierra rica en materia orgánica libera aún más CO<sub>2</sub>. Existen otras situaciones referentes al tema, que también se han dejado fuera del debate, en el presente análisis.

Este trabajo fue una primera aproximación metodológica al problema planteado, a partir de la cual se puede afirmar que la creación del mercado del Etanol en Colombia implica cambios significativos a nivel económico, lo cual puede influir también en lo político y social.

Una de las principales expectativas frente al este mercado emergente, es su esperada contribución a la generación de nuevos empleos, su conversión en una importante fuente de divisas para el país a mediano plazo y el impacto social positivo que se espera que tenga en lo referente a la reducción de costos por galón de bioetanol, en comparación con los hidrocarburos. Por lo anterior, existe la necesidad de examinar nuevas estrategias que posibiliten el sostenimiento, rentabilidad y beneficio. Queda abierto un amplio horizonte para investigar sobre el tema.

#### REFERENCIAS

- [1] ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA – ASOCAÑA. “Aspectos Generales del sector azucarero 2004-2005”. En línea: <http://www.asocana.com.co>. [Consulta: Octubre 2006].
- [2] BRAVO, Elizabeth; HO, Mae-Wan. (2006). “Las nuevas repúblicas del biocombustible”. Red del Tercer Mundo, Third World Network.
- [3] CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. “Ley 693 de 2001”. En línea: <http://www.secretariasenado.gov.co/leyes/L0693001.HTM>. [Consulta: Octubre 2006].
- [4] ECOPETROL S.A., ICP. (2005) “Efecto del Etanol sobre las Propiedades Físico Químicas de las Gasolinas Colombianas y Desempeño en Motores y Vehículos”. Bogotá D.C.
- [5] FEDERACIÓN NACIONAL DE BIOCMBUSTIBLES DE COLOMBIA – Presente y Futuro de los Biocombustibles en Colombia. Marzo, 2007. Palmira.
- [6] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. “Resolución N°180405 de marzo 28 de 2008”. Bogotá D.C.
- [7] MONSALVE, Jhon F; MEDINA, Victoria; RUIZ, Angela. (2006), “Producción de Etanol a partir De la cáscara de Banano y de almidón de Yuca”. Grupo de bioprocesos-Grupo de Combustibles alternativos, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- [8] MONTROYA, Maria Isabel; CARDONA, Carlos; TORO, Oscar; QUINTERO, Julián. (2006), “Producción de Etanol carburante: material lignocelulósico una nueva alternativa”. Grupo de Investigación en Procesos Químicos Catalíticos y Biotecnológicos. Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.

- [9] RIONDA RAMÍREZ, J. I., “Microeconomía”. Edición electrónica gratuita. En línea: <http://www.eumed.net/libros/2006a> [Consulta: Febrero 2007].



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE MINAS

**120 años**    
TRABAJO Y RECTITUD