



**Estudio de Investigación**

**La Industria del Etanol  
a partir del Maíz**

**¿Es Factible su Desarrollo en  
la Argentina?**

**Maizar**

**V&A Desarrollos Empresarios**

**Lic. Gustavo A. Vergagni**

**Septiembre 2004**

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?



Trabajo de Investigación realizado para Maizar por G. A. Vergagni © 2004  
Reservados todos los derechos.

Para la reproducción total o parcial del contenido se requiere solicitar el consentimiento de Maizar o el autor en forma expresa. En tal caso la autorización obtenida no liberará a quien la obtenga de la obligación de mencionar en forma indubitable la fuente de tal contenido.

**MAIZAR –Asociación Maíz Argentino**

Lavalle 548. 3º Piso B. Ciudad de Buenos Aires

Teléfonos: (5411) 5031 2676. (5411) 5238 1177.

E-mail: mfraguio@maizar.org.ar

www.maizar.org.ar

**V&A Desarrollos Empresarios : Proyectos – Gestión**

Av. A. M. de Justo 740 – 3 Piso Ofic.1 - Ciudad de Buenos Aires

Teléfonos: (5411) 4334 0033. (5411) 4793-9386.

E-mail: gvergagni@dempresarios.com.ar

www.dempresarios.com.ar

Copyright 2004® -Ley 11723



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Contenido**

### **Introducción**

- El Etanol – ¿Qué es? - Propiedades
- Usos del Etanol
- Obtención del Etanol
- Evolución histórica del Etanol a partir del Maíz

### **Estado Global de la Industria**

- Principales Países Productores
  - Brasil
  - Estados Unidos
    - Tecnologías utilizadas para la producción comercial
    - Políticas y Programas de Incentivos
- Países que se encuentran desarrollando la Industria
  - Unión Europea
  - Argentina

### **Sistemas de Producción Utilizados para Obtener Etanol**

- Molienda Seca - Dry Milling
- Molienda Húmeda - Wet Milling
- Co-productos Derivados de cada Sistema de Producción

### **Nivel de Inversión Requerida para la Instalación de una Planta**

### **Factores a Considerar al Definir la Localización de una Planta**

- Tamaño del terreno donde instalar la Planta
- Superficie de producción necesaria para alimentar una Planta

### **Desarrollo Regional**

### **La Figura de la Asociación Cooperativa de Productores**

### **Ecuación Económica de la Producción de Etanol**

- Precio del Etanol en el Mercado Internacional y Estadounidense
- Ecuación Económica de la Producción

### **Estructura de Económica del Negocio: su Viabilidad en la Argentina**

- Dimensión del Mercado
- Inversión en Activos
- Estructura de Financiamiento
- Estructura de Ingresos
- Costos de Producción
- Costos Impositivos
- Cuadro de Resultados
- Cash Flow y Tasa Interna de Retorno para los Accionistas
- Factores Económicos Asociados con el Éxito del Negocio

### **Conclusiones**

### **Anexos - Referencias Bibliográficas**

Copyright 2004® -Ley 11723 - V&A Desarrollos Empresarios -G. A. Vergagni



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## La Industria del Etanol a partir del Maíz

### ¿Es Factible su Desarrollo en la Argentina?

#### **Introducción**

El creciente interés por el desarrollo de combustibles renovables y amigables con el medio ambiente encuentra su origen en dos preocupaciones: el calentamiento global y el potencial desabastecimiento de petróleo.

El paradigma del fin del siglo XX ha sido que la atmósfera no resiste más emisiones de dióxido de carbono y otros gases responsables de provocar el efecto invernadero y generar el calentamiento global del planeta, amenazando la vida de todas las especies. El proceso por lograr el desarrollo de combustibles provenientes de fuentes renovables que fueran viables económicamente y menos contaminantes que los de origen fósil, ya había comenzado en la década del '70, pero el mismo se aceleró en la década del '90 al tomarse conciencia de las consecuencias del efecto invernadero.<sup>1</sup>

Con respecto al petróleo, el peligro de un potencial desabastecimiento se funda en dos hechos. Por un lado, las mayores reservas petroleras se encuentren en zonas de alta conflictividad social y geopolítica. Por otro, al actual nivel de consumo, 76 millones de barriles por día, las reservas conocidas sólo son suficientes para un horizonte de consumo de unos 75 años.<sup>2</sup>

Estos motivos, sumados al conjunto de desafíos críticos con que comenzó este siglo XXI - en cuestiones de índole económica, seguridad, social y medioambiental- han potenciado el interés por los combustibles renovables de origen vegetal -biocombustibles-, principalmente el etanol y el biodiesel.

Varios países del mundo industrializado han visto en los biocombustibles una fuente de energía alternativa, que los avances de la biotecnología pueden desarrollar de forma de

---

<sup>1</sup> Una evidencia de ello fue el desarrollo de la cumbre de Kyoto (Japón) donde se intentó establecer una política ambiental global que redujera las emisiones de dióxido de carbono, producto de la combustión de fuentes fósiles. El acuerdo que aún no ha sido ratificado por los principales países industriales, establece que cada país firmante se compromete a que en el año 2010 el nivel de sus emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera no deberá superar el 90% del nivel de las emisiones registradas en 1990.

<sup>2</sup> OPEC Annual Statistical Bulletin - 2000/2003.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

transformarlos en energías más limpias y confiables que los combustibles tradicionales que utilizan sus sistemas de transportes.

Los biocombustibles poseen además un gran potencial para dinamizar la inversión, crear nuevos empleos, y generar un mayor valor agregado en la producción agropecuaria.

En las naciones más adelantadas en cuanto a producción y comercialización de biocombustibles, éstos no son considerados únicamente bajo un prisma ambiental. Sino por el contrario, la visión preponderante es que los biocombustibles constituyen una propuesta ambientalmente apta, con extraordinarias connotaciones económicas, sociales y en la seguridad de esas naciones. Es por ello, que cada vez es mayor la tendencia mundial a otorgar un diferencial impositivo en favor de las iniciativas que promueven el desarrollo, la producción y el uso de este tipo de combustibles.

Ese es el caso de Estados Unidos, donde la producción de etanol a partir del cultivo de maíz se disparó luego de las modificaciones a la Clean Air Act, de las legislaciones estatales que han restringido o prohibido directamente el uso del MTBE, y del tratamiento fiscal diferencial dado a los combustibles que contienen etanol en su formulación.

Durante el 2003, más de 25 millones de toneladas de maíz (11% de la producción anual del cereal) se destinaron a la producción de 10.637 millones de litros de etanol, distribuidos en 72 plantas de procesamiento. La producción del etanol proporciona más de 200.000 trabajos de EE.UU., estimulando el crecimiento en muchas áreas rurales.

En la actualidad el etanol representa aproximadamente un 2 % del consumo anual de naftas de EE.UU. que supera los 600.000 millones de litros, existiendo un potencial de crecimiento significativo, aún cuando no se alcance el objetivo de la industria que es proveer el 10% de todas las necesidades de combustible para el transporte. Se prevé que en el presente año la producción superará los 12.500 millones de litros, con 78 plantas en producción y otras 10 en construcción.<sup>3</sup>

En tanto, se estima que la producción de etanol en el año 2012 será de 19.000 millones de litros.<sup>4</sup> Para alcanzar ese volumen será necesaria la contribución de las innovaciones biotecnológicas que permitan lograr una utilización más eficiente del maíz a partir del uso de híbridos, maíces de alta fermentación con el objeto de elevar la cantidad de litros de

---

<sup>3</sup> RFA - Renewable Fuels Association - 2004.

<sup>4</sup> The Ethanol - Iowa Corn Promotion Board - Iowa Corn Growers Association - 2004



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

etanol por tonelada de grano, o ampliar la gama de materiales de los cuales se extrae el etanol, incorporando los tallos de maíz, desechos vegetales, etc., al proceso de conversión.

## **El Etanol – ¿Qué es? - Propiedades**

Hemos mencionado algunas de las ventajas que genera la utilización del etanol como combustible: la disminución de la contaminación del aire; la generación de empleos y el agregado de valor a las producciones agropecuarias, pero aún no nos hemos detenido en qué es el etanol, cuáles son sus propiedades.

El etanol es un líquido claro descolorido; volátil; con un olor característico suave; inflamable; soluble en agua; que hierve a 78C. (172F.) y se congela a -112C. (-170F.).

El etanol denominado también alcohol etílico o alcohol del cereal, es un compuesto orgánico cuya molécula se compone de carbono, hidrógeno y un hidroxilo, siendo su fórmula  $CH_3CH_2OH$ , y su peso molecular de 46,0684, por lo cual un litro de etanol pesa 0.815 kg.

Es un alcohol anticorrosivo, relativamente no tóxico, hecho de materias biológicas renovables, que cuando se quema produce una llama azul pálida sin residuos y entrega una energía considerable.

## **Usos del Etanol**

El etanol puede utilizarse como base en bebidas -cervezas; vinos; licores; etc.-; como combustible o solvente, como materia prima en varios procesos industriales -tales como la fabricación de perfumes; pinturas; lacas; y explosivos-. (ver Anexo II – Gráfico I)

Básicamente existen tres maneras en que el etanol puede utilizarse como combustible para el transporte, aprovechando sus características como componente oxigenante y antidetonante, con el consiguiente aumento en el número de octanos y mejoramiento en la calidad de las emisiones de la combustión:

(i) como mezcla con las naftas denominadas genéricamente gasohol, naftas que contienen etanol en una proporción del 5.7%, 7.7%, 10% en EE.UU., en un % variable en Brasil

(ii) como componente de las naftas reformuladas ETBE. El etanol se usa en la fabricación de Etil-Tri-Butil-Eter (ETBE), un aditivo suplementario a las naftas que sustituye al MTBE



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

en la reformulación de las naftas. El MTBE (Metil-Tri-Butil-Eter) se había convertido en un componente muy utilizado para elevar el contenido de oxígeno y el nivel de octanaje de las naftas cuando las preocupaciones ambientales hicieron que se eliminase el plomo de las naftas

(iii) directamente como combustible alternativo para reemplazar las naftas en su formula conocida como "E-85"- mezcla un 85% de etanol y 15% de nafta-.

El etanol que se va a utilizar como combustible se lo desnaturaliza agregándole una cantidad pequeña de nafta, con el objeto de hacerlo impropio para el consumo humano.

Puede usarse en dos formas básicas: el etanol anhidro, al que se le quita toda el agua, que es usado en las mezclas con las naftas y el etanol hidratado, que mantiene agua en su composición, para ser usado como un combustible autónomo (95% etanol).

Ventajas:

El etanol puede ser producido a partir de fuentes renovables.

Es un combustible líquido y puede ser manejado tan fácilmente como las naftas y el diesel.

Presenta un alto índice de octanos: 105

Produce menos bióxido de carbono al quemarse que la nafta, 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 las naftas.

Resulta menos inflamable que los combustibles derivados del petróleo.

Baja toxicidad.

Desventajas:

Presenta una menor densidad de energía que las naftas, contiene dos terceras partes de la energía contenida para el mismo volumen de nafta.

Genera emisiones altamente evaporativas

Presenta dificultades para encender en climas fríos, en estado puro, como E-100

Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos.

Para mas detalles del impacto del uso del etanol, el ETBE y el MTBE en el medio ambiente, ver anexo I.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Obtención del Etanol**

El etanol puede producirse de cualquier feedstock biológico que contenga cantidades apreciables de azúcar o materiales que puedan convertirse en azúcares simples como el almidón o la celulosa.

La caña de azúcar es el ejemplo predominante en el mundo de un feedstock que es convertido en etanol, gracias a la experiencia de Brasil.

Los granos -maíz, trigo, sorgo y cebada- son otra fuente común, especialmente en EE.UU. y Canadá. Otras materias que pueden ser utilizadas son la madera, los residuos forestales y DSM (papel, alimento y basura de patio, plásticos, llantas).

Globalmente, más del 60% del etanol elaborado anualmente se deriva del azúcar, siendo Brasil el mayor productor del mundo –tanto de azúcar como de etanol-. De los cereales se deriva el 32%.

Puede sostenerse que como materia prima de esta industria mientras en el hemisferio norte se utilizan preferentemente los cereales, en el sur predomina la caña de azúcar.<sup>5</sup> (ver Anexo II- Gráfico VII)

## **Evolución histórica del Etanol a partir del Maíz**

Junto con el nacimiento del automóvil, en la última década del siglo XIX, simultáneamente en Francia y Alemania se investigaba con el objeto de utilizar el etanol como combustible en los motores recientemente creados por Louis Renault, Armand Peugeot, Herbert Austin y Karl Benz. Pero este no fue el primer antecedente de su uso como combustible, el etanol ya había sido utilizado desde mediados de siglo en EE.UU. como combustible para las lámparas, llegando a producirse a mediados de la década de 1860 más de 95 millones de litros por año. Luego durante la guerra civil el gobierno creó un impuesto específico sobre el etanol, con lo cual casi destruyó la industria americana.

En 1906 cuando ese impuesto fue derogado, se comenzó a utilizar el etanol como un combustible para vehículos, fue así que cuando Henry Ford diseñó su primer automóvil modelo T en 1908, lo hizo originalmente para que funcionara con alcohol.

De 1920 a 1924, la Standard Oil Company comercializó en el área de Baltimore una nafta –que denominó gasohol- que contenía un 25% de etanol en su composición. Pero los altos

---

<sup>5</sup> Energy for tomorrow´s Europe - De Palacio, Loyola - World Energy Council, Bruselas -2003





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

precios del maíz, combinados con dificultades en el almacenamiento y transporte, hicieron concluir este proyecto.

Durante los años 30 su uso se circunscribió a las zonas rurales, producto de la competencia con las petroleras y su sistema de distribución, situación que se mantuvo hasta después de II Guerra Mundial, cuando los bajos precios del petróleo llevaron a la desaparición del etanol como combustible.

Esa situación se mantuvo hasta comienzos de los años 70, cuando las sucesivas crisis petroleras pusieron la atención de la población y los gobiernos en el valor del barril del petróleo y en lo frágil del sistema mundial de aprovisionamiento.

De allí que se comenzó a investigar los posibles combustibles alternativos, surgiendo nuevamente la posibilidad de utilizar el etanol, como mezcla o como combustible directamente. Así fue que en EEUU comenzó a utilizarse como un componente de las naftas. Otro hecho significativo en la historia del etanol se produjo en 1984, cuando la agencia de protección del medio ambiente (EPA) anunció los nuevos estándares para reducir el contenido en plomo en las naftas, abriendo un nuevo mercado para el etanol como elevador del octanaje. Luego, las enmiendas al Acta del Aire Limpio de 1990 y el Acta de Política Energética de 1992, impulsaron el uso de vehículos menos contaminantes.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Estado Global de la Industria**

### **Principales Países Productores**

La industria del etanol como combustible encuentra su máximo desarrollo en dos países, Brasil y Estados Unidos, si bien en la actualidad muchos países están realizando desarrollos de combustibles basados en alcoholes como oxigenantes o mezclas.

El 65.5% de la producción mundial de etanol le corresponde a América, Brasil (37.9%) y los Estados Unidos (24.1%), seguida por la región de Asia/Pacífico con 19.6%, Europa con 13.2 % y África que sólo produce 1.7 por ciento.<sup>6</sup> (ver Anexo II –Gráfico IV)

En el caso de Brasil, líder mundial en el uso de etanol, la obtención del etanol parte de la caña de azúcar, en tanto en EEUU el 95% del etanol producido proviene del maíz. Razón por la cual nos focalizaremos en este mercado, no sin antes hacer una breve reseña del estado de situación en Brasil.

### **Brasil:**

Como respuesta al aumento en el precio del petróleo de los años 70, el gobierno de Brasil implementó en 1975 un programa -que llamó PROALCOOL- para producir etanol a partir de la caña de azúcar, con el objeto de sustituir el combustible en los automóviles buscando reducir así sus importaciones de petróleo.

Históricamente, había habido dos experiencias previas, la primera en 1931, cuando se dictó una ley que obligaba a mezclar las naftas con un 5% de etanol, y en 1933, cuando en algunos estados se elevó el porcentaje de esa mezcla al 40%.

El etanol puro se llegó a utilizar como único combustible a fines de los 70. En la actualidad la mezcla más utilizada es la que contiene etanol al 22%, E22, pero es frecuente que el gobierno intervenga dictando normas que modifican temporalmente la cantidad de etanol contenido en las mezclas, en función de los stocks de alcohol disponibles y de las necesidades de la industria azucarera.<sup>7</sup>

Brasil produce anualmente más de 12 mil millones de litros de etanol. (Anexo II- Gráfico IX).

---

<sup>6</sup> Informe Producción Mundial de Etanol - Christoph Berg , Dr. - 2001

<sup>7</sup> Biofuels in Brasil - World Biofuels 2003 - Corrêa Carvalho, Luiz Carlos - 2003



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

### **Estados Unidos:**

El uso del etanol como combustible ha tenido un gran crecimiento en las últimas dos décadas en el mercado estadounidense. Los argumentos de quienes fomentan la utilización del etanol en EE.UU., ponen énfasis en su relevancia para reducir la dependencia de la importación de petróleo, disminuyendo así los déficits comerciales y aumentando la seguridad en el aprovisionamiento; en sus beneficios medioambientales, su naturaleza renovable; y en el desarrollo de las economías agropecuarias regionales, que ven en la demanda creciente del maíz una forma de estabilizar los precios y mejorar sus ingresos.

La creciente importación de petróleo y su efecto sobre la balanza comercial estadounidense, es una preocupación basada en un hecho real, en 1973 cuando ocurrió el embargo petrolero las importaciones de petróleo equivalían al 30% del total de las necesidades estadounidenses, a comienzos de la presente década esa relación había aumentado al 57% y el US Departamento de Energía estima que en el 2010 la importación de petróleo alcanzará al 68% de la demanda. Consiguientemente, el déficit comercial producto del petróleo crudo ha crecido de US\$43.7 mil millones en 1990 a US\$59.2 mil millones en el 2000, manteniéndose esta tendencia creciente para los próximos años. Pero por el momento, puesto que la utilización del etanol alcanza a sólo el 2% del volumen de naftas consumidas anualmente, su impacto sobre el nivel de las importaciones de petróleo es mínimo.

El uso del etanol como combustible limpio, amigable con el medio ambiente ha sido impulsado por una serie iniciativas legislativas, entre las que se destaca el "Clean Air Act de 1990" y sus sucesivas modificaciones.

De acuerdo con la Clean Air Act, la EPA -Agencia de Protección del Ambiente- redujo el nivel de emisiones permitidas a los vehículos, elevó los estándares contra las poluciones de los principales contaminantes: el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (Nox), compuestos orgánicos volátiles, benceno, hidrocarburos aromáticos, azufre. Buscando con ello incrementar el contenido de oxígeno en las naftas así como el uso de energías renovables.

Si bien en un principio se pensó que el etanol sería el componente indiscutido para ese cometido, rápidamente surgió un competidor el MTBE, que contó con el apoyo de la industria refinadora y se consolidó como el componente más utilizado, un tercio de las naftas comercializadas en EE.UU. durante el año 2000 utilizaban este compuesto como



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

oxigenante, relegando a un segundo plano al etanol. Esta situación se revirtió a partir de que constató que el MTBE era un elemento contaminante de las aguas subterráneas, al no ser biodegradable y ser un agente potencialmente cancerígeno, lo que llevó a varios estados a legislar restringiendo su uso. Lo cual generó que se incremente la demanda de etanol para su uso como aditivo oxigenante de las naftas y para la fabricación de ETBE, ambos sustitutos del MTBE.<sup>8</sup>

En la actualidad, 17 estados ya han prohibido totalmente el uso de MTBE en las naftas, entre los esos estados se encuentran California, Nueva York, Connecticut, New Jersey, Maine, etc.-. Para tomar una dimensión del incremento de la demanda de etanol asociada a prohibición MTBE, sólo por esa resolución de California se estima una demanda de casi 3.800 millones de litros de etanol/año –cifra que supera en casi un 15% al volumen total de naftas consumidas en la Argentina en el año 2003-.

Otros **programas y regulaciones federales** que han contribuido al desarrollo comercial del etanol como un componente de las naftas han sido:

(i) el Oxygenated Fuels Program, iniciado en 1992 en zonas de alta contaminación con monóxido de carbono, por el cual se exige, en las zonas urbanas que superaban el nivel máximo permitido, la utilización de combustibles reformulados (RFG) con el agregado de oxígeno para hacerlos menos agresivos con el medio ambiente. Para lo cual se requiere utilizar mezclas con un contenido del 7,7% de etanol por litro;

(ii) el Reformulated Gasoline Program: que buscó bajar los compuestos orgánicos volátiles (VOC) y químicos tóxicos, lo cual significa utilizar un combustible reformulado con el 5.7% de etanol.

(iii) la Energy Policy Act of 1992 (EPACT) cuyo objetivo fue reducir la dependencia a la importación de petróleo, para ello, formuló una regulación federal sobre los combustibles de alternativos (AFV), donde incluyó al gas natural, al propano líquido, al hidrógeno, a los combustibles líquidos de carbón, a la electricidad y otros combustibles que contuvieran por lo menos 85% de alcohol por volumen.

(iv) el Clean Cities Program, cuyo objetivo es aumentar el uso de vehículos y combustibles alternativos que disminuyan la emisiones contaminantes en las grandes ciudades, siendo uno de sus requerimientos que tanto las flotas de vehículos de los distintos organismos públicos como de las empresas privadas que operan en las áreas metropolitanas con una

---

<sup>8</sup> MTBE – ETBE : para mayor información ver anexo I



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

población de más de 250,000- deben disponer de vehículos que utilicen combustibles alternativos que ayuden a combatir la contaminación ambiental, tal el caso del etanol.<sup>9</sup>

El apoyo a las tecnologías renovables como el etanol ha sido históricamente una política de ambos partidos, las administraciones de Jimmy Carter en 1978, George Bush en 1990, Bill Clinton en 1996 y George W. Bush en 2001 han impulsado legislaciones para extender su uso. De allí que el uso y la producción de etanol han crecido consistentemente desde los años 80 y en la actualidad el etanol se encuentra disponible en todas las regiones de Estados Unidos.<sup>10</sup>

Los planes de la Renewable Fuel Standards no dejan de tener sus críticos, hay quienes argumentan que la fabricación y la combustión del etanol también tiene sus problemas de residuos; quienes sostienen que sería más importante utilizar los cultivos para reducir el hambre en el mundo que utilizar el etanol como combustible; que la industria del etanol no debe recibir incentivos más favorables que los fabricantes de otros combustibles puesto que las importaciones extranjeras del petróleo se reducen solamente levemente debido al uso del etanol

### **Tecnologías utilizadas en EE.UU. para la producción comercial del Etanol**

Extraer el almidón del núcleo del grano de maíz, para luego convertir ese almidón en azúcar y a partir del azúcar obtener el etanol es un proceso complejo que requiere una combinación de tecnologías tales como la microbiología, la química y la ingeniería. Para realizar este proceso existen dos métodos: la molienda húmeda -wet-milling- y la molienda seca - dry-milling-.

Dos terceras parte de las plantas de etanol en operación en EEUU utilizan el proceso molienda seca. En tanto las capacidades instaladas de producción van de los 3 millones de litros/año a los 379 millones de litros/año.<sup>11</sup> Ver detalle en el anexo III, adjunto.

La supremacía de las plantas de molienda seca se debe a que la inversión necesaria para la construcción y puesta en funcionamiento de una planta de molienda seca es considerablemente menor que la requerida para una planta que utiliza el sistema de molienda húmeda. Se suma a ello que la capacidad de procesamiento de las plantas de

---

<sup>9</sup> An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels-Urbanchuk, John M. -2001

<sup>10</sup> Asociación de los Cultivadores de Maíz de Iowa – Iowa – 2004.

<sup>11</sup> Synergy in Energy- Ethanol Industry Outlook 2004 - Renewable Fuels Association



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

molienda seca es inferior y su manejo tecnológico mas sencillo, con lo cual se transformó en el sistema elegido por las cooperativas de productores agropecuarios, que en un alto porcentaje son propietarias de plantas de producción de etanol.

### **Políticas y Programas de Incentivos: particularidades de los mismos**

Como ya hemos mencionado la utilización del etanol como combustible en los distintos países ha evolucionado al amparo de los programas gubernamentales de incentivos fiscales y regulaciones ambientales. En el caso de los Estados Unidos se han llevado adelante durante los últimos 30 años varios programas tanto a nivel de los estados como por parte del gobierno federal, motivados en los beneficios medioambientales y de desarrollo económico que el uso del etanol como combustible genera comparado con los combustibles fósiles.

Desde la Energy Tax Act of 1978 que fijó una exención impositiva para lo que denominó gasohol –naftas con un contenido del 10% de etanol-, han pasado muchos cambios, la Reconciliation Act of 1990 que ajustó el beneficio fiscal federal a \$0.54 por galón, o la Energy Policy Act of 1992, que permitió que la exención de impuestos fuese aplicable a determinadas mezclas con un contenido menor al 10% de etanol.

Comparando la experiencia estadounidense con otras experiencias legislativas sobre incentivos fiscales, sobresalen (i) las ventajas de combinar un sistema dual, federal y estatal, con beneficiarios que participan en los distintos niveles de la cadena de producción-consumo del etanol, (ii) la evolución constante que ha tenido la legislación.

En abril de 2004, el congreso estadounidense aprobó una nueva modificación al sistema de incentivos fiscales que alientan el uso del etanol extendiendo la vigencia de tales incentivos hasta el año 2010. La nueva normativa se denomina Volumetric Ethanol Excise Tax Credit (VEETC).

La VEETC marca una nueva evolución del sistema, modificando el método de recaudación del impuesto federal sobre las ventas de los combustibles que contienen etanol. Si bien se mantiene el nivel del incentivo devuelve al fondo para el financiamiento de las rutas y autopistas -Highway Trust Fund (HTF)- los ingresos que la legislación anterior le había retirado para utilizarlos en el fomento del uso de los combustibles renovables.

El nuevo VEETC, tiene una ventaja adicional, es mas flexible, puesto que el incentivo se calcula en base al volumen utilizado y ya no se limita a determinados niveles de mezcla -



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

5,7; 7,7 o 10%- . Por lo cual las refinerías ahora podrán perfeccionar sus mezclas de etanol –nivel de octanaje, reducción tóxica, o volumen-, con lo cual es posible que se extienda el uso del E-85, e-diesel y el ETBE.

Hasta esta última modificación, las refinerías y las empresas que realizan las mezclas, podían elegir entre dos maneras de recibir el subsidio federal, como una exención del impuesto federal sobre las ventas o como crédito en el impuesto sobre la renta de la empresa que realizaba la mezcla o distribución de los combustibles.

En ningún caso el productor del etanol puede utilizar el crédito impositivo federal generado por el VEETC.

El VEETC, cuyo antecedente fue la Exención Parcial del Impuesto Federal sobre la Venta de Combustibles, se aplica sobre la venta de combustibles líquidos -nafta, diesel y otros- que contengan en su composición etanol o metanol derivados de recursos renovables. El alcohol derivado del petróleo, el gas natural, o carbón no califica para esta exención.

Significa que la empresa que realiza la mezcla con etanol puede tomarse un crédito fiscal por galón comercializado de combustible que contenga etanol, con lo cual viéndolo desde la ecuación de la empresa mezcladora, esta exención le reduce el costo de mayorista del etanol en US\$ 0.137 por litro (US\$ 0.52 por galón). La normativa fija una escala en el monto de la exención, US\$ 0.137 en el 2004, y de US\$ 0.134 por litro (US\$ 0.51 el galón) desde el 2005 al 2010.

Anteriormente, esa exención se aplicaba sobre el impuesto federal a venta de combustibles líquidos que es US\$ 0.0483 por litro (US\$ 0.183 por galón), y el efecto de la exención dependía del porcentaje de la mezcla contenida en cada litro de combustible comercializado, si había presente en la mezcla un 10% de etanol, vía la exención el crédito que podía tomarse era de US\$ 0.0137 por litro de nafta vendido.

El sistema estadounidense de exenciones fiscales federales contempla desde 1991 también un incentivo para el desarrollo de los pequeños productores, denominado “Crédito sobre las Rentas para Pequeños Productores”, su objeto es impulsar el desarrollo de nuevos productores de etanol. El crédito impositivo es de \$0.026 por litro (US\$ 0.10 por galón), aplicable a los primeros 56.781.000 litros (15 millones de galones) de etanol producidos anualmente, siempre que la planta tenga como máximo una capacidad anual de producción de 113.562.000 litros (30 millones de galones), con la excepción de que si el



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

dueño es una cooperativa de productores este último límite anual se eleva a 227.124.600 litros (60 millones de galones).

Sin embargo, el crédito es considerado parte de la renta imponible, y deben pagarse los impuestos sobre la cantidad acreditada. Es un mecanismo pensado para atraer a inversionistas individuales. Se encuentra previsto que este beneficio impositivo finalice en el 2007.

Según el Departamento de la Tesorería el sistema de exenciones fiscales federales vinculadas con el etanol, ha tenido un costo para el periodo 1980/2000 de poco más de US\$ 8.4 mil millones, y según estudios privados esa cifra se eleva a los US\$ 12 mil millones. En ambos casos, no ha sido considerado el efecto que tales incentivos tienen sobre la reducción de los subsidios federales a los productores agropecuarios. Ya que la mayor producción de etanol incrementa los ingresos de los productores agropecuarios vía el sostenimiento del precio del maíz, por lo cual se reducen los pagos federales en concepto de subsidios a los productores agrícolas.

Según otros estudios que analizaron los posibles efectos de eliminar las exenciones impositivas, concluyeron que de producirse ello, el uso del etanol como combustible se vería reducido a aproximadamente el 50%, con los consecuentes cambios en el ingreso de los productores agropecuarios y con un efecto fiscal neto negativo para la tesorería americana.

En tanto, los incentivos fiscales y programas que algunos estados han llevado adelante buscan otorgar reducciones o exenciones del impuesto estatal sobre las ventas, para generar consumo, o generar incentivos para que se establezcan productores en sus comunidades. En general el crédito fiscal para apoyar a los productores de etanol ha estado en un rango de US\$ 0.053 a \$0.106 por el litro elaborado. Unos pocos estados han realizado una combinación de ambos sistemas, siendo mayoría los que optaron por fomentar la producción.

## **Países que se encuentran desarrollando la Industria**

### **Unión Europea:**

Los factores básicos que han llevado la Unión Europea (UE) a apoyar el desarrollo del uso de biocombustibles como el etanol, son: (i) la necesidad reducir la dependencia de las importaciones de petróleo, aumentar la seguridad y el control sobre una fuente de energía





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

sostenible; (ii) disminuir los riesgos ambientales; (iii) generar empleos en el área rural, y (iv) la posibilidad de explotar vía los cultivos energéticos las tierras cultivables que han quedado comprendidas en los acuerdos de retirada obligatoria de la producción firmados por los países miembros.

La demanda de etanol en la UE en 2003 fue de unos 400 millones de litros, lo que representa un 0,25% del consumo de naftas en la UE15.

El mercado actual está muy regulado localmente, produciéndose tan sólo en tres de los estados miembros. Se espera que la producción se incremente en los próximos siete años para cubrir la demanda creciente por el cambio de MTBE a ETBE y la introducción paulatina en el mercado de la mezcla directa del etanol con las naftas.

En la última década la producción de etanol para combustible se incrementó 6.5 veces, de 60 M litros en 1993 a 400 M litros en 2003. Francia fue el primer país en producir etanol, para la fabricación de ETBE, en los '90, la primera planta en España entró en operación en 2000, y en Suecia en 2001.

Francia, produce 120 millones de litros/año (2003) que destina mayoritariamente a la fabricación de ETBE. Un porcentaje del etanol se produce a partir de las uvas de baja calidad que no se destinan a la producción de vino.

En España se encuentran en producción dos plantas donde el etanol se obtiene desde cereales, una con una capacidad de producción de 142 millones de litros/año, parte del etanol se transforma a ETBE, la segunda dispone de una capacidad de producción de 168 millones de litros/año. Y una tercera que se encuentra en construcción en Salamanca, con una capacidad de 200 millones de litros/año, de los cuales 5 millones serán obtenidos a partir de la conversión de biomasa de cereales mediante una nueva tecnología. En España, como la producción excede el consumo local, han comenzado a exportar a otros países de la UE como Suecia, Alemania, Francia y Polonia.

Suecia, produjo en el 2003, 50 millones de litros de etanol a partir de cereales. El objetivo actual es que los biocombustibles reemplacen en ese país entre 10 y 15% de los combustibles fósiles que se consuman al final de esta década. Desde 1995, 300 autobuses de la compañía del transporte pública de Estocolmo utilizan como único combustible el etanol, como un sustituto del diesel, no siendo la primera experiencia ya que el etanol se uso extensamente como combustible para el transporte antes y durante la Segunda Guerra Mundial. Luego se lo continuó utilizando como un aditivo optativo a las naftas para



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

prevenir el congelamiento del combustible durante invierno, en una concentración promedio de aproximadamente el 1%.

La UE ha promulgado, recientemente, un paquete integral de medidas legislativas, exenciones fiscales y técnicas para promocionar el etanol y otros biocombustibles. La legislación establece que en cada estado miembro deberá comercializarse una proporción mínima de combustibles renovables. El objetivo es que la totalidad de las naftas y gasoil comercializados a fines del 2005 en encuentren mezclados al 2% con un biocombustible, incrementándose ese porcentaje año a año hasta alcanzar el 5,75% antes del 2011.

Algunos países, como España, Suecia, Alemania, Francia, Reino Unido y Polonia, ya han trasladado dichas regulaciones a su legislación local. En España, desde el 2002, los biocombustibles no tributan el Impuesto Especial a los Hidrocarburos. En Alemania, existe la propuesta legislativa de eximir totalmente de impuestos al etanol y al biodiesel hasta el 2010. Reino Unido, reducirá desde enero del 2005 el impuesto de hidrocarburos en 20 peniques por litro de bioetanol que se mezcle en la gasolina. En Francia se busca eximir de impuestos a la instalación de una nueva planta de producción de 250 millones de litros. Suecia ha otorgado exenciones impositivas para los usuarios, con un cupo de 220 millones de litros de etanol/año. En Italia existe una propuesta de exención fiscal por 3 años para los combustibles que contengan etanol. En el parlamento de Holanda se encuentra en tratamiento una ley de promoción y exención de impuestos. En Polonia la legislación promueve el uso, vía exenciones al consumo y producción, el objetivo es promover la producción industrial de etanol y de allí exportarlo como combustible al resto de la UE.

En la actualidad en la UE el uso de etanol está limitado ya que una norma impide que los combustibles tengan mas del 2.7% de oxígeno en su contenido, lo que supone limitar el uso del etanol al 7.8%. Asimismo, ciertas refinerías y fabricantes de coches europeos prefieren el ETBE en vez del etanol como aditivo oxigenante renovable.

Igualmente, ya sea para ser utilizado en las mezclas o en la fabricación del ETBE, en el 2005 en la UE15 serán necesarios 4.920 millones de litros de etanol para alcanzar a cubrir el 2% del consumo total de naftas, y 14.146 millones de litros en el 2010 para llegar al 5,75%. Si consideramos a los países aspirantes, la UE25, estas cifras se elevan a 5.393 millones de litros en 2005 y 15.504 millones de litros en el 2010.

**Otros países o bloques económicos** que producen y utilizan o están proporcionando incentivos para extender el uso del etanol como combustible son Canadá -400 millones de



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

litros de producción anual-; China –el mayor productor asiático con casi 3.000 millones de litros anuales<sup>-12</sup>; India - que se encuentra en la etapa inicial del uso del etanol como combustible automotor, con una producción de 1700 millones de litros<sup>-13</sup>.

### **Argentina:**

En la Argentina el uso del etanol como un componente de las naftas reconoce un antecedente en el programaalconafta iniciado al comienzo de la década del '80, en el cual el etanol se derivaba de la caña de azúcar. Ese programa fue discontinuado a fines de la década al perderse el impulso inicial que estaba fundado en desarrollar mercados alternativos a la producción cañera del noroeste del país.

Luego de ello, han sido varios los intentos para promover el uso de biocombustibles, biodiesel y etanol, pero la posibilidad que a los mismos se les aplique un tratamiento impositivo similar al que recae sobre los combustibles líquidos representó una traba y desalentó cualquier inversión en el sector. Los combustibles líquidos están gravados con el impuesto a la transferencia de los combustibles (ITC – Ley 23.966) que equivale aproximadamente en promedio al 27% del precio de venta de las naftas, ya que el monto del gravamen varía en función del tipo de nafta y a su vez tiene un monto mínimo. Tal ley le da un tratamiento especial al biodiesel, exceptuándolo del tributo por un plazo de 10 años, y no menciona al etanol.

Desde el 2001, ha habido un conjunto de iniciativas legislativas tendientes a establecer un marco fiscal que disminuya la incertidumbre mencionada y promueva el desarrollo de los biocombustibles. Los proyectos de tales iniciativas partieron del senado –proyectos de Antonio Cafiero, Edgardo Gagliardi y Daniel Baum- teniendo en común estos tres proyectos de ley el objetivo de darles a los biocombustibles un tratamiento impositivo diferencial y lograr mantener el actual status que los exime del ITC.

En la actualidad hay dos proyectos parlamentarios en el mismo sentido, con la particularidad que el proyecto generado en el senado considera un régimen especial fiscal y de promoción de las inversiones tanto para el etanol como para el biodiesel. En tanto el proyecto de la comisión de energía de la cámara de diputados sólo alcanza al biodiesel no considerando al etanol.

---

<sup>12</sup> Energía Independiente - Compartimiento del Productor de Etanol, Tom Bryan - 2003

<sup>13</sup> The Economics Times - The Ethanol – Shobhan, Roy -President, Martini de Bacardi India Co.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Los puntos salientes del proyecto existente en el senado son: la estabilidad fiscal por 15 años para quienes inviertan en plantas productoras de etanol; la liberación del IVA sobre las ventas de etanol y el uso de certificados fiscales para el pago del IVA correspondiente a las compras que realice la planta; la obligación a las refinerías de mezclar las naftas con un 5% de etanol. El proyecto prevé la creación de un ente de control del mercado que administrará las cuotas de producción y el nivel de precios.

Otras acciones relacionadas con la promoción de los combustibles de origen vegetal han surgido también desde distintos organismos gubernamentales nacionales, tal el caso de la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental, con el Programa Nacional de Biocombustibles, y la Secretaría de Energía que dicto en su momento las normativas técnicas para la producción, almacenamiento y comercialización de tales combustibles.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Sistemas de Producción Utilizados para Obtener Etanol**

La producción del etanol es un ejemplo de cómo la ciencia, la tecnología, la agricultura, y la industria deben trabajar en armonía para transformar un producto agropecuario en un combustible.

El proceso de producción del etanol ha sido inmensamente refinado y actualizado en años recientes ganando en eficacia. El proceso la producción varía ligeramente para cada uno de los tres usos principales del etanol – bebidas, industrial, y combustible-, pero los pasos principales son los mismos.

Para la producción de etanol a partir del maíz hay dos métodos primarios: la molienda seca y la molienda húmeda.<sup>14</sup>

Ambos procesos incluyen esencialmente los mismos pasos: el preparando del feedstock, la fermentación de los azúcares simples, el recupero del alcohol y de los co-productos que van generándose en el proceso -ver gráfico I- . Diferenciándose en la preparación del grano para la molienda y la posterior fermentación.

La elección de uno u otro sistema de producción implica la obtención de un determinado conjunto de derivados o co-productos. Del proceso de molienda seca además del etanol se obtienen los granos destilados secos y solubles (DDGS) que son un alimento de alta calidad para el ganado, ya que contienen una concentración de proteínas, grasas e hidratos de carbono.

Del proceso de molienda húmeda, junto con el etanol se obtiene: aceite de maíz, gluten feed, gluten meal. Estos últimos también se utilizan como alimento animal.

### **Molienda Seca - Dry Milling**

La molienda seca es un proceso de producción para extraer el almidón contenido en el maíz ampliamente aceptado en la industria del etanol, puesto que comparativamente con el método de molienda húmeda tiene menores requerimientos de capital tanto al momento de construir y como de operar la planta.

---

<sup>14</sup> Feasibility of Producing Ethanol from Biomass - National Corn Growers Association - Mann, Michael, and Mike Bryan. - 2001



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Los avances en la tecnología aplicada en el proceso de molienda seca han hecho que en la actualidad la conversión del maíz en etanol sea mucho mas eficaz y productiva que en la primera generación de plantas de molienda seca que operaban en la década del 80. Se han reducido en forma considerable los requerimientos de energía, se incorporaron sofisticados procesos de automatización, las enzimas disminuyeron su costo a su vez que vieron incrementado su poder de conversión, logrando con ello menores tiempos de procesamiento, el desarrollo de cedazos moleculares, todos factores estos que han contribuido a disminuir los costos y aumentar el volumen de etanol obtenido.

El costo de construir una planta de etanol de molienda seca se redujo en un 25-30%, mientras el costo de producción casi el 50% en el curso de los últimos 20 años. Muchas plantas se han integrado verticalmente, anexando explotaciones de feedlots, tambos, o en algunos casos la explotación comercial de peces aprovechando el sistema de reciclaje de las aguas usadas en la planta.

Los 8 pasos principales en la producción de etanol bajo este proceso son los siguientes:

1. Molienda: El proceso de molienda seca comienza con la limpieza del grano de maíz (puede ser cebada o trigo), que ya limpio primero pasa a través de los molinos que lo muelen en un polvo fino - harina de maíz-
2. Licuefacción: La harina de maíz se sopla en grandes tanques donde se la mezcla con agua y las enzimas -amilasa alfa-, y pasa a través de las cocinas donde se licueface el almidón. A la mezcla se le agregan componentes químicos para mantenerla con un pH de 7. En esta etapa se aplica calor para permitir la licuefacción, en una primera etapa a alta temperatura (120-150 °C) y luego a temperatura más baja (95° C). Estas altas temperaturas reducen niveles de las bacterias existentes en el puré o mosto.
3. Sacarificación: El puré de las cocinas luego es refrescado -a una temperatura levemente debajo del punto ebullición del agua- y se le agrega una enzima secundaria (gluco- amylase) para convertir las moléculas del almidón licuado a azúcares fermentables (dextrosa), mediante el proceso denominado de sacarificación. Estas enzimas funcionan como catalizadores para acelerar los cambios químicos.
4. Fermentación: El etanol es producto de la fermentación. La fermentación es consecuencia de las reacciones de las moléculas orgánicas en ausencia de oxígeno. Al puré se le agrega levadura para fermentar las azúcares - cada molécula de glucosa produce 2 moléculas de etanol y 2 de CO<sub>2</sub>- y con ello obtener el etanol y el anhídrido de carbono.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Usando un proceso continuo, el puré fluirá a través de varios fermentadores hasta que se fermente completamente. En este proceso el puré permanece cerca de 48 horas antes que el proceso de la destilación comience. En la fermentación, el etanol conserva mucha de la energía que estaba originalmente en el azúcar, lo cual explica que el etanol sea un excelente combustible.

5. Destilación: El puré fermentado, ahora llamado cerveza, contendrá alcohol -cerca del 15%- y agua -al 85%-, así como todos los sólidos no-fermentables del maíz y de la levadura. El puré entonces será bombeado a un flujo continuo, en el sistema de la columna de destilación, donde la cerveza se hierve, separándose el alcohol etílico de los sólidos y del agua. El alcohol dejará la columna de destilación con una pureza del 90 al 96%, y el puré de residuo, llamado stillage, será transferido de la base de la columna para su procesamiento como co-producto.

6. Deshidratación: El alcohol entonces pasará a través de un sistema de la deshidratación donde se le quitará el agua restante. La mayoría de las plantas utilizan un tamiz molecular para capturar las partículas de agua que contiene el etanol al momento de salir del sistema de destilación. El alcohol puro, sin el agua, se lo denomina etanol anhidro.

7. Desnaturalizado: El etanol que será utilizado como combustible se debe desnaturalizar con una cantidad pequeña (2-5%) de algún producto, como nafta, para hacerlo no apto para el consumo humano.

8. Co-Productos: hay dos principales en este proceso de producción de etanol: el anhídrido carbónico y los granos destilados.

El anhídrido carbónico se obtiene en grandes cantidades durante la fermentación, muchas plantas lo recogen, lo limpian de cualquier alcohol residual, lo comprimen y lo venden para ser usado como gasificante de las bebidas o para congelar carne.

Los granos destilados, húmedos y secos (DDGS), se obtienen del stillage, el cual se centrifuga para separar los sólidos suspendidos y disueltos. Un evaporador se utiliza para concentrar los sólidos disueltos y después se envían a un sistema de secado para reducir el contenido de agua a aproximadamente al 10/12%. Los DDGS contienen el núcleo del maíz menos el almidón.

Algunas plantas del etanol también elaboran un jarabe, que contiene algunos de los sólidos que pueden ser comercializados juntos o en forma independiente de los granos destilados.

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Si bien existe en la Argentina una industria de molienda seca de maíz, no ha desarrollado la producción de etanol. El sector procesa anualmente aproximadamente unas 200.000 tn/año. La mayor concentración de industrias se da en el norte de la provincia de Buenos Aires, Gran Buenos Aires y Sur de Santa Fe con 14 establecimientos y en segundo lugar se ubica el noroeste argentino, con 9 plantas.<sup>15</sup> (ver Anexo V)

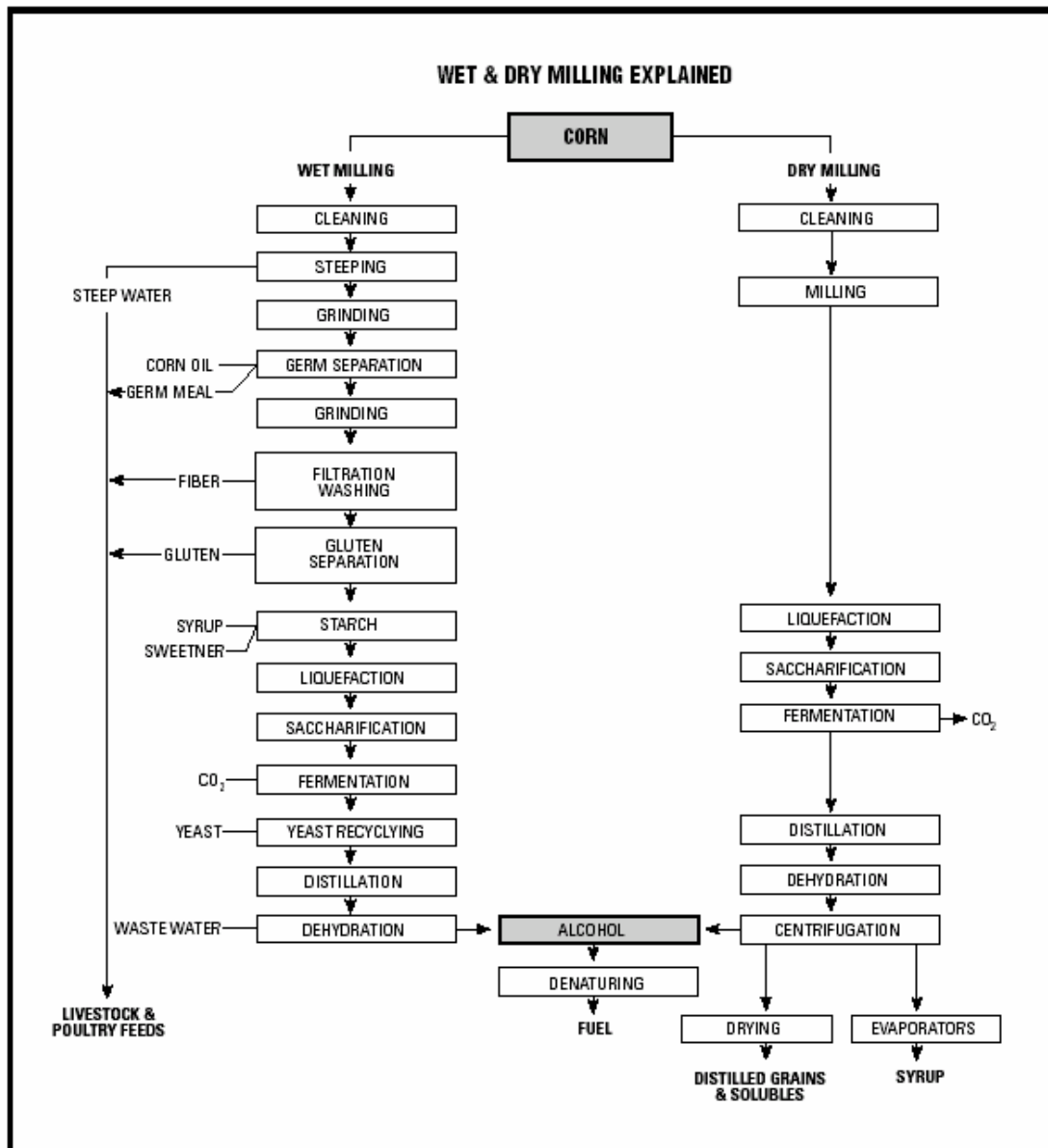


Grafico I: Fuente: U.S. Department of Energy (web)

<sup>15</sup> Agroalimentos Argentinos -Trabajo de Compilación y Análisis de Información - AACREA -2003





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Wet Milling - Molienda Húmeda**

La molienda húmeda es un proceso capital intensivo, en el cual las plantas procesan un gran volumen de granos. En general la capacidad de producción instalada es de varias centenas de millones de litros de etanol/año, cuando las plantas que trabajan bajo el proceso de molienda seca a lo sumo disponen de una capacidad de producción anual de 230 millones de litros (60 millones de galones).

La operación de molienda húmeda es más elaborada porque el grano se debe separar en sus componentes, con la ventaja que al lograr una separación más efectiva de los mismos se obtienen coproductos de mayor valor agregado. En la molienda húmeda solamente el almidón se fermenta, en cambio en la molienda seca se fermenta el puré entero.

La molienda húmeda consiste en empapar el maíz en agua caliente, en un proceso llamado empapamiento, luego se retira el agua y los núcleos ablandados pasan a los molinos y a los separadores donde queda separado el germen, extrayéndose de él como coproducto el aceite de maíz. Las piezas restantes - almidón, gluten y la fibras - se muelen y se pasan a través de separadores donde se retira la fibra, se separa el almidón y el gluten. Luego se lava y se seca el almidón que puede ser utilizado como almidón o es convertido en dulcificantes -jarabes de maíz-, maicenas o etanol.

Sintéticamente los pasos del proceso son los siguientes: (i) Almacenamiento y Limpieza; (ii) Maceración del grano de maíz; (iii) Molienda Gruesa (obtención del germen); (iv) Molienda fina (obtención de gluten feed); (v) Separación de gluten y almidón: obtención del Gluten Meal y del Almidón; (vi) Hidrólisis del almidón.

En Argentina, en la última década, el sector de molienda húmeda ha realizado inversiones en tecnología que han sido muy significativas, puesto que la instalación de una planta mediana, con una capacidad de molienda del orden de las 70.000 toneladas año, requiere una inversión total del orden de los 20 millones de dólares. Esto incluye la maquinaria, edificios, instalaciones y todos los servicios necesarios para la operación de la fábrica. <sup>16</sup>

Si bien los procesos de esta industria fueron originalmente desarrollados en EEUU y Japón; ha sido una tecnología rápidamente que rápidamente se ha importado y adaptado al país. Por esta razón, hoy nuestro país cuenta con una línea de producción, como es la fructosa de segunda generación, que sólo se halla desarrollada en muy pocos países en el mundo y

---

<sup>16</sup> Cafagda - 2004 - Webpage.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

con un importante plantel de profesionales y técnicos con amplios conocimientos y experiencia en esta industria.

Existen siete fábricas instaladas en el país, de las cuales seis procesan maíz y una trigo. Las plantas que pertenecen a: Arcor, ubicadas en Arroyito (Córdoba) y Lules (Tucumán); Productos de Maíz, Chacabuco y Baradero (Buenos Aires); Ledesma - Villa Mercedes (San Luis); Glutal, Esperanza (Santa Fe) trabajan sobre maíz, en tanto que la planta de Semino ubicada en Carcaraña (Santa Fe) es la única que utiliza trigo. El total procesado anualmente por el sector alcanza a 1.000.000 Tn de maíz y 50.000 de trigo, aproximadamente. <sup>16</sup>

Nuevos desarrollos técnicos en este método de producción podrían bajar los costos y reducir a una cuarta parte el tiempo que se necesita para producir el almidón desde el maíz. La nueva técnica consiste en reemplazar el dióxido de azufre utilizado durante la etapa llamada steeping por enzimas con lo que se logra un mayor rendimiento en la descomposición entre el almidón y la proteína con menos dióxido de azufre. En el proceso convencional de steeping, el maíz se remoja en una mezcla de agua y dióxido de azufre por 24 a 36 horas para empezar a descomponer el almidón y la proteína. Después, el maíz se muele para separar el germen de los otros componentes del grano. Luego la pasta aguada sobrante se muele para separar la fibra de la proteína y el almidón. Entonces, el almidón se separa y se convierte a un jarabe u otros subproductos, tal como el etanol, por el proceso de fermentación. En el nuevo método sólo se utiliza una cantidad pequeña de dióxido de azufre para prevenir el crecimiento de microbios durante el tratamiento con las enzimas.

## **Co-productos Derivados de Cada Sistema de Producción**

### **Molienda Húmeda:**

Los co-productos cuando el proceso de obtención de etanol se realiza mediante este sistema son el aceite de maíz, el gluten feed, el gluten meal, y el anhídrido carbónico.

Aceite de maíz: es el coproducto más valioso, y el que en menor cantidad se obtiene.

Gluten feed: es un producto para forraje con un nivel medio de proteína y energía muy utilizado en forrajes completos o concentrados para ganado vacuno y lechero. Está compuesto por la porción fibrosa y proteínas solubles. Contiene un mínimo del 21% de



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

proteínas. Es un alimento balanceado para el ganado, con alta energía metabolizable y con un excelente aporte de aminoácidos y vitaminas. Localmente es producido por Arcor, Productos de Maíz, Ledesma Glutal

Gluten meal -harina de gluten de maíz-: es un producto de alto contenido de proteínas, con mínimas cantidades de almidón y fragmentos fibrosos, utilizado generalmente en la industria avícola para la alimentación de las aves. Tiene muy alto valor proteico y energético, contiene más del 60% de su peso en proteína. Es una valiosa fuente de metionina para complementar otras fuentes de la proteína normalmente usadas. Está constituido por la fracción proteica que se separa en el proceso de molienda húmeda. Localmente es producido por: Arcor, Productos de Maíz, Ledesma Glutal

#### **El Proceso de Molienda Húmeda produce de:**

	1bushel de Maíz		1 Tn de Maíz (1000 kg)
	56 libras	25,4 kg	
Etanol	2,5 galones	9,46 litros	372,58 litros
o			
Almidón	31,5 libras	14,29 Kg	562,52 kg
o			
Sweetner	33 libras	14,97 Kg	589,31 kg
y			
Gluten Feed al 21%	13,5 libras	6,12 Kg	241,08 kg
Gluten Meal al 60%	2,6 libras	1,18 Kg	46,43 kg
Aceite de Maíz	1,5 libras	0,68 Kg	26,79 kg
Anídrido Carbónico	17 libras	7,71 Kg	303,58 kg

Fuente NCGA 2004

#### **Co-productos de la Molienda Seca**

Históricamente son varios los tipos de co-productos residuales que resultan de este método de molienda como medio para obtener etanol, puesto que como hemos mencionado, el proceso en sí consiste en convertir los almidones y azúcares de la materia prima inicial en etanol, por lo tanto en los coproductos se reduce drásticamente el contenido en hidratos de carbono no estructurales y se concentran proporcionalmente el resto de los nutrientes: proteínas, fibra, vitaminas y minerales.

Los coproductos que se obtienen son:

(i) Granos destilados en alguno de los siguientes estados:



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Granos Destilados Húmedos - Distillers Wet Grains (DWG)

Thin Stillage o Distillers Dried Solubles (DDS)

Granos Destilados Secos - Distillers Dried Grains (DDG)

Solubles Destilados Comprimidos - Condensed Distillers Solubles (CDS)

Granos destilados Secos y Solubles- Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS)

(ii) Anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)

### **Granos Destilados Húmedos - Distillers Wet Grains (DWG):**

Después de pasar el stillage a través de un centrífugo, quedan dos productos, el DWG y el stillage delgado. DWG deja el centrífugo a 55 a 65% humedad por ciento, siendo un alimento ganadero excelente, que contiene según estudios de la Universidad de Nebraska un mejor valor de proteínas, ya que el proceso de un mayor secado puede que dañe ligeramente la proteína contenida en el alimento.

### **Thin Stillage - Distillers Dried Solubles (DDS):**

El agua que queda luego del proceso centrifugado es llamada stillage delgado, contiene 2 a 5% de materia seca. La composición del stillage delgado variará según la tecnología de procesamiento de la planta, pero el stillage delgado generalmente contiene entre 5 a 10% de proteína, fibra, grasas y aceite. En varias plantas de etanol, el stillage delgado se vende a los productores cercanos de ganado y tamberos, como un suplemento alimenticio de buen valor nutritivo.

### **Granos Destilados Secos - Distillers Dried Grains (DDG):**

El DWG sale del centrífugo conteniendo aproximadamente el 65% de la humedad y entonces entra en el secador, de donde sale conteniendo aproximadamente el 10% de humedad y el 30% de proteína. Los DDG contienen fundamentalmente residuos no fermentados de los granos originales, levaduras, nutrientes solubles y las partículas de mas finas de los granos. Las características del producto final dependen de la calidad del producto inicial y de las condiciones del proceso (temperaturas y tiempo de cocción, destilación, deshidratación y granulado). En general, concentran entre 2,2 y 3 veces el contenido en fibra, proteína, extracto etéreo y cenizas, en relación con el producto original. El contenido proteico es alto, en torno al 25%, pero es pobre en lisina. El calor aplicado



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

durante los procesos de fermentación, destilación y secado reduce la solubilidad de la proteína y aumentan su indegradabilidad. Sin embargo, la digestibilidad intestinal de sus aminoácidos, tanto para monogástricos como para rumiantes no es muy elevada, especialmente cuando las temperaturas en el proceso de secado superan los 100 °C durante varios minutos. De aquí, que el valor proteico sea superior en los productos húmedos que en los secos. El contenido en grasa de los residuos de destilería es alto (en torno al 5-10%) de carácter insaturado (56% de ácido linoleico). El proceso de hidrólisis y secado posterior al que se somete el producto original aumenta la concentración de ácidos grasos libres.

### **Condensed Distillers Solubles (CDS): Solubles Destilados Comprimidos**

En algunas plantas de etanol, al stillage delgado se le aplica un proceso por el cual se lo evaporado obteniendo un jarabe espeso llamado soluble destilado comprimido (CDS).

Tal jarabe generalmente se mezcla con el grano destilado, aunque también puede venderse como un suplemento alimentario en lugar de agregarlo a los DDG.

### **Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS)<sup>17 18</sup>:**

Los granos destilados secos con solubles (DDGS) se producen cuando al centrifugado se ingresa una mezcla de CD y DDG. La incorporación de los solubles incrementa las proteínas y vitaminas contenidas en los DDG, y facilita la logística de comercialización, dado que no se tiene que comercializar un producto líquido como los CDS.

Los DDGS contienen todo el aceite, la proteína, y nutrientes del maíz original en aproximadamente un tercio del peso del maíz. Debido a la fermentación, los aminoácidos, la grasa, los minerales y las vitaminas restantes aumentan aproximadamente al triple en la concentración comparada a los niveles encontrados en maíz.

Los DDGS de maíz son ampliamente utilizados en la alimentación del ganado. Su valor energético difiere según se consuma fresco o recién procesado o se lo almacene. Son una fuente rica en vitaminas.

---

<sup>17</sup> DDGS DE MAIZ - Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos FEDNA, 1999. C. de Blas, G.G. Mateos y P.G<sup>a</sup>. Rebollar (Eds.).- Madrid, España.-1999

<sup>18</sup> El valor y el uso de DDGS en la alimentación del ganado y de las aves de corral - Universidad de Minnesota Press



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

También se ha demostrado que los DDGS elaborados en plantas de "nueva generación" son una fuente excelente de la energía, de aminoácidos, y fósforo para alimentar cerdos y aves de corral -según una investigación realizada por la universidad de Minnesota-. Hasta hace unos años sólo se alimentaba al ganado con DDGS, puesto que en las plantas de producción de etanol más viejas el proceso para secar el DDGS se realizaba recalentándolo, lo que le restaba digestibilidad y nutrientes esenciales para las aves de corral y los cerdos. Actualmente, DDGS son un sustituto económico del maíz entero o la harina de soja, en la alimentación del ganado y de las aves de corral.

En el 2003, en EEUU se produjeron 3,8 millones de toneladas métricas de DDGS, de las cuales aproximadamente el 98% se generó en las plantas productoras de etanol. El 2% restante lo produjo la industria de las bebidas alcohólicas. De total de la producción anual, el 20% se exportó a la Unión Europea -Irlanda; Reino Unido; Dinamarca; Portugal y España- como alimento del ganado, una cantidad muy pequeña se exportó a México, dejando cerca de 3 millones de toneladas para el uso doméstico en los EEUU y el Canadá, de los cuales la industria lechera utilizó el 60%, los productores de carne el 36% y la pollería y cerdos consumen el 4% restante.<sup>19</sup>

Históricamente, los DDGS han tenido demanda creciente, pero la preocupación es que al haber una mayor producción de etanol, en el mercado se de un exceso de oferta que haga disminuir los precios al que se colocan tales productos.

Si bien los precios del maíz y de los DDGS no han tenido en el pasado un comportamiento exactamente similar, si hay una tendencia de acompañamiento entre ellos, pero en los precios de los DDGS también influyen el valor de los sustitutos, tal el caso de soja, el ciclo en que se encuentren las producciones avícolas, lecheras, y los mercados ganaderos – bovinos y porcinos- , así como los cambios estacionales y la disponibilidad de pastos.<sup>20</sup>

En la industria del etanol, existe una regla, no comprobada, que dice que el 75% de un aumento en el precio del maíz puede ser compensado por un aumento en el precio de venta de DDGS.

---

<sup>19</sup> NCGA – 2004 - Webpage

<sup>20</sup> Corn CoProduct CUTS Ethanol Production Costs- Agricultural Research magazine. Leland C. Dickey – USDA – 2002.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

### **Anhídrido Carbónico**

En EEUU sólo un tercio de la producción de CO<sub>2</sub> a partir del etanol se captura actualmente. En general son las plantas de mayor capacidad de producción las que procesan y aprovechan comercialmente el CO<sub>2</sub>, ya que normalmente no se justifica en las plantas menores la inversión requerida para el proceso de captura, a menos que existan condiciones especiales de comercialización en ese mercado. Una planta con una capacidad instalada de 150 millones de litros de etanol al año, generaría un ingreso anual adicional de unos US\$ 650.000 por la comercialización del CO<sub>2</sub>, para lo cual se debería invertir unos US\$7 millones en instalaciones especiales que incrementarían el costo de construcción de la planta.

#### **El Proceso de Molienda Seca produce de:**

	1bushel de Maíz		1 Tn de Maíz (1000 kg)
	56 libras	25,4 kg	
Etanol	2,72 galones	10,30 litros	405,37 litros
DDGS	18 libras	8,16 kg	321,44 kg
CO <sub>2</sub>	18 libras	8,16 kg	321,44 kg

Fuente NCGA 2004 - Promedio de la Industria



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Nivel de Inversión Requerida para la Instalación de una Planta**

La inversión necesaria para la instalación de una planta de producción de etanol a partir del maíz, dependerá fundamentalmente de tres decisiones:

- (i) el método de procesamiento que va a ser utilizado: molienda seca o húmeda;
- (ii) la capacidad de producción anual de etanol que se proyecte;
- (iii) el conjunto de co-productos para los cuales haya mercado donde comercializarlos y en que estado se lo haga.

La inversión promedio estimada en los EEUU para el ejercicio 2004 que demanda la instalación de una nueva planta de producción de etanol bajo el sistema de molienda seca, calculada como inversión por litro de capacidad de producción anual instalada, es de US\$ 0.37 por litro (US\$ 1.40/galón).<sup>21</sup>

Este valor incluye los gastos incurridos en el planeamiento del proyecto, los estudios previos, el costo de compra del terreno, los costos de construcción e instalación, la adquisición del equipamiento necesario, las autorizaciones/habilitaciones y los fondos iniciales para poner en funcionamiento del proyecto. No incluye el costo del capital invertido durante el plazo de la construcción, que se estima en un rango de 12 a 18 meses.

En tanto, para la instalación de una planta de molienda húmeda se requiere una inversión considerablemente mayor, dada la mayor complejidad técnica y el mayor volumen de procesamiento de este tipo de planta. Lamentablemente no hay disponible información actualizada sobre cual sería la inversión promedio requerida por este tipo de planta, el último dato obtenido corresponde a 1998 provisto por la USDA, era de algo más de US\$ 0.63 por litro (US\$ 2.39/galón) de capacidad de producción anual instalada.<sup>22</sup>

Según la misma fuente, la inversión necesaria para instalar una planta de molienda seca ha disminuido en forma considerable en la última década, de una inversión promedio mayor a los US\$ 0.53 por litro de capacidad anual se la llegado al promedio actual de US\$

---

<sup>21</sup> The Contribution of the Ethanol Industry to the American Economy in 2004- John M. Urbanchuk – March, 2004.

<sup>22</sup> USDA's 1998 Ethanol Cost-of-Production Survey. - Hosein Shapouri, Paul Gallagher, and Michael S. Graboski. - U.S. Department of Agriculture, Office of the Chief Economist, Office of Energy Policy and New Uses. Agricultural Economic Report Number 808.





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

0.37 por litro, donde el nivel de inversión menor lo tiene una planta de reciente construcción con US\$ 0.28 por litro.

En cuanto a la complejidad de la construcción e instalación de una planta de etanol, que opere bajo el sistema de molienda seca es media, con excepción de las partes especiales del equipamiento, vinculadas especialmente al control de los procesos, el resto del equipo puede ser provisto por contratistas locales y regionales.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Factores a Considerar al Definir la Localización de una Planta**

La decisión de donde localizar una planta de producción de etanol ya es de por sí una decisión difícil y con importantes consecuencias sobre el futuro desarrollo del negocio.

Al momento de evaluar en que sitio es más conveniente la instalación de una planta se deben tener en consideración numerosos factores junto con la disponibilidad en abundancia del recurso primario, el maíz. Factores como la provisión de agua; la energía - gas y electricidad-; la distancia y el sistema de transporte existente que la comuniquen con los mercados demandantes; la existencia de una fuerza de trabajo calificada y la cercanía de una comunidad que le pueda dar soporte a la planta y su personal, -servicios técnicos-profesionales, asistencia médica, etc.-, son críticos tanto para un buen funcionamiento de la planta de producción como para su éxito económico financiero a largo plazo.

Un estudio para determinar la localización de una planta tendría que considerar los siguientes elementos/factores:

1- **La existencia de recursos primarios o feedstock**, en este caso, de maíz.

El método más utilizado para ello es basarse en una serie histórica que considere la disponibilidad y la evolución del precio del grano en la zona en los 10 años anteriores al momento del estudio.

Sin embargo, el factor más importante es determinar cómo la instalación de esa planta influirá sobre el precio del maíz disponible para su aprovisionamiento. La magnitud de este impacto en el precio y su distribución alrededor de la planta será distinta para cada planta.

Estudios realizados en los EE.UU. revelan que la instalación de una planta mediana de producción de etanol en un área rural tiene un efecto positivo sobre el precio del maíz tanto en el área donde se localiza como regionalmente, donde no ha habido un resultado concluyente es en la cuantificación de ese efecto.

Si de esas observaciones surge que el impacto en el precio siempre es más alto en el sitio mismo de la planta, teniendo efecto decreciente en la zona de influencia que va de los 50 a 160 kilómetros a alrededor de la misma.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Naturalmente el efecto sobre el precio es mayor en las zonas mas alejadas de los puertos y de los mercados terminales, que de por si tienen menores precios, así como en las comunidades donde su estructura productiva depende únicamente de la actividad agropecuaria y no cuentan con otras formas de industrialización que le den mayor valor agregado a sus producciones.

También se observa que si la producción del grano es baja o se encuentra muy concentrada, la instalación de una planta tiene un mayor efecto en el precio.

Asimismo, debería considerarse que efecto tendría la competencia por el recurso, la posibilidad real o potencial de la instalación de otra u otras plantas productoras de etanol o de plantas de industrialización alternativas de maíz en la zona de influencia.

En el caso estadounidense cuando las plantas son propiedad de una cooperativa de productores, como tienen definidas políticas de aprovisionamiento por las cuales la mayor parte de sus necesidades las cubren con el aporte de las producciones de sus socios, que en general no están ubicados mas allá de un radio de 80km de la planta, lo que se ve es que el efecto de la actividad de esas plantas sobre precio del maíz en la región es menor.

Otro factor a tener en cuenta referido al insumo básico, es el rendimiento del tipo de maíz que se obtiene en la zona en cuanto a cantidad de etanol resultante por tonelada de grano procesada así como el rendimiento y calidad de los coproductos logrados.

La proximidad de la planta a la fuente de provisión de feedstocks es crítica, puesto que las entradas de materia prima tendrán un volumen tres veces mayor que los envíos, de allí que es una opción estratégicamente no recomendable el instalar una planta en una zona donde no haya suficiente disponibilidad de granos y que el mismo deba transportarse desde una distancia considerable a la planta de procesamiento.<sup>23</sup>

2- **Agua:** Cuál es el caudal disponible, su calidad y la necesidad o no de procesamiento previo.

El consumo de agua que requerirá la planta estará en función al método de obtención del etanol - molienda seca o húmeda-, así como del tipo de tecnología aplicada en el proceso.

El agua utilizada en las plantas de etanol de mas reciente tecnología bajo el sistema de molienda seca, es de poco menos de 1000 litros por tonelada de maíz procesado, en

---

<sup>23</sup> IOWA Ethanol Plant Pre-Feasibility Study for the Iowa Ethanol Sub-Committee - 2000 - Bryan & Bryan, Inc., (BBI)



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

plantas de tecnología antigua –de mediados de la década del '80 ese consumo era superior a los 3.700 litros/tn.

Si bien es cierto que mucha del agua usada en la planta puede ser reciclada, disminuyendo la necesidad de provisión de agua y el volumen de los efluentes, existen ciertas áreas donde se requiere de la provisión de agua nueva, tal como el agua que se utiliza para agregarle a la molienda y formar el caldo de fermentación. En cambio, el agua que se utiliza en la torre de enfriamiento puede ser reciclada, puesto que esa agua no entra en contacto con la masa, por lo cual en este caso sólo se requiere bajarle la temperatura al agua y agregarle agua nueva para reemplazar la pérdida resultante de la evaporación que ocurre en la torre de enfriamiento.

El reducir el volumen de los efluentes líquidos que genera el proceso productivo tiene un impacto directo en los costos de operación, puesto que disminuye el costo de tratamiento de las aguas utilizadas, por tal razón, en las nuevas plantas se están incorporando desarrollos tecnológicos que a tienden a lograr efluentes casi cero.

**3- Energía disponible:** Si bien durante los últimos 15 años se ha reducido la intensidad de energía consumida en el proceso de conversión del maíz a etanol aún se requiere una considerable cantidad de gas y electricidad. Se ha pasado de necesitar 17.200 BTUs a aproximadamente unos 11.890 BTUs de energía total para producir un litro de etanol que contiene 20.777 BTUs (76,000 BTUs/galón) de energía (Datos al 2003).

**3-(i) Gas Natural:** La planta debería encontrarse próxima a algún ducto principal de transporte de gas natural, puesto que la utilización de gas natural generará una ventaja económica significativa frente a la alternativa de utilizar propano u otro combustible.

Igualmente, es importante prever opciones, para el caso que el gas natural no este disponible, o incremente su precio. La opción primaria normalmente es complementar el gas natural con el propano, otra alternativa podría ser el gas de metano producto de un proceso de conversión anaeróbico a partir del estiércol de los feedlots.

La desventaja de utilizar esta última alternativa es que requiere un tratamiento previo a su uso para eliminar suciedades y contaminantes, a su favor esta su disponibilidad en áreas rurales.

Además del acceso al gas, se debería contemplar la posibilidad de proveerse del mismo en el mercado libre mayorista, pagando un cargo fijo por la capacidad de transporte y distribución más un cargo variable en función de la energía efectivamente consumida.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

La producción de etanol a partir del maíz requiere, en promedio, un consumo de gas natural equivalente a 9.246 BTU para producir un litro (35.000BTU/galón) de etanol anhidrido

3- (ii) **Electricidad:** La operación de una planta de producción de etanol consume una gran cantidad de energía eléctrica con un alto factor de potencia. En general será necesario establecer dentro del predio una subestación y prever un sistema de alimentación alternativo que le de fiabilidad a la disponibilidad de este insumo, una posibilidad es pensar en alternativas de cogeneración si los costos a los que se puede recibir el suministro es demasiado alto o si el estado de la infraestructura de distribución no es de una alta confiabilidad.

El requerimiento mínimo en el estado actual de la tecnología es de 0.192 kWh por litro (0.75/galón) de etanol anhidro elaborado, el promedio en las plantas de reciente construcción es de 0.225 kWh y en las más antiguas el promedio se eleva a 0.317 kWh por litro.

Al igual que en el caso del suministro del gas natural, deberían negociarse las condiciones de suministro potencial en forma previa a la elección definitiva del sitio de instalación.

#### 4- **El sistema de transporte existente**<sup>24</sup>:

**Rutas de acceso:** la planta debería estar ubicada sobre o próximo a un ruta troncal, con buenos accesos para entrar y salir desde la carretera principal.

El camino de acceso a la planta debe diseñarse de forma tal que no provoque inconvenientes en el flujo vehicular sobre la ruta principal, para que lo puedan transitar cómodamente dos camiones semi remolque a la vez y de manera que el costo de mantenerlo en buen estado sea el mínimo posible.

**Acceso ferroviario:** El disponer de un acceso directo al servicio ferroviario será necesario cuando se proyecta construir una planta de alta capacidad de producción, puesto que utilizar este medio de transporte le permitirá un funcionamiento mas eficaz y un mejor aprovechamiento de las instalaciones, y a su vez descargará el flujo de transito en las rutas de acceso. (ver tabla I)

---

<sup>24</sup> Review of Transportation Issues and Comparison of Infrastructure Costs for a Renewable Fuels Standard September 2002

Downstream Alternatives, Inc., Infrastructure Requirements for an Expanded Ethanol Industry (South Bend, IN - 2002).

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Otras situaciones en la cual el acceso directo al tren se torna relevantes se dan cuando se estima (i) comercializar el etanol mas allá del área regional, ya sea en el ámbito nacional o exportarlo, (ii) proveerse del insumo básico, el maíz, de una área mas allá de la zona de influencia, puesto que el costo del flete ferroviario es mas conveniente que el flete por camión a partir de determinadas distancias.

Si se dieran en forma conjunta las situaciones mencionadas, será necesario prever detalladamente el manejo de las cargas, ya que una de las desventajas de este medio de transporte es su poca flexibilidad.

Aunque inicialmente no se prevea la necesidad de contar con un acceso al ferrocarril, hay que considerar que contar con tal posibilidad puede ser muy útil en un futuro, para incrementar o mantener la rentabilidad de la planta. Ya que si la totalidad de la producción de la planta se vende local o regionalmente, podría suceder que en el mediano plazo el mercado alcance su saturación y el precio que se obtenga por el producto refleje esa sobreoferta o que el mayor costo del flete por camión a distancias mas lejanas tenga el mismo efecto erosionando los márgenes de rentabilidad del negocio.

<b>Flujo de Transporte</b>		Tabla I			
a- La planta mueve toda su producción sólo mediante camiones					
		Si Produce			
		30.000.000 de litros/año		50.000.000 de litros/año	
Movimiento		Anual	Diario	Anual	Diario
<b>Camiones Entrantes</b>					
	Con maíz	3.082	9	5.137	14
	Otros insumos	720	2	1.080	3
<b>Camiones Expedición</b>					
	Etanol	991	3	1.651	5
	DDGS	716	2	1.193	3
	<b>Total Camiones</b>	<b>5.509</b>	<b>16</b>	<b>9.061</b>	<b>25</b>
b- Ingresa el 100% de los insumos a la planta por camión. Su producción se envía 50% en camión y 50% por tren					
		Si Produce			
		30.000.000 de litros/año		50.000.000 de litros/año	
Movimiento		Anual	Diario	Anual	Diario
<b>Camiones Entrantes</b>					
	Con maíz	3.082	9	5.137	14
	Otros insumos	720	2	1.080	3



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>Expedición Etanol</b>				
Camiones	495	1,4	826	2,3
Vagones	132	0,4	220	0,6
<b>Expedición DDGS</b>				
Camiones	358	1,0	596	1,7
Vagones	138	0,4	230	0,6
<b>Total Camiones</b>	<b>4.655</b>	<b>14</b>	<b>7.639</b>	<b>21</b>
<b>Total Vagones Tren</b>	<b>270</b>	<b>2</b>	<b>451</b>	<b>2</b>

Supuesto: trabaja 360 días/año

Fuente: elaboración propia

Otros sistemas de transportes, sus inconvenientes:

El transporte por agua utilizando el sistema de barcazas tiene un conjunto de inconvenientes: la propiedad física del etanol a incorporar humedad, la disponibilidad de barcazas, y la congestión de los muelles en la época que se producen los embarques de las cosechas.

El transporte de etanol mediante ductos no es actualmente considerado un modo rentable de transporte debido a los requerimientos especiales que debería tener tal tubería, dada la comentada propensión del etanol a absorber el agua.

Al definir la localización de una planta, tanto las alternativas de transportes disponibles junto con las distancias a los centros de mayor consumo de los productos elaborados, limitan la posibilidad de acceder competitivamente a todos los mercados, por esta razón la premisa básica vendrá desde la estrategia comercial respecto a cuales son los mercados en los que se proyecta colocar el etanol elaborado y los demás coproductos. Si toda la producción se comercializa únicamente en el mercado local se corre el riesgo de generar una sobreoferta del producto con la consiguiente baja del precio al que podemos colocar la producción. Si en cambio, se prevé sólo la venta a nivel regional o la exportación, habrá que tener en cuenta el efecto de los mayores costos de transporte en la rentabilidad proyectada, se tendrá que hacer frente a una mayor competencia potencial de otras plantas productoras que estén localizadas a distancias equivalentes o menores de la nuestra respecto de los mercados en los prevemos comercializar nuestra producción.

La estrategia comercial-operativa que se defina también influirá en la capacidad de almacenaje que requiera el funcionamiento de la planta.

Otros factores que influyen al considerar la instalación de una planta son desde lo operativo: (i) la proximidad con los mercados potenciales donde colocar los coproductos; (ii) las reglamentaciones locales referidas al tratamiento de los efluentes, las



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

autorizaciones y permisos requeridos para la instalación; desde lo político económico, (i) el apoyo de la comunidad local al proyecto; (ii) el tratamiento fiscal tanto de la inversión inicial como de la operatoria posterior.

## Tamaño del terreno donde instalar la Planta

La decisión sobre cual debería ser la superficie de terreno sobre la que se instalará la planta de producción dependerá básicamente del volumen de procesamiento anual estimado. Aunque también impacta sobre ella, en orden decreciente de importancia, (i) el tipo de transporte que se estima utilizar tanto para la recepción del maíz como para el envío de los productos elaborados, camión o ferrocarril, o la relación de uso entre ambos; (ii) los planes de expansión futura y los objetivos de integración vertical –feedlots, acuaculture, o una unidad de la cogeneración; (iii) como se resolverá el tema del almacenamiento del grano previo a la elaboración, del alcohol y de los demás subproductos; (iv) como se realizará el tratamiento de las agua utilizadas; puesto que la superficie que ocupará la propia planta de procesamiento es bastante pequeña.

Sin perjuicio de lo expuesto, podemos mencionar que la regla general que se maneja en EEUU en cuanto a la superficie requerida para la instalación de una planta de producción definida de acuerdo al factor de capacidad de producción anual y el sistema de transporte utilizado, es la siguiente:

Capacidad Instalada de Producción Anual		Superficie		Sistema de Transporte
Millones de gpy	Millones de litros/año	En acres	en hectáreas	
< 10	< 37,85	10	4,05	Camión
< 15	< 56,78	14	5,67	Camión
< 20	< 75,70	18	7,28	Camión/Tren
< 30	<113,55	19-23	7,7 a 9,3	Camión/Tren
< 40	<151,40	30-35	12,1 a 14,2	Camión/Tren/Otros

## Superficie de Producción Necesaria para Alimentar una Planta

Si consideramos que en la actualidad una planta de producción de etanol mediante el sistema de molienda seca transforma una tonelada de maíz en aproximadamente 410 litros de etanol anhidro desnaturalizado, se requerirá poco mas de 23 mil toneladas de granos por cada 10 millones de litros de etanol que se produzcan. La superficie de





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

producción necesaria para alimentar el consumo de la planta estará en función del rendimiento por hectárea que logren los productores en la zona en que se provea la planta. En el siguiente cuadro se puede observar para distintas capacidades de producción, el volumen de granos necesarios y las superficies requeridas considerando tres niveles diferentes de rendimientos alcanzados por el productor.

Planta Capacidad de Producción Etanol Anhidro Desnaturalizado Litros/Año	Maíz Tn Necesarias	QQ de Rendimiento por Hectárea		
		75	80	90
		Superficie Cultivada Necesaria		
10.000.000	23.180	3.091	2.898	2.576
15.000.000	34.770	4.636	4.346	3.863
20.000.000	46.360	6.181	5.795	5.151
30.000.000	69.540	9.272	8.693	7.727
50.000.000	115.900	15.453	14.488	12.878

Supuesto: Rendimiento Etanol 2,75 gl/bh



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Desarrollo Regional**

### **Generación de Empleos: directos e indirectos**

Las inversiones en nuevas plantas de producción de etanol, los desarrollos tecnológicos asociados, los gastos incurridos en la propia producción, generan un efecto positivo sobre la economía general estimulando la demanda global, y particularmente en la actividad económica de las comunidades rurales donde se localizan las plantas de producción.

Creando en el área de influencia, nuevos puestos de trabajos directos e indirectos. Al ser una industria con alto grado de automatización y tecnología en sus procesos no requiere una gran cantidad de personal directo, pero si por los mismos motivos el personal debe ser calificado, siendo por lo tanto sus remuneraciones mayores al promedio.

Cada planta en su funcionamiento requiere servicios y productos realizados por terceros. Esto se traduce en una demanda creciente para otras industrias y profesiones independientes. Las plantas son grandes consumidoras de productos químicos industriales; electricidad; gas natural; agua; servicios de transportes; comunicaciones; servicios de gestión tanto tecnológica, empresarial como legal.

En el caso estadounidense, se estima que en esta etapa donde las plantas son de mayor capacidad y más tecnificadas la industria del etanol esta generando un empleo directo por cada 3 millones de litros/año de capacidad instalada. Teniendo un gran efecto multiplicador por cada puesto de trabajo directo creado puesto que estiman que esta industria le esta aportando a la economía americana unos 200.000 empleos, entre indirectos y relacionados.

### **Incremento en el Nivel de Ingresos**

La instalación de una planta incrementa los ingresos adicionales de los productores agropecuarios, ya que como hemos visto la mayor demanda del maíz hace que los productores reciban un mayor precio por sus productos, lo cual implica un aumento del precio sostén del maíz en la región, siendo tal efecto un beneficio que capitalizan todos los productores de maíz en la región, tanto si vende o no su maíz a la planta de etanol ubicada en su zona.

Asimismo, volviendo sobre la experiencia estadounidense, allí, la remuneración anual promedio, incluyendo los beneficios sociales, para los puestos directos es de US\$ 46.000, siendo el efecto multiplicador sobre estos ingresos en el nivel de ingresos general de la



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

economía en el área de influencia de 1.8, es decir por cada dólar pagado como remuneración por la planta de producción el ingreso total agregado en la zona de influencia aumenta en 1.8 dólares.

En tanto los ingresos de la planta en si misma, por la facturación de sus productos y coproductos tienen un índice multiplicador del 1.34 en los ingresos de la economía del área. Otro índice busca determinar como los ingresos adicionales afectan el poder adquisitivo del consumidor en el área de influencia de la planta vía su impacto en las ventas al por menor, la relación en este caso es de 0.8 por cada dólar pagado como remuneración directa, dividendos, derechos de autor, rentas. <sup>25 26</sup>

### **La figura de la asociación cooperativa de productores como impulsora de la inversión en la instalación de plantas de Etanol**

La industria del etanol en los EEUU ha tenido tres estructuras distintas en su breve historia. En primeros años de la década del 80, desde el gobierno federal se estimuló la construcción de centenares de pequeñas plantas, que dejaron de ser rentables ante la baja del precio del petróleo. La quiebra y desaparición masiva de aquellas, llevó que a fines de la década una sola compañía dominara el mercado, Archer Daniels Midland (ADM), elaboraba casi el 80% de la producción total de etanol en ese país.

La tercera etapa comienza a partir de mediados de los 90, con el surgimiento de instalaciones de mediana capacidad de producción propiedad de productores agropecuarios. El origen de esta tercera etapa, podemos encontrarlo en la política de incentivos fiscales que el estado de Minnesota implementó para apoyar la instalación de pequeñas y medianas plantas de producción en zonas rurales, que luego fue seguida por otros estados.

Estas normas alentaron el desarrollo de plantas propiedad de cooperativas de productores, que han visto en ellas una forma de incrementar la demanda y asegurar el precio futuro de su producción de granos, de diversificar su inversión y participar en el negocio, minimizar el efecto del costo del transporte disminuir .

---

<sup>25</sup> The Husker Ag Ethanol Plant at Plainview, Nebraska October 2003 - Donis N. Petersan, Economic Development Department Nebraska Columbus

<sup>26</sup> Price/Income Impacts Resulting from the Husker Ag Ethanol Production Facility-Impacts on Local/Area Corn Prices Montana State University, Ethanol Plant Location Analyzer.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Otras ventajas que logran los productores al ser miembros de una cooperativa son: minimizar el costo de transporte, vender su producción en el momento de cosecha, por lo tanto no asumen los costos de secarlos, ya que el maíz usado en la producción del etanol puede contener hasta un 32% de humedad.<sup>27</sup>

Asimismo, mas allá de los incentivos fiscales que le dieron origen, en EEUU, las plantas productoras de etanol propiedad de cooperativas de productores agropecuarios han demostrado ser excepcionalmente eficaces para disminuir los efectos de los ciclos en este negocio, por ejemplo durante 1995 y 1996 cuando el precio del maíz se incremento, alcanzando los US\$ 200 por tonelada, y se produjo el cierre de 11 plantas productoras de etanol, sobre un total de 42 plantas existentes en ese momento (26% del total)-, ninguna de ellas era propiedad de una cooperativa de productores. La estructura cooperativa actuó estabilizando las pérdidas potenciales, el precio pagado por el maíz a los productores miembros fue inferior para continuar con el movimiento de tesorería de la planta.

Políticas de funcionamiento de las cooperativas que ayudan a su éxito:

- Los productores miembros sólo se comprometen a aportar una parte de sus cosechas, lo que les permite incrementar y diversificar las fuentes de aprovisionamiento, disminuyendo los riesgos de ante un menor rinde.
- Los productores mantienen el control de la mayoría de los votos y controlan la junta directiva de las cooperativas.
- La junta directiva no maneja en forma directa la actividad de la planta sino que le entrega el manejo a un equipo gerencial experimentado mediante un contrato de management. En algunos casos, la contratación de un management profesional para que ejerza la dirección de la planta propiedad la cooperativa es un pre-requisito de quienes aportan parte del capital para llevar adelante el emprendimiento, también sirve para lograr un mayor apoyo de las instituciones financieras.

A fines de 2003, el 40% de la capacidad instalada de producción de etanol estaba en manos de cooperativas de productores, 32 de las 72 planta en producción eran propiedad de cooperativas, así como 12 de las 15 plantas en construcción. <sup>28 29 30</sup>

---

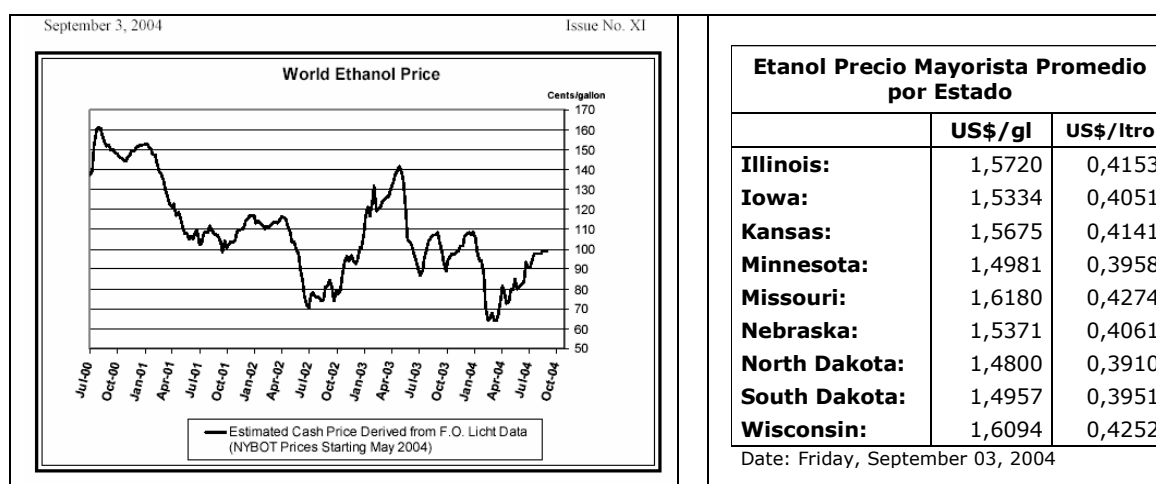
<sup>27</sup> Sunrise Energy Cooperative by Rodney J. Fink - Western Illinois University - 2001

<sup>28</sup> Farmer Ownership of Ethanol Plants

<sup>29</sup> The Contribution of the Ethanol Industry to the American Economy in 2004- John M. Urbanchuk – March, 2004.

## Ecuación Económica de la Producción de Etanol

### Precio del Etanol en el Mercado Internacional y Estadounidense



El precio del etanol en el mercado internacional de acuerdo a la cotización de la NYBOT (al 3/sept/04) se aproxima al dólar por galón (US\$ 0.261 por litro), FOB en puerto de origen.

Si bien están autorizados a operar contratos de provisión de diversos países, y la demanda es abierta, la formación del precio esta muy afectada por la oferta de etanol a partir de caña de azúcar de Brasil, así como del lado de la demanda por las compras de Japón.

En el mercado estadounidense, en 9 estados productores, el precio promedio mayorista, en la misma fecha, del galón de etanol destinado a ser utilizado como combustible era de US\$ 1.546 (US\$ 0.408 por litro), un 56% mayor que el precio de pizarra en NYBOT.

Con este costo mayorista el etanol más el efecto de la exención impositiva (US\$ 0.52 por galón) es competitivo frente al costo de las naftas para las refinerías, puesto que el costo neto para las mismas se ubicaría próximo al dólar por galón.

En el precio del etanol en los EEUU influyen: (i) la competencia con sustitutos y su relación con los complementarios; (ii) el precio del maíz y su impacto en el mercado de los alimentos.

i- Competencia con sustitutos y su relación con los complementarios:

<sup>30</sup> Synergy in Energy- Ethanol Industry Outlook 2004 - Renewable Fuels Association



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

El etanol compite con otros oxigenantes y elevadores de octanaje así como con la nafta en si misma y la nafta mezclada con etanol, por tal motivo el precio de venta del etanol tiene una alta correlación con el precio de las naftas y de las mezclas de naftas con etanol.

El mayor efecto en el precio de etanol se origina en las variaciones de la oferta y demanda del propio producto en mercados específicos donde directamente esta sustituyendo otras ofertas de componentes oxigenantes. Como por ejemplo, en las regiones donde el MTBE está dejándose de usar por su riesgo de contaminación de las napas de agua, y se demanda en forma creciente el etanol o ETBE como oxigenantes de las naftas.

La utilización de combustibles renovables, como el etanol, mezclados con las naftas, produce un efecto sustitución que incrementa el volumen disponible de nafta. Por lo cual esa mayor oferta debería tener un efecto regulador a la baja sobre el precio de las naftas. Si esa variación de precio impacta o no en el precio minorista de las mezclas combustibles dependerá de la relación de precio entre las naftas y el etanol, y las cargas impositivas que recaigan sobre ellos.

ii- El precio del etanol y su relación con el precio del maíz. Su impacto en el mercado de los alimentos.

La experiencia en el mercado estadounidense muestra que el precio de maíz tiene una baja influencia sobre el precio del etanol, por tal motivo, a precios bajos del maíz no siempre implica un menor precio en el etanol, y así como tampoco, un mayor precio del maíz lleva necesariamente a elevar el precio del etanol.

Si en cambio, muestra que existe una relación entre el volumen de maíz destinado a la producción de etanol y el precio del maíz. Varios estudios han demostrado que el precio del maíz en los mercados cercanos a las plantas de etanol aumenta entre US\$ 2 a US\$ 3.15 por tonelada (0.05 y 0.08 de dólar por bushel), y que el efecto sobre la demanda global de maíz en el país que genera la producción de etanol ayuda a sostener el precio del maíz a nivel nacional.

Siguiendo esta línea, según otros estudios ese aumento en el precio del grano, por la mayor demanda que genera su uso en la fabricación de combustibles renovables, no debiera resultar en un incremento significativo en los precios al consumidor de los comestibles, puesto que dentro del valor al que los comestibles llegan al consumidor la participación en los costos del precio de las materias primas agrícolas es



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

considerablemente menor a la participación de los costos de procesamiento, comercialización y transporte que incluye tal valor.

En tanto en la ganadería y en el sector avícola, el incremento en la utilización del maíz para la producción de etanol tendrá un efecto sustitución en el tipo de alimentación. Se pasara a utilizar un mayor volumen de coproductos, puesto que su precio tenderá a la baja, que compensará el efecto de un mayor precio del maíz.

### **Ecuación Económica del Negocio**

El resultado de la planta dependerá además del precio al que comercialice el etanol y su costo de producción, de los ingresos que pueda obtener por la venta de los co-productos y del costo que tenga la estructura de financiamiento que se haya elegido al momento de realizar la inversión. Asimismo, junto con estos habrá que considerar el efecto que los costos de transporte puedan tener sobre los resultados del negocio, ya sea que se paguen en forma explícita o implícitamente afecten el precio de adquisición de los insumos y/o de venta de la producción.

### **Costo de Producción**

El costo de producción del etanol se compone del: (i) costo al que pueda obtenerse el feedstock, el insumo básico, en este caso el maíz; (ii) los costos operativos de la conversión: el costo de la energía requerida por el proceso –electricidad y gas-, enzimas, levaduras, químicos, los costos laborales, el agua, el tratamiento de los efluentes, reparaciones y mantenimiento, impuestos y seguros; (iii) la amortización de la inversión en instalaciones y equipos.

El siguiente cuadro muestra la evolución que ha tenido en los EE.UU. el costo promedio de producción de etanol bajo el sistema de molienda seca:

<b>Costo de Producción Promedio EEUU</b>		
<b>Año</b>	<b>US\$/gl</b>	<b>US\$/ltro</b>
<b>1978</b>	2,4700	0,6525
<b>1994</b>	1,4300	0,3778
<b>1999</b>	1,1670	0,3083
<b>2003</b>	1,1000	0,2906

Fuente: McAloon

Los adelantos tecnológicos en los sistemas de producción, las mejoras en las enzimas y levaduras, han reducido substancialmente los costos de producción del etanol a partir del



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

maíz. Las innovaciones buscan bajar el costo de producción a puntando, a hacer más eficiente el proceso de fermentación y separación del maíz, o, a lograr la recuperación de nuevos subproductos. Dentro de esto último, se destaca el desarrollo de la Universidad de Illinois para que vía una solución usando el mismo etanol como solvente aislar un nuevo subproducto, la proteína zein, al desintegrar el endosperma del maíz en los procesos de molienda seca. Se estima que dado el precio al que se puede comercializar esa proteína, el costo por galón podría bajar en US\$ 0.10. <sup>31</sup>

---

<sup>31</sup> Annual Report - USDA -2002





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Estructura de Económica del Negocio:

### Su Viabilidad en la Argentina

Con el objeto de analizar si es factible llevar adelante en el país la producción de etanol a partir del maíz, para ser utilizado como un componente de los combustibles, hemos desarrollado un modelo de negocio que reproduce la estructura de ingresos y costos de las plantas que actualmente producen etanol bajo el sistema de molienda seca.

El supuesto básico a partir del cual se construyó el modelo ha sido que la tecnología empleada por la planta del modelo se corresponde con la tecnología utilizada en promedio por las plantas de molienda seca actualmente en producción en los EE.UU. Lográndose, por lo tanto, los siguientes rendimientos en el proceso de conversión del maíz a etanol:

<b>Supuestos Eficiencia de la Conversión</b>				
	<b>Por Bushel de Maíz</b>		<b>Por Tonelada de Maíz</b>	
<b>Etanol Anhidro Desnaturalizado Producido</b>	gal/bu	2,75	lt/Tn	<b>409,84</b>
<b>DDGS</b>	lb/bu	18	kg/Tn	321,44
<b>CO2</b>	lb/bu	18	kg/Tn	321,44

Valores promedio logrados por la industria en EE.UU. (2003/04)

## Dimensión del Mercado

El paso siguiente ha sido estimar cual sería la demanda potencial para el etanol como componente de los combustibles utilizados en nuestro mercado. Para ello partimos del actual nivel de consumo de naftas, que se ubica en los 3.400 millones de litros/año. - detalle de la evolución del consumo: Anexo V – pto. II-.

Si en nuestro país se lograra como propone el proyecto de ley de biocombustibles, que todas las naftas tuvieran en su composición el 5% de etanol, la demanda de etanol anualmente alcanzaría a poco más de 170 millones de litros.

Ese volumen se podría incrementar a aproximadamente 200 millones de litros/año si se considera la utilización de etanol dentro de la formulación del biodiesel, condicionado a que este último a su vez alcance una participación del 5% dentro del consumo anual de gasoil. No hemos considerado ningún efecto sustitución entre combustibles: naftas, diesel, gnc.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Tomando como dimensión del mercado potencial los 170 millones de litros año, se determinó para la planta modelo una capacidad de producción instalada de 40 millones de litros/año, logrando un equilibrio entre el volumen de producción, las economías de escala generadas y los requerimientos de aprovisionamiento y transporte que demandaría una planta de tal capacidad. Asimismo, con ese nivel de capacidad de producción es posible instalar otras 3 o 4 plantas de similares características en el país, tal vez, localizándolas regionalmente.

Para un volumen de 170 millones de litros/año, de acuerdo con los factores de conversión antes mencionados se requeriría procesar aproximadamente unas 400 mil toneladas/año de maíz, que provendrían, en función del rendimiento por hectárea que se logre, de cultivar unas 50.000 ha.

<b>TN y Superficie Necesaria para Abastecer Teórico Potencial País</b>						
Consumo de Nafta Total País miles de litros	Volumen Etanol al <b>5,0%</b>	Maíz Tn Necesarias	QQ de Rendimiento por Hectárea			
			75	80	90	
			Superficie Cultivada Necesaria			
Año 2003 3.378.581	168.929	391.577	52.210	48.947	43.509	
Año 2004* 3.414.252	170.713	395.711	52.761	49.464	43.968	

\* estimado base Junio04

### **Inversión en Activos**

Incluye la inversión en la adquisición de la tierra, la construcción de los edificios y silos de almacenaje, la compra e instalación de los equipos, y el capital operativo inicial.

En el modelo se tomó un valor de inversión inicial equivalente a US\$ 0.46 por litro de capacidad anual instalada -US\$ 1.73 por galón de capacidad instalada-. Ese valor de inversión por litro se corresponde con los valores del mercado estadounidense, no se lo corrigió puesto que si bien se estima que la inversión necesaria en la compra del terreno, en las construcciones será menor en la Argentina, esa menor inversión se podría compensar con mayores costos al momento de adquirir e instalar los equipos.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>Inversión en Activos por unidad de Capacidad Instalada Anual</b>					
Millones de Galones /Año	<10	10	20	40	>40
Millones de Litros /Año	< 37,9	37,9	75,7	151,4	> 151,4
US\$/GI CiPA	1,82	1,73	1,65	1,50	1,25
US\$ por litro CiPA	0,48	0,46	0,44	0,40	0,33
Indice de ajuste inversión en argentina		0%			
US\$/GI CiPA	1,82	1,73	1,65	1,50	1,25
US\$ por litro CiPA	0,48	0,46	0,44	0,40	0,33
Disminución del 1% por cada 2 millones de galones de incremento de la capacidad instalada					

La instalación de la planta con una capacidad instalada de 40 millones de litros/año requiere, bajo el supuesto mencionado, una inversión de poco más de US\$ 18 millones neto de IVA. Si consideramos el pago total del IVA en el momento de adquirir los activos necesarios para instalar la planta, el monto de la inversión inicial se incrementa a US\$ 20.3 millones. En la actualidad, existen mecanismos que permiten atenuar la incidencia inicial de ese tributo al invertir en nuevos equipos, por caso, los sistemas de financiamiento del IVA para nuevas inversiones o la operatoria de leasing, además que en el proyecto de ley sobre biocombustibles específicamente se establece que quienes inviertan en activos para su producción quedarán liberados del pago de IVA que correspondiera por la adquisición de tales activos. Por estos motivos, es que inicialmente no hemos considerado la necesidad de incrementar el aporte de los accionistas para hacer frente a las erogaciones que genere el IVA sobre las inversiones.

## **Estructura de Financiamiento**

La estructura de financiamiento de acuerdo con las posibilidades locales debería ser en un 65% con fondos propios aportados por los accionistas y un 35% con endeudamiento. En los EE.UU. esta relación llega a ser inversa.

<b>Inversión en la Planta &amp; el Start Up</b>		<b>18.307.132</b>
Capital Aportado por los Socios %	65,0%	
<b>Capital Aportado</b>		<b>11.899.636</b>
Endeudamiento	35,0%	
<b>Deuda Inicial</b>		<b>6.407.496</b>
<b>Costo Estimado de cada fuente de Financiamiento</b>		
Tasa Interés Endeudamiento (TNA)	8,00%	
Tasa de Retorno Requerida por Accionistas	9,00%	



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Producción Anual de la Planta

Haciendo uso de la totalidad de la capacidad instalada, la producción de la planta sería la siguiente:

Etanol Desnaturalizado	Litros	40.000.000
Producción de Etanol s/desnaturalizar	Litros	38.000.000
DDGS Obtenido	Tn	29.804
CO2 Obtenido	Tn Liq	29.804

En este nivel de producción la planta requiere para su funcionamiento un aprovisionamiento de maíz de 92.720 tn anuales, lo que implicará un superficie sembrada de algo más de 10.000 ha. –ver Anexo VI, e-II-

## Estructura de Ingresos

El precio en que se estima comercializar cada litro de etanol desnaturalizado es de US\$ 0.277. Dicho precio se corresponde con el precio actual de las naftas en el mercado local a la salida de las refinerías.

<b>Naftas</b>		
<b>Precio Promedio de Venta al Público -Sept.06/04-</b>	por litro	<b>\$ 1,9446</b>
<b>Menos</b>		
ITC		\$ 0,5375
Tasa hidráulica		\$ 0,0500
IVA Estación de Servicio	21,00%	\$ 0,2355
Ingresos Brutos	3,10%	\$ 0,0603
<b>Subtotal</b>		<b>\$ 0,8834</b>
		\$ 1,0612
Flete Planta-Estación de Servicio		\$ 0,0100
Margen de la Estación de Servicio	11,0%	\$ 0,2139
<b>Precio en Planta Refinadora</b>	por litro	<b>\$ 0,8373</b>
<b>Precio en Planta Refinadora en US\$</b>	<b>por litro</b>	<b>0,27910</b>

Al momento de estimar el potencial precio de mercado para el etanol se partió del supuesto que el mismo tendrá un tratamiento fiscal similar al ya otorgado al biodiesel por la legislación tributaria que regula la aplicación del impuesto a la transferencia de los combustibles líquidos (ley 23.966), es decir que no se encontrará alcanzado por el ITC o impuesto y/o tasa similar.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Si bien este supuesto puede verse como contrario a la realidad actual de alta voracidad fiscal, es posible prever como factible dicho tratamiento, que por otro lado, se encuentra considerado en los proyectos de ley de biocombustibles, si consideramos que dentro de total los ingresos fiscales del año en curso, sólo el 1.86% fue aportado por el ITC sobre las naftas, frente a un 11.77% producto del régimen de retenciones sobre las exportaciones o el casi 10% del impuesto sobre los débitos y créditos bancarios. Igualmente este tratamiento sobre el etanol sólo significaría de contener todas las naftas un 5% de etanol en su composición, recaudar por este concepto un 5% menos que el monto actual, lo que equivale a una disminución cercana al 0.1% de los ingresos fiscales anuales.

En tanto para la comercialización de los co-productos se consideró un precio por tonelada de DDGS de equivalencia de acuerdo con su contenido proteico de US\$ 89, que supera al precio de la tonelada de maíz.

Respecto del anhídrido carbónico no se consideró su aprovechamiento económico dado el nivel de la capacidad de producción de la planta.

No se han considerado otros ingresos por subsidios o incentivos fiscales.

### **Costos de Producción**

El costo del maíz es el que mayor incidencia tiene en el total de los costos de producción. Se estimó un valor de adquisición del maíz en planta de US\$ 52.80 la tonelada, en base al siguiente esquema:

Maíz		
\$ por Tn	FOB	220,00
Derechos de exportación %		20%
Gastos Comerciales		10%
Precio Neto para el productor cuando comercializa su prod. en el mercado interno	\$/Tn	158,40
	US\$/Tn	52,80
Cotización US\$ / \$		3

Fuente BCBA - 27/08/2004

Los valores considerados para la energía tanto en el caso del gas natural como electricidad se calcularon tomando el 60% de los valores promedios vigentes para esta industria en los EE.UU. Se optó por esta relación, puesto que esa fue la relación que existió durante la década previa a la devaluación, entre los precios vigentes en nuestro país y los de aquel mercado, para la energía. Ya que los valores tarifarios vigentes en nuestro país no son



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

representativos de los posibles costos que tales servicios tendrán una vez que se renegocien los contratos con las empresas concesionarias de los mismos.

Para la estimación de los costos de los productos químicos se ha utilizado el valor promedio de los mismos en la industria americana para plantas de similares características y dimensiones que la prevista en el modelo. Igual criterio se ha seguido con los gastos de mantenimiento y reparaciones.

En tanto se ajustaron a nuestras normas impositivas y usos contables la determinación de las amortizaciones correspondientes. Se estimó un presupuesto anual de gastos de administración, seguros, licencias, tasas y contribuciones a pagar, así como la carga de intereses por la deuda contraída.

Por último se procedió a calcular el gasto en personal, tanto a nivel directivo como operativo. Para ello se partió de la estructura de personal de una planta tipo estadounidense con un rango de producción similar y se ajustaron los salarios locales al 45% de los pagados en aquel mercado. Detalle de la dotación necesaria y del presupuesto de gastos en recursos humanos, Anexo VI, punto a-i.e.

<b>Recursos Humanos</b>	CALT	Recursos Anuales	REM Anual Prom.
Management	7	229.500	32.786
Personal Operativo	16	255.938	15.996
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>485.438</b>	

Resumiendo, los costos de producción medidos en US\$, expresados por tonelada de maíz procesada y por litro de etanol anhidro desnaturalizado resultante, para la planta del modelo operando en la Argentina, serían los detallados en el siguiente cuadro:

	<b>US\$/Tn</b>	<b>US\$ por litro</b>
<b>Maíz</b>	52,80	0,122
<b>Gastos de Explotación</b>		
<b>Energía</b>		
Gas	11,164	0,026
Electricidad	3,727	0,009
<b>Costo Energía</b>	<b>14,891</b>	<b>0,035</b>
<b>Químicos</b>		
Enzimas	6,268	0,015
Levaduras (yeasts)	2,849	0,007
Otros productos químicos & antibióticos	2,279	0,005
Quím. limpieza bateas/torre enfriamiento	0,570	0,001
Agua	0,684	0,002
Desnaturalizante	5,755	0,013
<b>Costo Químico Total</b>	<b>18,405</b>	<b>0,043</b>



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>Otros</b>		
Amortización de Activos Fijos	19,745	0,046
Mantenimiento y Reparaciones	3,989	0,009
Costo Laboral Operativo	2,760	0,006
Management	2,475	0,006
Gastos de Administración	3,191	0,007
Licencias, Fees & Seguros	0,456	0,001
Gastos Varios	1,539	0,004
Intereses Pagados	5,528	0,013
Tasas y Contribuciones	1,140	0,003
<b>Total Otros Costos</b>	<b>40,822</b>	<b>0,095</b>
<b>Costo Total del Proceso</b>	<b>74,119</b>	<b>0,172</b>

### Costos Impositivos

Se consideró la aplicación de los siguientes tributos y sus respectivas tasas.

Tasa Impuesto a las Ganancias	35,0%
Tasa Impuesto a los Débitos y Créditos Bancarios	1,0%
IVA Tasas	
sobre inversión, interés y compra de bienes primarios	10,5%
sobre energía y comunicaciones	27,0%
general	21,0%

No se evaluó el impacto del impuesto a la ganancia mínima presunta sobre los resultados del negocio.

### Cuadro de Resultados

Los resultados que lograría la planta en un ejercicio anual, bajo los supuestos enunciados, y considerando todos los valores de ingresos y egresos operativos que venimos detallando serían los siguientes: -detalles, Anexo VI, cuadro b-.

#### Cuadro de Resultados

<b>Ingresos por Ventas</b>	US\$
Etanol Combustible Desnaturalizado	11.066.667
DDGS	2.652.552
CO2	0
<b>Ingresos</b>	<b>13.719.219</b>
<b>Costo Insumo Base Maíz</b>	4.895.606
<b>Margen Bruto</b>	<b>8.823.613</b>
<b>Gastos de Explotación</b>	6.872.268
<b>Resultado antes de Impuestos</b>	<b>1.951.344</b>
Impuestos a los debitos bancarios	254.871
Impuesto a las Ganancias	593.766
<b>Resultado Neto Obtenido</b>	<b>1.102.708</b>



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Resultados logrados expresados en US\$ por litro de etanol producido:

Ingresos	US\$/Litro	0,343
Gastos de explotación por	US\$/Litro	0,172
Costo Total (sin impuestos) por	US\$/Litro	0,301
Margen Neto por	US\$/Litro	0,028

### Cash Flow y Tasa Interna de Retorno para los Accionistas

En base a los resultados obtenidos calculamos el cash flow del negocio, considerando que a los ingresos y egresos ya vistos se le agregan los siguientes egresos:

- (i) un bonus anual al management por lograr utilizar la capacidad plena de la planta equivalente al 5% de los resultados netos de impuestos;
- (ii) un cargo por mantenimiento y/o inversiones extraordinarias del 1% de la inversión inicial;
- (iii) el repago de la deuda financiera en un plazo de 10 años, amortizándose el capital anualmente en forma lineal;
- (iv) se considera la posibilidad de que existan egresos no estimados por una cifra equivalente al 5% del free cash flow, por lo cual se le aplicó al mismo un factor de corrección del 95%.

Cash Flow		Inversión	Año			
			1	2	al	10
Etanol Ganancias			1.102.708	1.153.968	...	1.564.047
Bonus Management	5%		-55.135	-57.698	...	-78.202
<b>Ingreso Neto</b>			<b>1.047.572</b>	<b>1.096.269</b>	...	<b>1.485.845</b>
Amortización			1.830.713	1.830.713	...	1.830.713
Manten.& Inv. Extra	1%		-183.071	-183.071	...	-183.071
Pagos de Capital	10%		-640.750	-640.750	...	-640.750
<b>Free Cash Flow</b>			<b>2.054.465</b>	<b>2.103.161</b>	...	<b>2.492.737</b>
Factor de Corrección	95%		95%	95%	...	95%
<b>Potencial</b>			<b>1.951.741</b>	<b>1.998.003</b>	...	<b>2.368.100</b>
Inversión inicial Accionistas		11.899.636				
TIR para el accionista		12,13%				

Sin considerar el efecto del IVA la TIR que lograrían los accionistas sobre su inversión sería del 12.13% anual. Si consideráramos el efecto del IVA, como en cualquier emprendimiento comercial la TIR baja a 11.28% y si tomamos las disposiciones sobre la liberación del IVA compras y ventas existente en el proyecto de ley en tratamiento en el senado, la TIR para los accionistas se elevaría superando el 37% anual. -detalles Anexo VI, cuadros d-





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Factores Económicos Asociados con el Éxito del Negocio

Ahora bien, que efecto tendrían sobre la rentabilidad del negocio de acuerdo a la estructura de ingresos y costos vista, las variaciones de alguno de los siguientes factores:

### Precio del Etanol

El resultado que se logre en este negocio será muy sensible a los cambios en el precio de venta del etanol, puesto que el mismo contribuye en más del 80% a los ingresos totales.

Precio de Venta por Litro de Etanol		Resultado anual	% Var
US\$	Variación Precio		
0,277	0%	1.102.708	
0,304	+10%	1.814.848	64,58%
0,249	-10%	390.568	-64,58%

Para que el resultado del ejercicio se reduzca a 0, el precio del etanol debería bajar a US\$ 0.2338 por litro, un 15.48% respecto del valor tomado como base en el modelo.

### Precio del Maíz

Ante una variación en el precio de compra del maíz del 10%, el resultado económico del negocio varía en un 29.1%.

Maíz	US\$/Tn	Resultado anual	% Var
<b>Precio Base</b>	52,80	1.102.708	
Incremento del 10%	58,08	781.311	-29,1%
Reducción del 10%	47,52	1.424.104	29,1%

Esto ilustra la importancia de localizar la planta en las áreas del país donde el precio de aprovisionarse del maíz sea relativamente bajo.

Para que el resultado del ejercicio se reduzca a 0, el precio del maíz debería aumentar un 34.32%, llegando a los US\$ 70.91 por tonelada.

### Precio del Gas Natural

Ante un aumento de US\$1.00 en el precio del gas natural por millón de Btu consumidos, se reduce el resultado en US\$ 237.945 al año. En tanto, si el gas natural aumentara a US\$ 7,334 por millón de Btu el resultado sería 0.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>Gas</b>	<b>US\$ por MII Btu</b>	<b>Resultado anual</b>	<b>% Var</b>
Precio base	2,700	1.102.708	
Duplica su precio	5,400	460.257	-58,3%
Precio que hace 0 el resultado	7,334	0	+272%

### **Factor de Conversión**

El rendimiento en litros de etanol por tonelada de maíz procesada es un indicador que debe ser constantemente observado, el supuesto básico es que la tasa de conversión será de 409.84 litros por tonelada o su equivalente 2.75 galones de etanol anhidro por bushel de maíz.

Según el modelo, un aumento en el rendimiento del etanol anual de 0,10, de 2,75 a 2,85 gl/bu, mejoraría el resultado en US\$ 52.880 por año. Esta sensibilidad explica el interés por mejorar en la eficiencia de las enzimas, así como de utilizar maíces que contengan una mayor proporción de almidón convertible en etanol.

<b>Factor de Conversión</b>	<b>Gl/Bu</b>	<b>Litros/Tn</b>	<b>Resultado Anual US\$</b>
Base	2,75	409,84	1.102.708
Disminución de 0,10	2,65	394,93	1.045.838
Incremento de 0,10	2,85	424,74	1.155.587

El modelo muestra que si el factor de conversión es menor a 1.59 galones por bu, 237 litros por tn, el resultado del ejercicio se convierte en cero.

### **Factor de Uso de la Capacidad Instalada**

El factor de capacidad se refiere a capacidad real de producción, se lo vincula con la habilidad gerencial de incrementar la capacidad de la planta más allá de la capacidad técnica definida al momento de la construcción de la planta

<b>Factor de Productividad</b>		<b>Resultado Anual US\$</b>	<b>Var. Resultados</b>
Base	100%	<b>1.102.708</b>	
> Eficiencia	120%	1.672.581	51,7%
< Eficiencia	80%	523.676	-52,5%

Si el uso de la capacidad instalada es inferior al 62% el resultado del ejercicio se torna negativo.



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

### Precio de los DDGS

El precio de los DDGS, según los expertos en alimentación animal, debería ubicarse por su contenido proteico siempre por encima del valor de la tonelada de maíz. A los DDGS se los estima comercializar con menos de un 10% de humedad.

Para absorber todo el margen de utilidad el precio de los DDGS debería caer más del 68% del precio tomado como base.

DDGS	US\$/tn	Resultado Anual US\$	El Resultado varia en
Precio Base	89,0	1.102.708	
Cada 1% de variación en el precio	1%		17.069

### Otros factores

La siguiente tabla muestra como la variación en el valor que se pague por la energía eléctrica; por un insumo indispensable como las enzimas; o por un mayor costo del personal al previsto inicialmente, puede afectar al resultado del negocio.

Electricidad	US\$/kwh	Resultado Anual US\$	Var. Resultados
Precio Base	0,030	1.102.708	
Incremento del 10%	0,033	1.080.023	-2,1%
Máximo Valor para Resultado=0	0,176	0	586%

Enzimas	US\$/lt	Resultado Anual US\$	Var. Resultados
Precio Base	0,015	1.102.708	
Incremento del 100%	0,030	721.164	-34,6%
Máximo Valor para Resultado=0	0,057	0	389%

Recursos Humanos	US\$ Anual	Resultado Anual US\$	Var. Resultados
Presupuesto Base	448.438	1.102.708	
Incremento del 100%	970.845	784.018	-28,9%

### Impacto de la Estructura de Capital y del Costo del Endeudamiento en los resultados

La modificación en la forma de financiar la inversión en la planta tiene un impacto directo en los resultados. El grado en que ello los afecte dependerá de la relación existente entre los costos de cada una de las fuentes empleadas, la tasa de interés solicitada por quien financia vía deuda, y la tasa de retorno sobre el capital aportado esperada por los accionistas. En el modelo planteado, las variaciones son las siguientes:



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>Estructura de Capital</b>		<b>Resultado Anual US\$</b>	<b>Var. Resultados</b>
Capital Propio vs. Deuda	65%/35%	1.102.708	
	80%/20%	1.246.931	13,1%
	35%/65%	814.260	-26,2%

<b>Costo de Endeudamiento</b>	
Por cada 1% de variación se afecta el resultado final en	42.066

Del conjunto de análisis de sensibilidad realizados sobre las distintas variables que participan dentro del cuadro de resultados del negocio, podemos concluir que de tales variables, las que mayor importancia tienen sobre la generación o no de utilidades son, en orden decreciente:

- el Precio del Etanol
- el Precio del Maíz
- el Factor de Conversión
- y luego el precio de la energía, y dentro de éste, el del gas natural

Siendo variables de menor importancia relativa:

- el precio al que se coloque la producción de DDGS
- el precio de los productos químicos
- los gastos en reparaciones y mantenimiento
- las erogaciones en personal operativo y directivo



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Conclusiones**

Es indiscutible el crecimiento que a nivel mundial se prevé en el uso del etanol como un combustible amigable con el medio ambiente. Si bien, es cierto que el quantum de los beneficios ambientales derivados de ello es objeto aún de discusión. El origen de tal discusión se focaliza en determinar con que combinación, entre los diversos feedstocks y tecnologías a partir de los cuales puede elaborarse el etanol, se logra el mejor resultado sobre el medio ambiente.

Más allá de las ventajas ambientales generadas por el uso del etanol, no debemos olvidar que una demanda fundada en los beneficios ambientales siempre parte de políticas y normativas gubernamentales sobre la materia. Esto ha llevado a que la industria del etanol sea mundialmente una industria altamente regulada, lo cual, sin duda contribuye a incrementar el riesgo del negocio.

El modelo de desarrollo seguido por la industria del etanol en los EE. UU., que tuvo su origen en la legislación de mejoramiento ambiental, actualmente se encuentra enfocado en el crecimiento y sostenimiento de las economías regionales, vía la creación de empleos y el incremento de los ingresos de los productores agropecuarios. Para ello, han sido esenciales los cambios realizados en las políticas fiscales, puesto que han redireccionado parte de los recursos destinados a subsidiar a los productores agropecuarios a compensar los subsidios y los menores ingresos fiscales a raíz de las exenciones impositivas, con que promueven el consumo de naftas formuladas con etanol.

En cuanto al desarrollo en nuestro país de la industria del etanol utilizando como feedstock al maíz, desde el punto de vista operativo no tendría grandes complicaciones. Los riesgos tecnológicos y funcionales son similares a los de instalar cualquier otra nueva industria en el país. La madurez tecnológica alcanzada en el ámbito internacional y sobre todo en los EE.UU., en los procesos de conversión de maíz en etanol, hace que no haya dificultades para adquirir tales tecnologías.

En cambio, al momento de establecer la ecuación económica del negocio es donde se plantean los mayores interrogantes, y no sólo por los potenciales riesgos propios del negocio, sino por el marco de normativas legislativas que podrían dictarse para regular la actividad del sector.

El marco normativo, es necesario y fundamental, puesto como hemos visto el común denominador en los países donde ésta industria se ha desarrollado o se encuentra en



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

rápido desarrollo es que inicialmente la demanda de etanol surge como consecuencia de la imposición a las refinerías de comercializar combustibles menos agresivos con el medio ambiente y de exceptuar al etanol, total o parcialmente, de los impuestos que gravan al consumo de los combustibles fósiles. Sin estos cambios, quebrar la inercia de seguir utilizando combustibles con similares composiciones a las actuales es un objetivo improbable de alcanzar. Asimismo, un marco normativo claro y estable es necesario, ya que si bien las inversiones a realizar no son extraordinarias no dejan de ser importantes, y se requiere un horizonte de estabilidad fiscal y normativa para que las mismas puedan recuperarse. Hasta el momento, los distintos proyectos legislativos que han tratado el tema tuvieron en consideración estos puntos de forma relevante, pero también incorporaron otros, que han generado preocupación en cuanto a la viabilidad del sector, y muchas veces demorado su tratamiento y la posibilidad de transformarlos en ley, como la liberación del IVA, el establecimiento de cuotas de mercado, y la fijación del precio o de la rentabilidad de los productores por parte de un ente regulador.

Sin perjuicio de ello, como hemos visto en el modelo simulado, y bajo los supuestos asumidos en el mismo, el negocio es rentable por sí mismo, encontrándose sus resultados expuestos a los riesgos propios del negocio, que vienen dados fundamentalmente por la relación entre los precios del etanol, del maíz, y los precios de los insumos y servicios que se utilizan en el proceso de conversión; la baja en la demanda tanto del etanol como de los DDGS por un exceso de competencia; o el potencial desarrollo de sistemas de producción que hagan más eficiente obtener etanol desde otros feedstocks, que transforme en no competitiva la industria del etanol desde el grano de maíz.

Respondiendo el interrogante original, respecto de si es factible el desarrollo de esta industria en nuestro país, estimamos que ha quedado demostrado que puede ser viable, bajo criterios económicos financieros. Que invertir recursos en ello puede generar un conjunto de beneficios mayores a los resultados económicos propios del emprendimiento, si se plantea el tema conjuntamente con una visión que busque fomentar el desarrollo de economías regionales; aprovechar las posibilidades de agregar valor e integrar producciones agropecuarias básicas; y que tome al etanol como un punto de partida en el proceso de incorporar al país en el grupo de naciones que avanzan en el desarrollo y producción de energías renovables a partir de la actividad agropecuaria.

**Lic. Gustavo A. Vergagni**  
24 Septiembre 2004  
Buenos Aires  
gv@vergagni.com.ar



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Anexos

### Contenido

#### Anexo I - El Etanol y su relación con el Medio Ambiente

MTBE - Metil-Tri-Butil-Eter -

ETBE -Etil-Tri-Butil-Eter -

Balance Energético: Eficiencia Energética del Etanol

Efectos Ambientales del Etanol y las Naftas

#### Anexo II - Gráficos

Gráfico I: Producción Mundial de Etanol según Destino

Gráfico II: Producción Mundial según Proceso

Gráfico III: Producción Mundial de Biocombustibles Etanol y Biodiesel

Gráfico IV: Etanol - Producción por Región – Tendencias

Gráfico V: Biodiesel - Producción por Región

Gráfico VI: Producción Mundial de Etanol : Pasado y Futuro

Gráfico VII: Evolución de la Producción Mundial de Etanol – Tendencia Esperada

Gráfico VIII: Producción de Etanol por País: Estimaciones

Gráfico IX: Producción de Brasil según Tipo de Etanol

Gráfico X: Etanol: Mercado y Usos en los EE.UU.

Gráfico XI: Uso de Maíz para la Producción de Etanol en EE.UU.

Gráfico XII: Etanol: Producción y Precios Históricos Mercado EE.UU.

Gráfico XIIb: Relación entre los Precios de las Naftas y del Etanol –Mensual 1999/2003

Gráfico XIV: Capacidad de Producción por Estado, EE.UU.

#### Anexo III - Capacidad de Producción Instalada de Etanol en Estados Unidos

#### Anexo IV - Biomasa Lignocelulósica como Materia Prima para Obtener Etanol

#### Anexo V - I - Molienda Seca en nuestro País

- II - Evolución del Consumo de Naftas en el mercado interno de 1998 a la fecha

#### Anexo VI - Modelo de Negocio Simulado: Producción en una Planta de Molienda Seca

#### Anexo VII - Propiedades Físicas de las naftas, el diesel y el etanol



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Anexo I**

### **El Etanol y su relación con el Medio Ambiente**

El etanol, como combustible renovable elaborado a partir de materias agrícolas, es una de las herramientas más eficaces para luchar contra la contaminación atmosférica.

Según el Departamento de Energía de los EEUU, el transporte vehicular es el mayor agente contaminante. La combustión de derivados del petróleo por parte del sistema de transporte sería responsable del 82% del monóxido de carbono; del 43% de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) -precursores del ozono a nivel de la superficie terrestre-; y del 57% de los óxidos de nitrógeno, existentes en el aire en las ciudades norteamericanas.

A raíz de ello, es que la Clean Air Act impuso como requisito que los combustibles derivados del petróleo como las naftas, incluyan en su composición elementos oxigenantes, como el etanol, con el objeto de contribuir a limpiar el ambiente.

Asimismo, según la U.S. Environmental Protection Agency (EPA), las naftas son la fuente más grande de carcinógenos artificiales, puesto que son una mezcla compleja de docenas de químicos, muchos de ellos tóxicos, como los reforzadores de octanaje: el benceno y el tolueno. Cuando se agrega etanol a las naftas, la potencia de esos aditivos tóxicos se diluye, ya que el etanol contiene un 35% de oxígeno, lográndose por ello una combustión más completa del combustible, reduciéndose las emisiones nocivas –como los humos y compuestos orgánicos volátiles (VOCs) que las naftas normalmente arrojan en el aire-.

Los vehículos que utilizan mezclas combustibles que contienen como mínimo etanol en un 10%: (i) reducen las emisiones de los gases causantes del efecto invernadero producto de los combustibles fósiles - hidrocarburos inquemados (HC)-, en el 3.9% (E10) o hasta el 35-46% (E85); (ii) disminuyen la emisión de monóxido de carbono (CO) en un 30%; (iii) las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un 27%, aunque éste es liberado cuando se quema el etanol, es reciclado dentro de tejido orgánico durante el desarrollo de la planta. De hecho, el uso del etanol mezclado con las naftas puede resultar en una reducción neta de los niveles de dióxido de carbono atmosférico, dependiendo de la forma en que se obtuvo el etanol.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Fossil Energy Use in the Manufacture of Corn Ethanol - Michael S. Graboski, Dr.- Colorado School of Mines- August 2002





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

El etanol funciona como un excelente reforzador del octanaje, por ello, usando E-10 Unleaded se elimina la necesidad de usar un aditivo en las naftas durante el invierno. El etanol no significa ninguna amenaza al agua superficial o subterránea, puesto que es una sustancia naturalmente producida durante la fermentación de materia orgánica, es soluble en agua y es total y rápidamente biodegradable.

### **MTBE - Metil-Tri-Butil-Eter -**

Es un compuesto que se agrega a los combustibles derivados del petróleo para su oxigenación, que eleva el octanaje de los mismos y reduce las emisiones de humo.

Se fabrica partiendo del metanol -derivado del gas natural- y del isobutileno -un producto del refinado del petróleo-.

El MTBE ha sido usado extensamente en la composición de las naftas, tanto en USA como en resto del mundo, y es el principal competidor del etanol en el mercado de los oxigenantes.

Hasta el año 2000, un tercio de las naftas comercializadas en USA utilizaban este compuesto como oxigenante, pero luego de comprobarse que el mismo ha contaminado las aguas subterráneas y que tiene un potencial peligro de ser cancerígeno, varios estados de EEUU han comenzado a legislar sobre su uso.

En la actualidad, 17 estados ya han prohibido su uso. El cambio más significativo ha sido el del estado de California donde las regulaciones del aire limpio, ya exigían la inclusión de un oxigenante en las naftas, -las naftas debían ser RF -. De allí que en ese estado se utilizaba el 25 por ciento de la producción estadounidense de MTBE (2002).

Originalmente el MTBE se impuso como oxigenante frente al etanol en las naftas reformuladas, porque se transporta más fácilmente por medio de ductos, puesto que el etanol absorbe la humedad existente en los ductos. Ése es un beneficio cuando el etanol está presente en el sistema de combustible de su automóvil, pero causa problemas durante el transporte por un sistema de ductos. <sup>33</sup>

### **ETBE -Etil-Tri-Butil-Eter -**

Es un compuesto químico elaborado a partir de la reacción del etanol y del isobutileno -un subproducto derivado del proceso de refinación del petróleo-.

---

<sup>33</sup> EPA, The report The Fate and Transport of Ethanol Blended Gasoline in the Environment



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Es más costoso que el MTBE, siendo superior técnicamente. ETBE tiene características superiores a otros éteres para su mezcla con las naftas: es miscible con las naftas en todas las condiciones, no aumenta la volatilidad, tiene un mayor poder calorífico y relación estequiométrica más próxima a las de la nafta, muy baja solubilidad en agua, un poder corrosivo mucho menor al de los alcoholes, puede producirse en las plantas actuales de MTBE, mejora el índice de octano, logra menores consumos, es menos contaminante, menores emisiones de monóxido de carbono frente a los hidrocarburos.

### **Balance Energético: Eficiencia Energética del Etanol**

Un informe de USDA concluye que la producción americana de etanol se logra dentro de un balance de energético positivo.

El etanol contiene en promedio un 38% más de energía que la usada para sembrar, fertilizar, cosechar el maíz y destilar el etanol.

El balance energético de la producción de etanol depende de las condiciones bajo las que se obtiene la materia prima básica, el maíz, así como el proceso de conversión mediante el cual se produce el etanol. No será el mismo en Europa, que en Estados Unidos, Canadá o Argentina.

A igual tecnología utilizada en la destilación del etanol, tanto el balance energético logrado por la producción de Canadá como de Argentina será mas positivo puesto que sus cultivos tienen una menor dependencia a la irrigación artificial que los estadounidenses.

Un análisis de la Asociación de Combustibles Renovables Canadiense reveló que el etanol a partir del maíz de la zona de Ontario tenía un rendimiento energético que superaba al informado por la USDA en casi un 50%.

Los análisis de la USDA han encontrado que los productores de maíz utilizan para producir una tonelada de maíz la mitad de energía que utilizaban hace 25 años. Asimismo sostiene que si tanto los productores agropecuarios como la industria utilizaran las mejores tecnologías y prácticas conocidas para la producción del etanol, entonces la cantidad de energía contenida en un litro de etanol y los demás coproductos, supera en más de dos veces la energía necesaria para obtener el maíz y convertirlo en etanol. La relación entre energía obtenida y energía utilizada se elevaría a 2,51 a 1



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Efectos Ambientales del Etanol y las Naftas**

### **Hidrocarburos (HC)**

El petróleo y las naftas consisten en mezclas de más de 250 hidrocarburos diversos. Muchos de éstos son tóxicos; algunos, tales como benceno, son carcinógenos. Los hidrocarburos se escapan al aire durante la carga del tanque y durante la operación normal del motor. Los transportes explican del 30 al 50% de todas las emisiones de hidrocarburos a la atmósfera, aún cuando la industria del automóvil ha desarrollado y está utilizando desde hace varios años sistemas que controlan las emisiones de HC. Los HC también contribuyen a la formación del ozono a nivel del suelo. El etanol al ser un producto basado en el alcohol, no produce HC al ser quemado o durante su evaporación.

### **Ozono**

El ozono se forma en el aire, a nivel de la corteza terrestre, cuando los hidrocarburos, el monóxido de carbono o los óxidos del nitrógeno reaccionan en la presencia de la luz del sol y del calor. El ozono a nivel del suelo afecta la capacidad respiratoria del hombre, daña las plantas y los árboles, reduce las cosechas. El ozono formado al nivel del suelo tampoco aumenta la concentración del ozono en la estratosfera, que protege la tierra contra la radiación ultravioleta del sol.

### **Aldehídos**

Las emisiones de aldehídos son generalmente más altas en las mezclas con etanol que al utilizarse naftas sin mezclar. Las concentraciones son extremadamente pequeñas y son reducidas por el convertidor catalítico de tres vías existente en todos los vehículos recientes. El formaldehído, el componente principal en emisiones de aldehídos, es considerado un potencial agente cancerígeno.

### **Monóxido de Carbono**

El monóxido de carbono es un gas venenoso producido por la combustión incompleta. Se produce al quemarse combustibles derivados del petróleo que no contienen oxígeno en su estructura molecular. Los vehículos que funcionan en temperaturas más frías, durante el calentamiento del motor o en los embotellamientos, producen cantidades significativas de este gas mortal. Por tal razón, en muchos países se ha legislado sobre el uso obligatorio en



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

las áreas urbanas de naftas oxigenadas con el objeto de reducir las emisiones del monóxido de carbono.

### **Bióxido De Carbono (CO<sub>2</sub>)**

El bióxido de carbono, no es un producto tóxico, pero contribuye al efecto de invernadero. Todos los combustibles derivados del petróleo aumentan el nivel de bióxido de carbono en la atmósfera. Por el contrario, el uso de combustibles renovables, como el etanol, no aumenta el nivel de atmosférico de bióxido de carbono. El bióxido de carbono liberado durante la combustión es balanceado con el capturado durante el crecimiento de las plantas usadas para producir el etanol, que además en ese proceso emiten oxígeno.

### **Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)**

Varios componentes de la nafta que originan las emisiones de NO<sub>x</sub>, incluyendo los compuestos aromáticos, son reemplazados por el etanol, pero los estudios de la EPA indican que el uso de las mezclas con etanol puede aumentar levemente las emisiones de NO<sub>x</sub>, pero el grado de ese aumento y sus efectos son inciertos.

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Anexo II

Gráfico I: **Producción Mundial de Etanol según Destino**

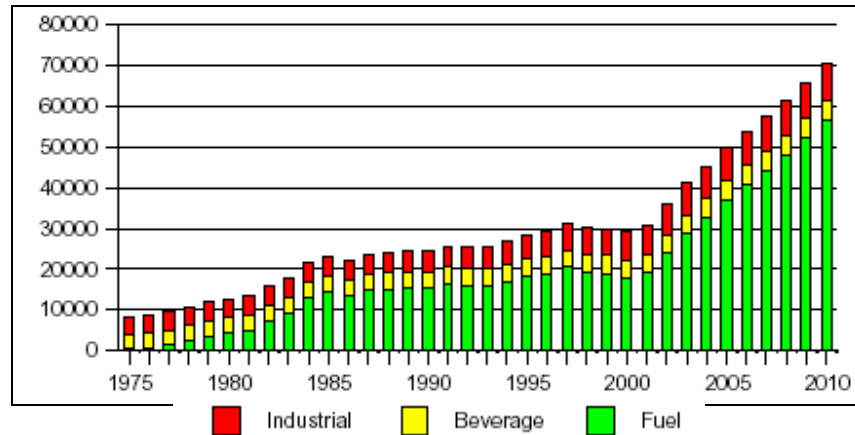


Gráfico II: **Producción Mundial según Proceso**

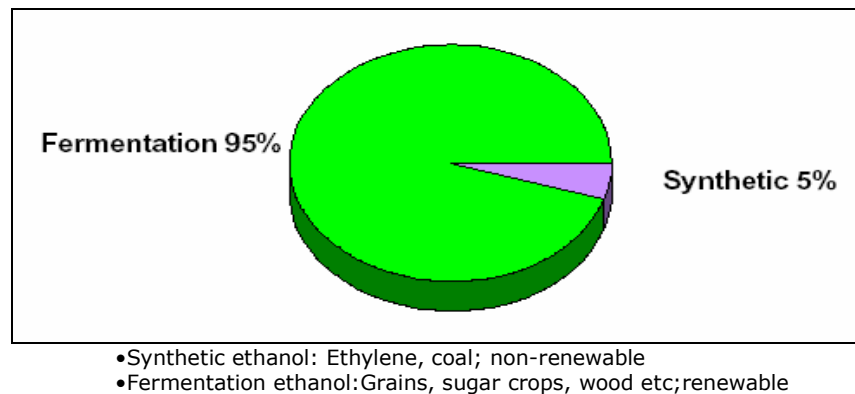
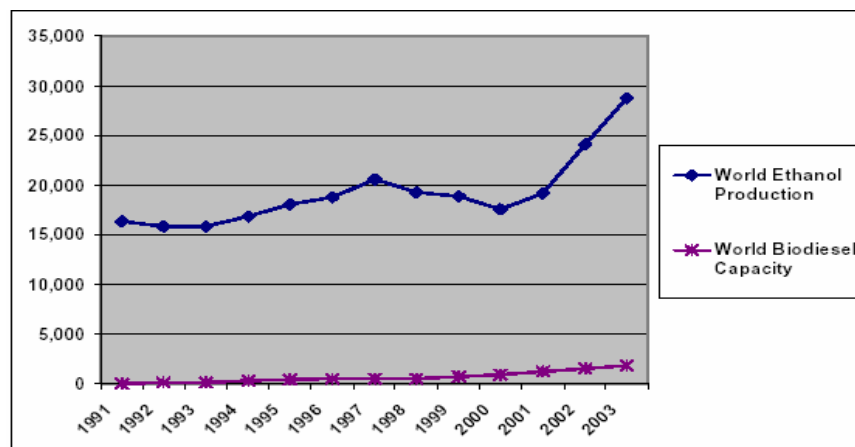


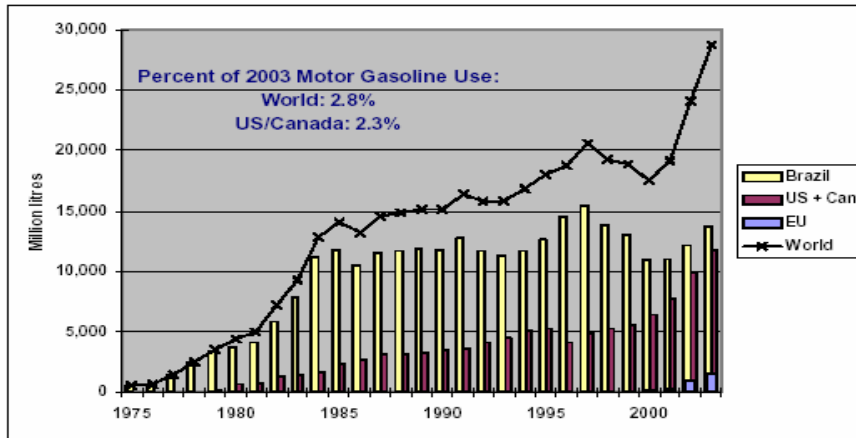
Gráfico III: **Producción Mundial de Biocombustibles Etanol y Biodiesel**



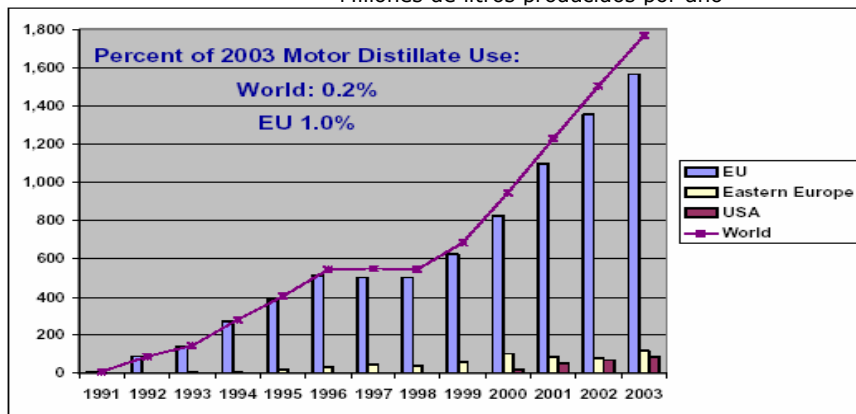
Fuente: F.O. Lichts – 2004, en millones de litros

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

**Gráfico IV: Etanol - Producción por Región – Tendencias**  
Millones de litros producidos por año

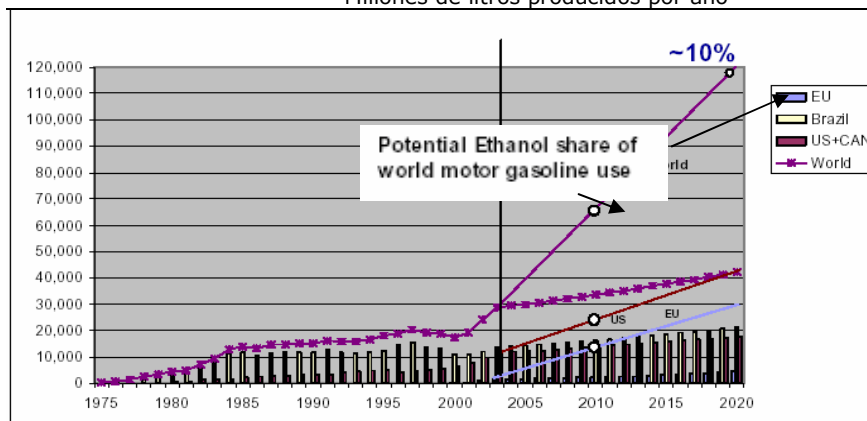


**Gráfico V: Biodiesel - Producción por Región**  
Millones de litros producidos por año



Fuente: F.O. Lichts - 2004

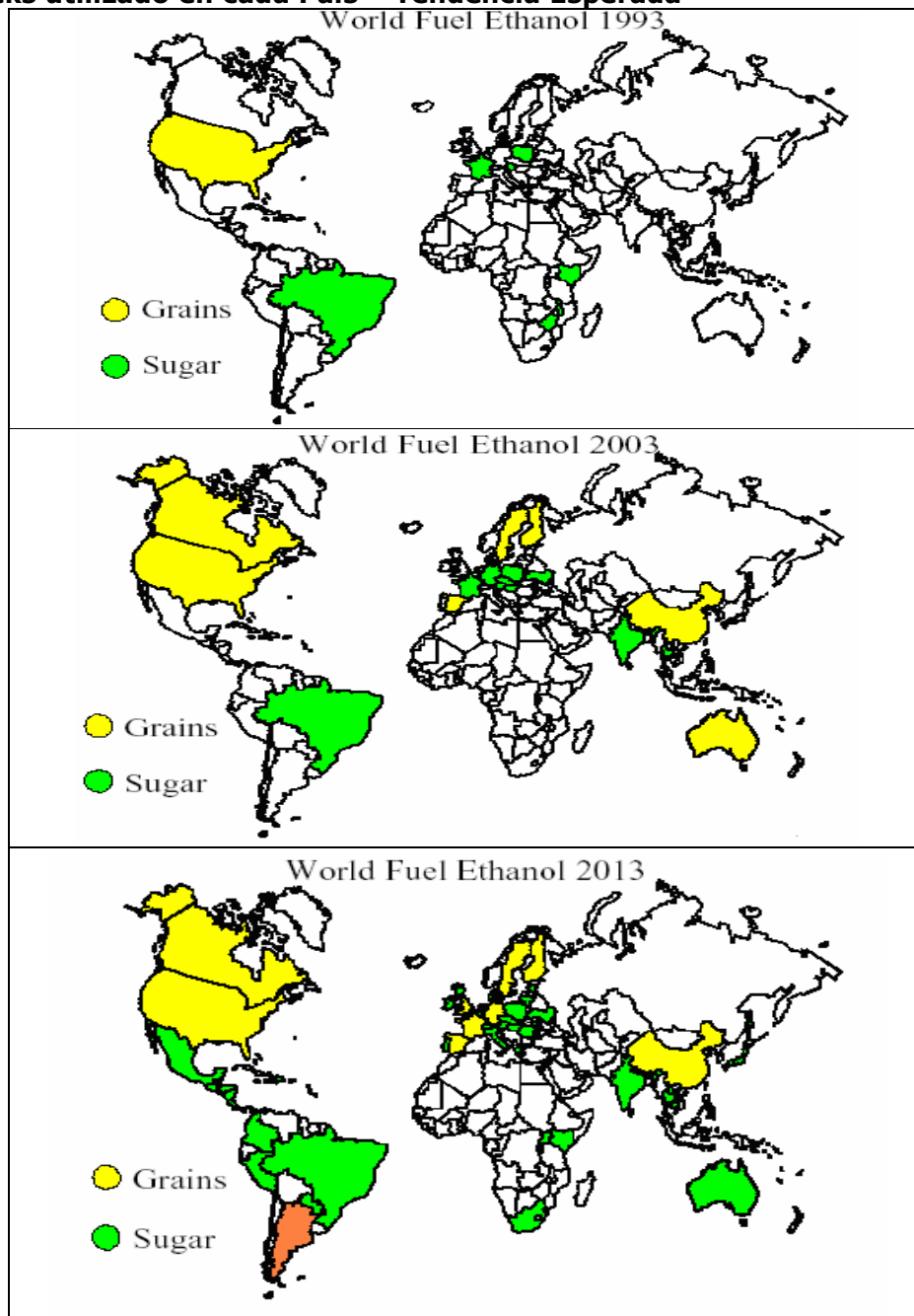
**Gráfico VI: Producción Mundial de Etanol : Pasado y Futuro**  
Millones de litros producidos por año



Fuente: Internacional Energy Agency - París- Lew Fulton -Talk for TRB - Biofuels for Transport: An International Perspective – 2004

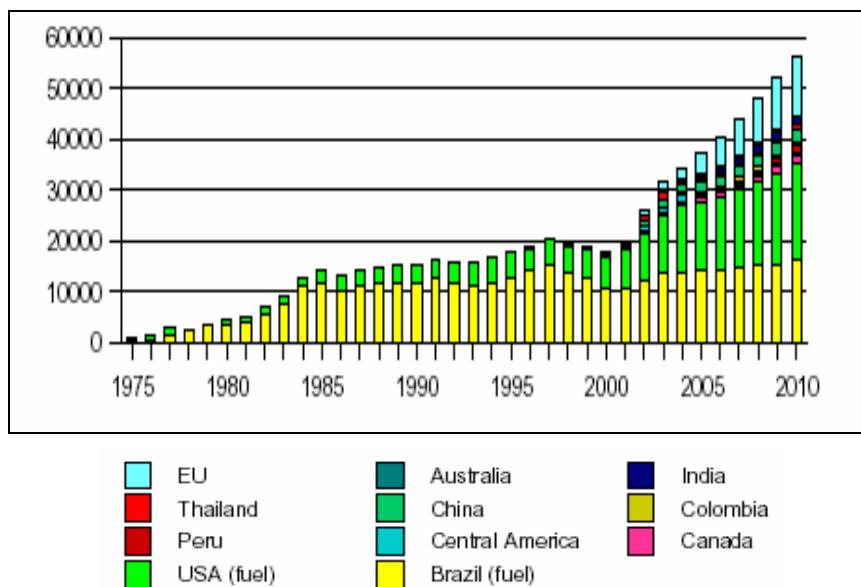
Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

**Gráfico VII: Evolución de la Producción Mundial de Etanol en Función de los Feedstocks utilizado en cada País – Tendencia Esperada**



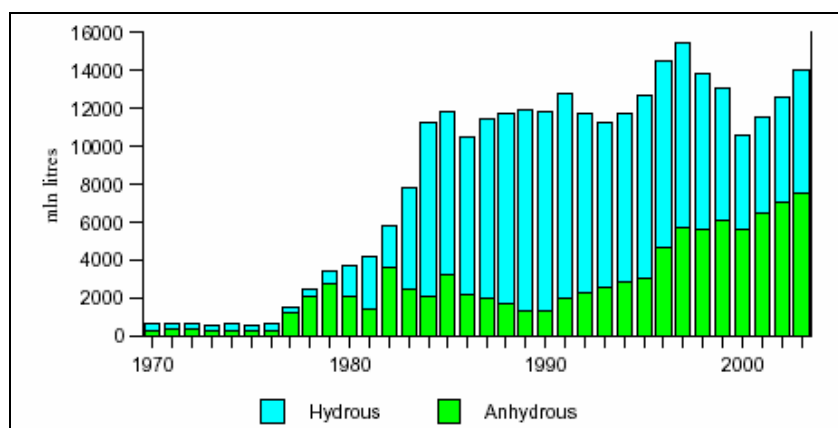
Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Gráfico VIII: **Producción de Etanol por País: Estimaciones**



Fuente: F.O. Lichts - 2004, en millones de litros

Gráfico IX: **Producción de Brasil según Tipo de Etanol**



- Anhydrous: 99° pure, may be used in fuel blends.
- Hydrous: 96° pure, may be used as 100% fuel substitute.

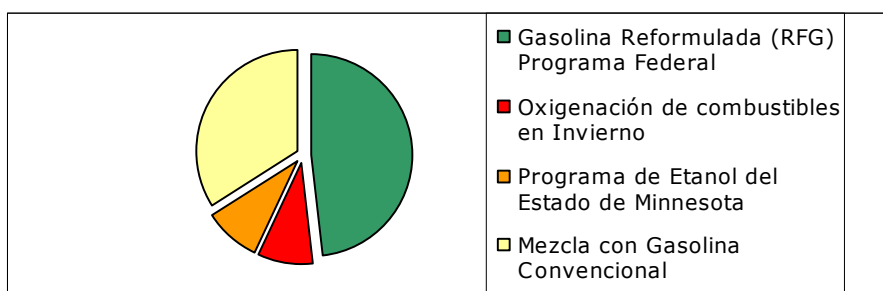
Fuente: Berg, Ch., F.O. Licht -World Fuel Ethanol- Analysis and Outlook - 2003



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Producción de Etanol en Estados Unidos:

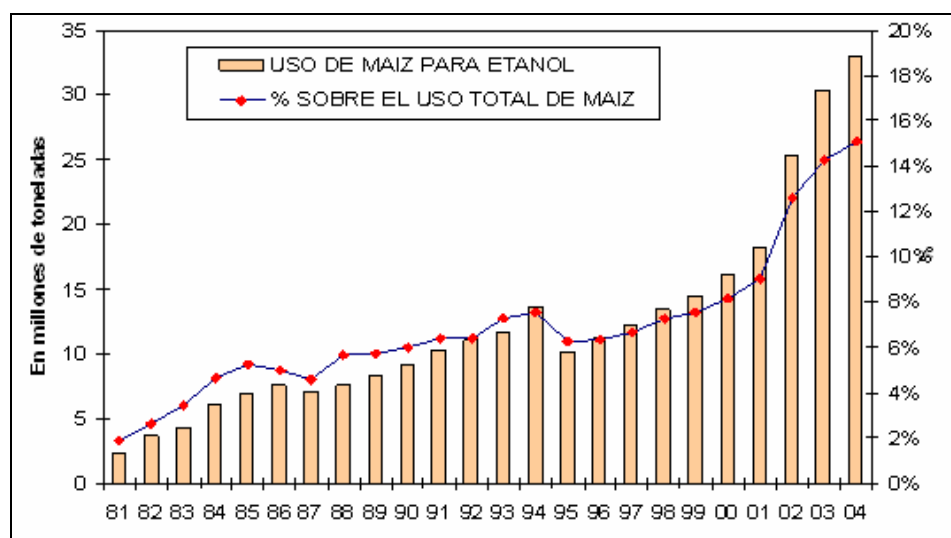
Gráfico X: **Etanol: Mercado y Usos en los EE.UU.**



Etanol: Mercado, Usos en EEUU	Millones de Litros
Gasolina Reformulada (RFG) Programa Federal	5.110
Oxigenación de combustibles en Invierno	946
Programa de Etanol del Estado de Minnesota	984
Mezcla con Gasolina Convencional	3.596
<b>Total</b>	<b>10.637</b>

Fuente: Synergy in Energy- Ethanol Industry Outlook 2004 - Renewable Fuels Association

Gráfico XI: **Uso de Maíz para la Producción de Etanol en EE.UU.**



Fuente: USDA - 2004

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Gráfico XII: **Etanol: Producción y Precios Históricos Mercado EE.UU.**

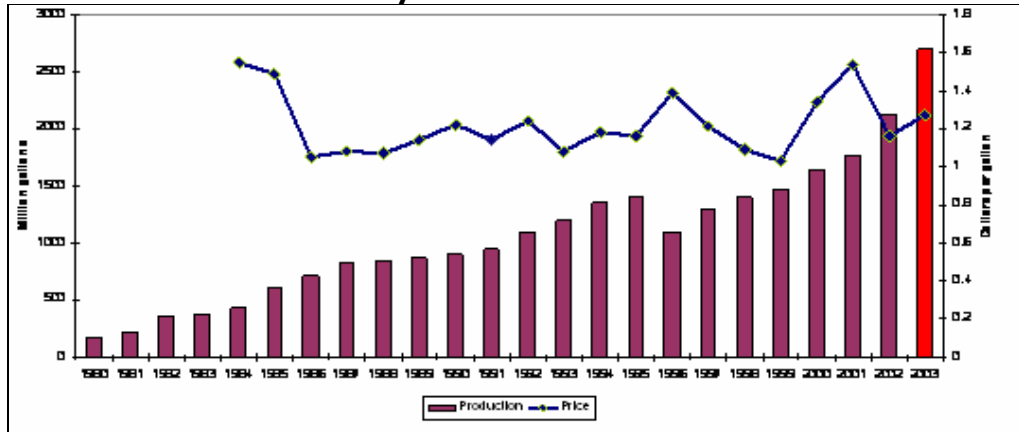


Gráfico XIIb: **Precios de las Naftas y del Etanol – Mensual 1999/2003**

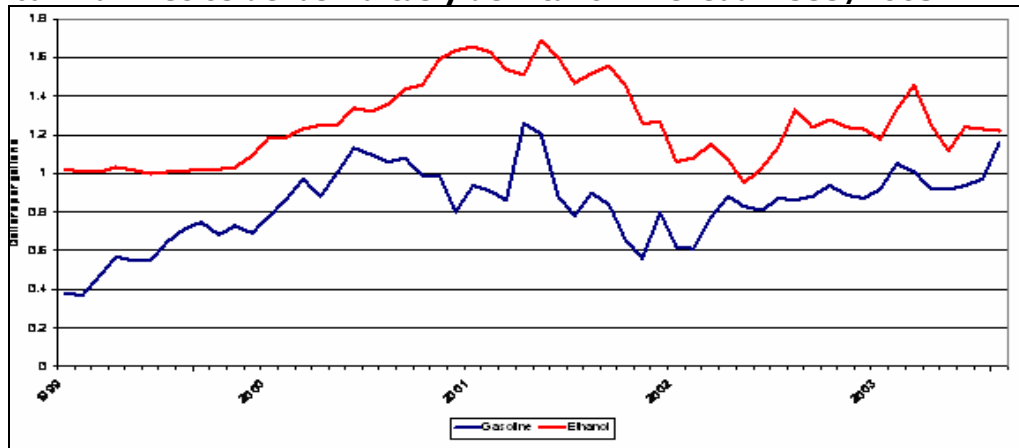
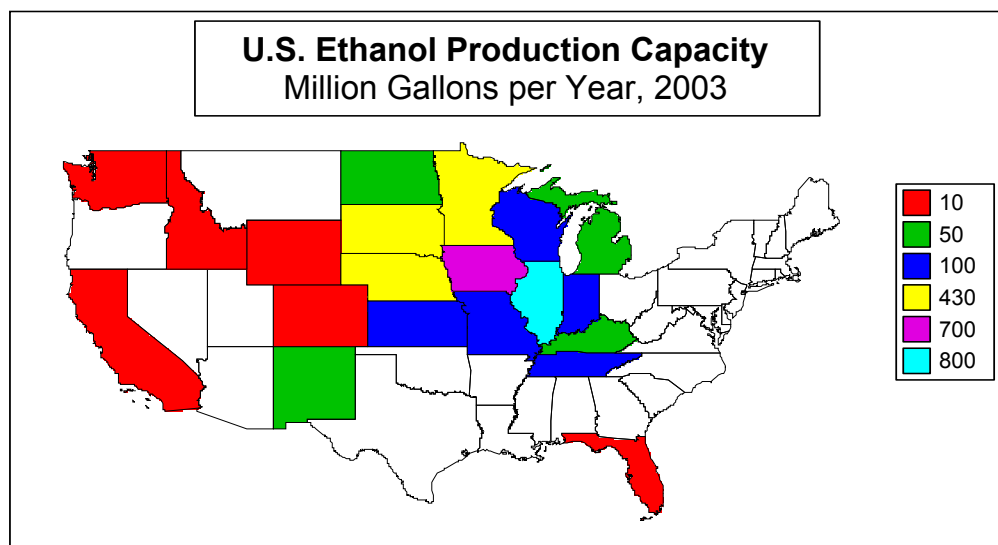


Gráfico XIV: **Capacidad de Producción por Estado**



Fuente USDA – 2004



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

### Anexo III

#### ESTADOS UNIDOS - ETANOL - CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN INSTALADA

COMPAÑÍA	LOCALIZACIÓN	MATERIA DE BASE	Capacidad Actual		En Construcción / Ampliación	
			millones de galones/año	millones de litros /año	millones de galones/año	millones de litros /año
Abengoa Bioenergy Corp.	York, NE	Maíz/milo	50	189		
	Colwich, KS		20	76		
	Portales, NM		15	57		
ACE Ethanol, LLC	Stanley, WI	Maíz	30	114		
Adkins Energy, LLC*	Lena, IL	Maíz	40	151		
A.E. Staley	Loudon, TN	Maíz	65	246		
AGP*	Hastings, NE	Maíz	52	197		
Agra Resources Coop.EXOL*	Albert Lea, MN	Maíz	38	144		
Agri-Energy, LLC*	Luverne, MN	Maíz	21	79		
Alchem Ltd. LLLP	Grafton, ND	Maíz	10,5	40		
Al-Corn Clean Fuel*	Claremont, MN	Maíz	30	114		
Archer Daniels Midland	Decatur, IL	Maíz	1070	4050		
	Cedar Rapids, IA	Maíz				
	Clinton, IA	Maíz				
	Columbus, NE	Maíz				
	Marshall, MN	Maíz				
	Peoria, IL	Maíz				
	Wallhalla, ND	Corn/barley				
Aventine Renew Energy, Inc.	Pekin, IL	Maíz	100	379		
	Aurora, NE	Maíz	35	132		
Badger State Ethanol, LLC*	Monroe, WI	Maíz	48	182		
Big River Resources, LLC*	West Burlington, IA	Maíz	40	151		
Broin Enterprises, Inc.	Scotland, SD	Maíz	9	34		
Cargill, Inc.	Blair, NE	Maíz	83	314		
	Eddyville, IA	Maíz	35	132		
Central Illinois Energy Coop*^	Canton, IL	Maíz			30	114
Central MN Ethanol Coop*	Little Falls, MN	Maíz	20	76		
Central Wisconsin Alcohol	Plover, WI	Maíz	4	15		
Chief Ethanol	Hastings, NE	Maíz	62	235		
Chippewa Valley Ethanol Co.*	Benson, MN	Maíz	42	159		
Commonwealth Agri-En, LLC*	Hopkinsville, KY	Maíz	20	76		
Cornhusker Energy Lexington, LLC*^	Lexington, NE	Maíz			42	159
Corn Plus, LLP*	Winnebago, MN	Maíz	44	167		
Dakota Ethanol, LLC*	Wentworth, SD	Maíz	48	182		
DENCO, LLC*	Morris, MN	Maíz	21,5	81		
ESE Alcohol Inc.	Leoti, KS	Maíz	1,5	6		
Ethanol2000, LLP*	Bingham Lake, MN	Maíz	30	114		
Glacial Lakes Energy, LLC*	Watertown, SD	Maíz	48	182		
Golden Cheese Calif.*	Corona, CA	Suero queso	5	19		
Golden Grain Energy, LLC*^	Mason City, IA	Maíz			40	151
Golden Triangle Energy, LLC*	Craig, MO	Maíz	20	76		
Gopher State Ethanol	St. Paul, MN	Basura/Beverage	15	57		
Grain Processing Corp.	Muscatine, IA	Maíz	10	38		



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

COMPAÑÍA	LOCALIZACIÓN	MATERIA DE BASE	Capacidad Actual		En Construcción / Ampliación	
			millones de galones/año	millones de li/año	millones de galones/año	millones de li/año
Great Plains Ethanol, LLC*	Chancellor, SD	Maíz	42	159		
Heartland Corn Products*	Winthrop, MN	Maíz	36	136		
Heartland Grain Fuels, LP*	Aberdeen, SD	Maíz	8	30		
	Huron, SD	Maíz	14	53		
Husker Ag, LLC*	Plainview, NE	Maíz	23	87		
Iowa Ethanol, LLC*	Hanlontown, IA	Maíz	45	170		
James Valley Ethanol, LLC	Groton, SD	Maíz	45	170		
J.R. Simplot	Caldwell, ID	Basura /papas	4	15		
KAAPA Ethanol, LLC*	Minden, NE	Maíz	40	151		
Land O' Lakes*	Melrose, MN	Suero del queso	2,6	10		
Lincolmland Agri-Energy, LLC*	Palestine, IL	Maíz	40	151		
Liquid Resources of Ohio^	Medina, OH	Bebida Inútil			4	15
Little Sioux Corn Processors, LP*	Marcus, IA	Maíz	46	174		
Merrick/Coors	Golden, CO	Cerveza inútil	1,5	6		
Michigan Ethanol, LLC	Caro, MI	Maíz	45	170		
MGP Ingredients, Inc.	Pekin, IL	Corn/wheat	78	295		
Mid-Missouri Energy, Inc.*^	Malta Bend, MO	Maíz			40	151
Midwest Grain Processors*	Lakota, IA	Maíz	45	170		
Midwest Renewables^	Iowa Falls, IA	Maíz			40	151
Miller Brewing Co.	Olympia, WA	Basura cerveza	0,7	3		
Minnesota Energy*	Buffalo Lake, MN	Maíz	18	68		
New Energy Corp.	South Bend, IN	Maíz	95	360		
Northeast Missouri Grain, LLC*	Macon, MO	Maíz	40	151		
Northern Lights Ethanol, LLC*	Big Stone City, SD	Maíz	45	170		
Northstar Ethanol, LLC^	Lake Crystal, MN	Maíz			50	189
Otter Creek Ethanol, LLC*	Ashton, IA	Maíz	45	170		
Parallel Products	Louisville, KY	Basura bebida	4	15		
	R. Cucamonga, CA		4	15		
Permeate Refining	Hopkinton, IA	Azúc y almidon	1,5	6		
Pine Lake Corn Processors, LLC*^	Steamboat Rock, IA	Maíz			20	76
Platte Valley Fuel Ethanol, LLC	Central City, NE	Maíz	40	151		
Pro-Corn, LLC*	Preston, MN	Maíz	40	151		
Quad-County Corn Processors*	Galva, IA	Maíz	23	87		
Reeve Agri-Energy	Garden City, KS	Corn/milo	12	45		
Siouxland Energy & Live Coop*	Sioux Center, IA	Maíz	18	68		
Sioux River Ethanol, LLC*	Hudson, SD	Maíz	45	170		
Tall Corn Ethanol, LLC*	Coon Rapids, IA	Maíz	45	170		
Trenton Agri Products, LLC	Trenton, NE	Maíz	30	114		
Tri-State Ethanol Co., LLC*	Rosholt, SD	Maíz	18	68		
United WI Grain Producers, LLC*^	Friesland, WI	Maíz			40	151
U.S. Energy Partners, LLC	Russell, KS	Almidón Milo	40	151		
Utica Energy, LLC	Oshkosh, WI	Maíz	24	91	26	98
VeraSun Energy Corporation	Aurora, SD	Maíz	100	379		
Voyager Ethanol, LLC*^	Emmetsburg, IA	Maíz			50	189
Western Plains Energy, LLC*	Campus, KS	Maíz	30	114		
Wyoming Etanol	Torrington, WY	Maíz	5	19		
<b>Cap. Existente Total/En Constr.</b>			<b>3.420,8</b>	<b>12.949</b>	<b>382,0</b>	<b>1.446,0</b>

\* Propiedad de productores agropecuarios ^ bajo construcción Actualización: Agosto - 2004 - RFA



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## **Anexo IV**

### **Biomasa Lignocelulósica Como Materia Prima Para Obtener Etanol**

Ya que la producción de etanol derivado del maíz es una tecnología madura por lo que no es probable considerar reducciones significativas en sus costos de producción, la capacidad de producir el etanol desde la biomasa barata se presenta como la próxima apuesta para hacerlo competitivo como complemento o llegado el caso sustituto de las naftas.

El objetivo será convertir los hidratos de carbono estructurales existentes en los productos de fibra celulósica en etanol, con ello pueden lograrse reducciones sustanciales en los costos de producción al reemplazar a los granos como el maíz con feedstocks celulósicos - que incluyen basuras agrícolas, céspedes y bosques, y otra biomasa del bajo-valor como la basura municipal-.

Aunque estos materiales celulósicos son más económicos y abundantes que el maíz, en la actualidad son más caros de convertir al etanol. Puesto que partir de degradar la celulosa para transformarla en azúcares más simples es un proceso mucho más difícil que partir de los granos, ya que los materiales más rústicos oponen resistencia y no pueden ser comidos fácilmente por las enzimas, siendo aún este proceso enzimático muy caro.<sup>34</sup> De lograrse la reducción de costos esperada a través de la optimización del proceso enzimático, la biorrefinería podría ser una alternativa viable frente al etanol elaborado a partir de los granos para el año 2010.<sup>35</sup>

Entre las empresas que se encuentran trabajando junto con el Departamento de Energía en el desarrollo de una biorrefinería que produzca etanol combustible y productos químicos a partir de recursos renovables, se encuentran DuPont, Diversa Corp (Dow Chemical).

Si bien desde hace más de una década se habla de la conversión de etanol desde la celulosa, pero por el momento sólo la compañía canadiense Iogen ha colocado en el mercado una pequeña partida de etanol obtenido a partir de los desechos de los cultivos de cereales (paja, cañas, marlos) para uso como combustible.

En la actualidad existen varios proyectos para utilizar la fibra del maíz como materia base, puesto que este proceso podría instalarse complementariamente con las instalaciones existentes.

---

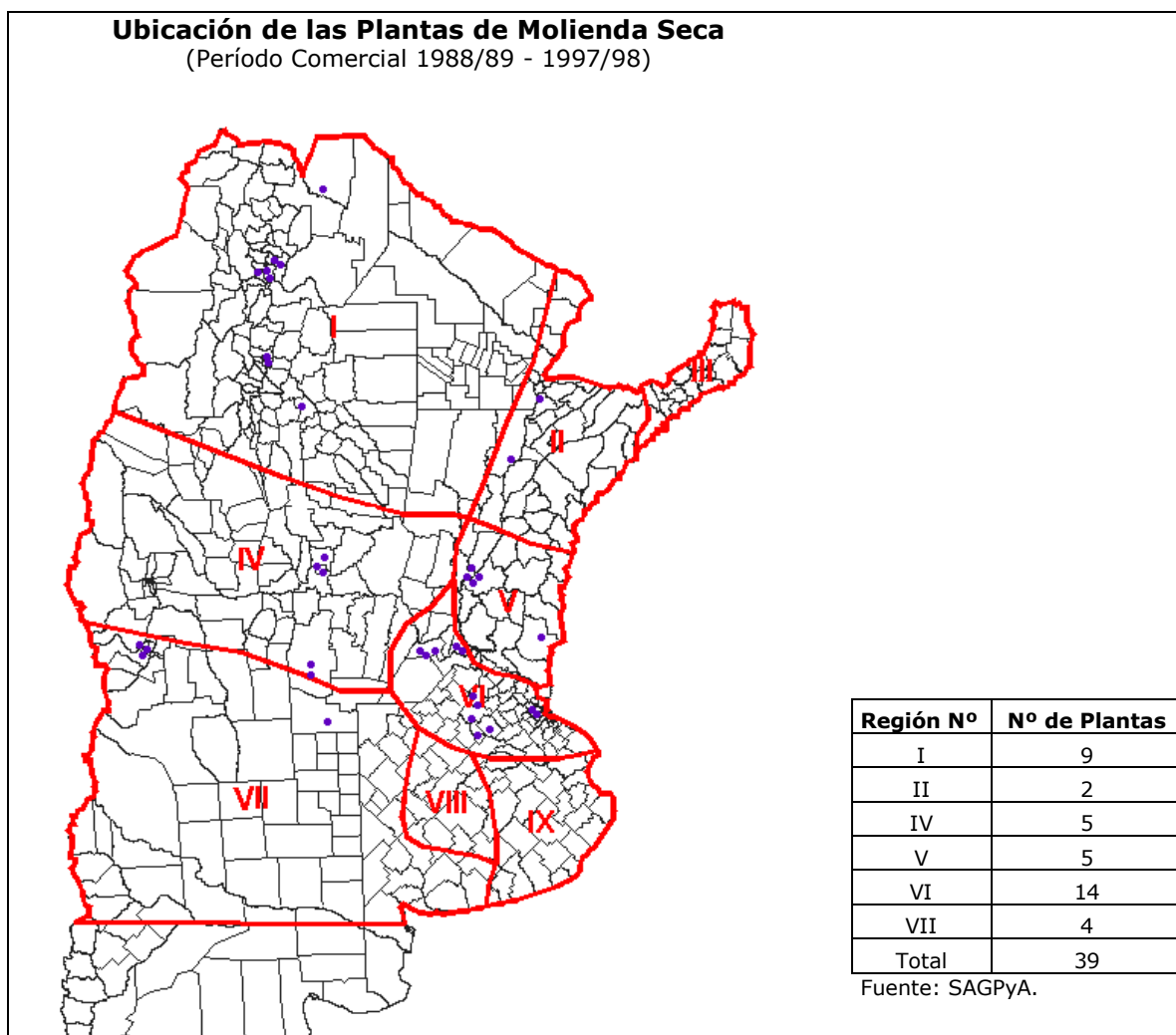
<sup>34</sup> Perspectiva para la producción y la demanda del etanol de la biomasa - José DiPardo

<sup>35</sup> John Ashworth, Director National Biomass Coordination Office - US Departamento de Energía

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Anexo V

### I- Molienda Seca en nuestro País



### II- Evolución del Consumo de Naftas en el mercado interno de 1998 a la fecha:

Producto	Venta al mercado interno *						
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Nafta común	1.887.864	1.676.581	1.229.938	1.005.145	1.034.919	817.601	338.393
Nafta especial	3.686.454	3.539.233	3.492.050	3.240.748	2.695.312	2.560.980	1.368.733
Gas-oil	12.040.354	11.896.864	11.698.953	11.026.162	10.211.310	s/d	s/d
<b>Etanol % de Mezcla</b>	<b>Consumo de Etanol si se lo Mezcla con las Naftas que se consumen</b>						
5,00%	278.716	260.791	236.099	212.295	186.512	168.929	85.356
10,0%	557.432	521.581	472.199	424.589	373.023	337.858	170.713

\*Fuente: Ministerio de Economía - Secretaría de Energía - Dirección Nacional de Economía de los Hidrocarburos



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Anexo VI

### Modelo de Negocio Simulado

#### Producción de Etanol en una Planta de Molienda Seca

##### a- Tablero de variables

	Galones/Año	Rangos USA		Litros/Año
Capacidad Nominal Prod. Etanol Desnaturalizado	10.566.887			<b>40.000.000</b>
<b>Inversión en Activos Fijos*</b>				
US\$ por Galón de Cap Anual Instalada	1,73	\$1 a \$ 2	US\$/Litro	0,46
*incluye la inversión en tierra, edificios, equipos y capital operativo inicial				
Factor de Mejoramiento de la Capacidad**	1,00	80%-150%		
**Incremento de capacidad por buen gerenciamiento				

<b>Factores Financieros</b>				
<b>Costo de la Planta &amp; Start Up</b>				<b>18.307.132</b>
Capital Aportado por los Socios %		65,0%		
<b>Capital Aportado</b>				<b>11.899.636</b>
Endeudamiento		35,0%		
<b>Deuda Inicial</b>				<b>6.407.496</b>
<b>Costos Supuestos</b>				
Tasa Interés Endeudamiento (TNA)	8,00%			
Tasa de Retorno Requerida por Aport. Capital	9,00%			

<b>Supuestos Eficiencia de la Conversión</b>					
Etanol Anhidro Producido	gal/bu	2,75	2,5 a 2,85 gl/bu	lt/Tn	409,84
DDGS	lb/bu	18,00	15-22 lb/bu	kg/Tn	321,44
CO2	lb/bu	18,00	15-22 lb/bu	kg/Tn	321,44
Desnaturalización Etanol c/naftas	gnaf/get	5,0%	%	ltnaf/lt	5,0%



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Producción Anual					
Etanol Desnaturalizado	Galones	10.566.887		Litros	40.000.000
Producción de Etanol s/desnaturalizar	Galones	10.038.543		Litros	38.000.000
Maíz a Procesar	Bushels	3.650.379		Tn	92.720
DDGS Obtenido	Tna	32.853		Tn	29.804
CO2 Obtenido	Tna Liq	32.853		Tn Liq	29.804

Ingresos						
Ingresos	Precio del Etanol -desnat-	US\$/gl	1,047	0,8 a 1,6	US\$/ltdt	0,277
	Precio DDGS	US\$/Tna	80,74	60 a 120	US\$/Tn	89,00
	Precio CO2	US\$/Tna líquida	6,00	2-12 liq/t n	US\$/Tn liq	6,61
	Subs.Nacional Et. desnat.	US\$/gl	0,00		US\$/lt	0,00
	No se comercializa el CO2 si la capacidad prod. inst. es menor a 100.000.000 lts/año					100.000.000

Egresos por Compra de Maíz						
Egresos	Precio del Maíz pagado por el procesador	US\$/bu	1,34	1,7 a 3,25	US\$/Tn	52,80
	Precio por tn de maíz	US\$/tna US\$/Tn	78,57	52,80		
	<b>Costo Maiz por Unidad</b>	por gl	0,463		por litro	0,122

Gastos de Explotación						
Energia		por bushel		por litro / Tn		
Energia	Precio Gas Natural	US\$/100 000Btu	2,70	1,5-9 /dtherm		
	Precio LP Propano -comb. sustituto	US\$/gl	0,70	0,55-0,72/gl		
	Factor de tiempo operando con propano	%	2,00%	0-12%		
	BTU's necesarios para calentar la planta	p/gl.et. Desnat	35.000	28500-55000	p/lts.et . Desnat	9.246
	Costo combinado GAS	Costo/bu	US\$/bu	0,2836	US\$/Tn	11,16



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Costo Gal	US\$/ga	0,0980		US\$/litro	0,0259
Precio Electricidad	US\$/kwh	0,030	0,025-0,09/kwh		
Kilowatts hora requerido por *	gal. desnat.	1,09		litro desnat.	0,2879
*Plantas modernas consumo 0.85 kWh por el galón desnaturalizado para todo el proceso, plantas más antig. 1.2 kWh por el galón dt.					
Costo electricidad					
Costo/bu	US\$/bu	0,0947		US\$/tn	3,73
Costo Gal	US\$/ga	0,0327		US\$/litro	0,0086
Total BTU's Gas+Electricidad		45.900			

<b>Químicos</b>						
Químicos	Enzimas	US\$/gad t	0,055		US\$/lt dt	0,015
	Levaduras (yeasts)	US\$/gad t	0,025	Costo e/50 a 33% d/Enzymas	US\$/lt dt	0,007
	Otros productos químicos & antibióticos	US\$/gad t	0,020		US\$/lt dt	0,005
	Quím.limpieza bateas/torre enfriamiento	US\$/gad t	0,005		US\$/lt dt	0,001
	Agua	US\$/gad t	0,006	0,005-0,01	US\$/lt dt	0,002
	Desnaturalizante Precio p/gal	US\$/ga	1,010	0,80 a 1,20	US\$/lt	0,267

Otros	Amortización de Act. Fijos línea recta	años	10			
	Mantenimiento y Reparaciones	US\$/gad t	0,035		US\$/lt dt	0,009
	Costo Laboral Operativo	US\$/gad t	0,024	0,04-0,06	US\$/lt dt	0,006
	Management	US\$/gad t	0,022	0,01-0,022	US\$/lt dt	0,006
	Gastos de Administración	US\$/gad t	0,028		US\$/lt dt	0,007
	Licencias, Fees & Seguros	US\$/gad t	0,004	0,003-0,005	US\$/lt dt	0,001
	Gastos Varios	US\$/gad t	0,014	0,01-0,03	US\$/lt dt	0,004
	Intereses Pagados	US\$/gad t	0,049		US\$/lt dt	0,013
	Tasas y Contribuciones	US\$/gad t	0,010		US\$/lt dt	0,003

Ref:  Valor obtenido por Resultado  Valor Variable Ingresado



## a-ii Presupuesto de Gastos en Recursos Humanos

<b>Recursos Humanos Necesarios</b>			
<b>Presupuesto Anual</b>			
Capacidad de Producción	Litros/año	40.000.000	
		Costo Total en USD	
		salario anual + beneficios	Total
	Nº Emp		
Gerente General	1	63.000	63.000
Gerente de Planta	1	45.000	45.000
Controller	1	31.500	31.500
Gerente de Laboratorio	1	27.000	27.000
Gerente de Compras	1	22.500	22.500
Gerente de Rec. Humanos	1	18.000	18.000
Gerente de Comercialización	1	22.500	22.500
Subt Management	7		229.500
Asistentes Administrativos	2	12.870	25.740
Asistentes Comerciales	2	16.380	32.760
Técnico de Laboratorio	1	22.230	22.230
Supervisores	1	20.475	20.475
Operarios de Planta	5	13.163	65.813
Supervisor de Mantenimiento	1	22.230	22.230
Técnicos de Mantenimiento	1	17.550	17.550
Operarios de Mantenimiento	1	14.040	14.040
Técnicos	2	17.550	35.100
Costo Laboral Operativo	16		255.938
<b>Total</b>	<b>23</b>		<b>485.438</b>
Remuneración Promedio	US\$		21.106
Costo del Management	por gl		0,0217
Costo Laboral Operativo	por gl		0,0242

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?



**b- Cuadro de Resultados Proyectados de la Planta –Ejercicio Anual-**

<b>Ingresos por Ventas</b>	US\$
Etanol Combustible Desnaturalizado	11.066.667
DDGS	2.652.552
CO2	0
<b>Ingresos</b>	<b>13.719.219</b>
<b>Costo Insumo Base Maiz</b>	4.895.606
<b>Margen Bruto</b>	<b>8.823.613</b>
<b>Gastos de Explotación</b>	
Energía	
Gas	1.035.125
Electricidad	345.537
Subtotal	1.380.663
Químicos	
Enzimas	581.179
Levaduras (yeasts)	264.172
Otros productos químicos & antibióticos	211.338
Quí. limpieza bateas/torre enfriamiento	52.834
Agua	63.401
Desnaturalizante Precio p/gal	533.628
Subtotal	1.706.552
Otros Gastos	
Costo Laboral Operativo	255.938
Management	229.500
Mantenimiento y Reparaciones	369.841
Gastos de Administración	295.873
Licencias, Fees & Seguros	42.268
Amortización de Activos Fijos línea recta	1.830.713
Gastos Varios	142.653
Intereses Pagados	512.600
Tasas y Contribuciones	105.669
Subtotal	3.785.054
<b>Subtotal Gastos de Explotación</b>	<b>6.872.268</b>
<b>Costo Total del Proceso</b>	<b>11.767.875</b>
Resultado antes de Impuestos	1.951.344
Impuestos a los debitos bancarios	254.871
Impuesto a las Ganancias	593.766
<b>Resultado Neto Obtenido</b>	<b>1.102.708</b>
Retorno requerido por los accionistas	1.070.967



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

<b>c- Resultados expresados en distintas unidades de medida</b>	US\$ Ingresos/bu	US\$ de Ingresos/Gal denat vendido	US\$ Ingresos/Tn	US\$ de Ingresos/Litro Et. denat vendido
Precio Etanol Desnaturalizado	3,032	1,047	119,36	0,277
Precio DDGS	0,727	0,251	28,61	0,066
Precio CO2	0,054	0,019	2,12	0,005
<b>Ingresos por Unidad</b>	<b>3,812</b>	<b>1,317</b>	<b>150,09</b>	<b>0,35</b>
<b>Costo Maiz por Unidad</b>	<b>1,341</b>	<b>0,463</b>	<b>52,800</b>	<b>0,122</b>
<b>Margen Bruto</b>	<b>2,471</b>	<b>0,854</b>	<b>97,289</b>	<b>0,226</b>
<b>Gastos de Explotación</b>				
<b>Costo de Energía Total</b>	<b>0,378</b>	<b>0,131</b>	<b>14,891</b>	<b>0,035</b>
<b>Químicos</b>	US\$/bu	US\$/gadt	US\$/Tn	US\$/lt dt
Enzimas	0,159	0,055	6,27	0,015
Levaduras	0,072	0,025	2,85	0,007
Otros prod. químicos & antibióticos	0,058	0,020	2,28	0,005
Quím. limpieza bateas/t. enfriamiento	0,014	0,005	0,57	0,001
Agua	0,017	0,006	0,68	0,002
Desnaturalizante	0,146	0,051	5,76	0,013
<b>Costo Químico Total</b>	<b>0,4675</b>	<b>0,1615</b>	<b>18,4055</b>	<b>0,0427</b>
Amortización de Act. Fijos	0,502	0,173	19,74	0,046
Mantenimiento y Reparaciones	0,101	0,035	3,99	0,009
Costo Laboral Operativo	0,070	0,024	2,76	0,006
Management	0,063	0,022	2,48	0,006
Gastos de Administración	0,081	0,028	3,19	0,007
Licencias, Fees & Seguros	0,012	0,004	0,46	0,001
Gastos Varios	0,039	0,014	1,54	0,004
Intereses Pagados	0,140	0,049	5,53	0,013
Tasas y Contribuciones	0,029	0,010	1,14	0,003
<b>Total Otros Costos</b>	<b>1,0369</b>	<b>0,3582</b>	<b>40,8225</b>	<b>0,0946</b>
<b>Costo Total del Proceso</b>	<b>1,8826</b>	<b>0,6504</b>	<b>74,1187</b>	<b>0,1718</b>
<b>Costo Total incl. Insumo Básico</b>	<b>3,2237</b>	<b>1,1137</b>	<b>126,9187</b>	<b>0,2942</b>
<b>Margen Obtenido Antes de Impuestos</b>	<b>0,5885</b>	<b>0,2033</b>	<b>23,1705</b>	<b>0,0537</b>
<b>Margen Neto</b>	<b>0,3021</b>	<b>0,1044</b>	<b>11,8929</b>	<b>0,0276</b>
<b>Retorno Requerido por los Accionistas</b>	<b>0,2934</b>	<b>0,1014</b>	<b>11,55</b>	<b>0,027</b>



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## d- Cash Flow

### I- Cash Flow de la Planta sin considerar el efecto del IVA

Cash Flow	Inversión	Año									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Etanol Ganancias		1.102.708	1.153.968	1.205.228	1.256.488	1.307.748	1.359.007	1.410.267	1.461.527	1.512.787	1.564.047
Bonus Management	5%	-55.135	-57.698	-60.261	-62.824	-65.387	-67.950	-70.513	-73.076	-75.639	-78.202
Ingreso Neto		1.047.572	1.096.269	1.144.966	1.193.663	1.242.360	1.291.057	1.339.754	1.388.451	1.437.148	1.485.845
Amortización		1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713
Manten. & Inv Extraord.	1%	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071
Dividendos	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pagos de Capital	10%	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750
Free Cash Flow		2.054.465	2.103.161	2.151.858	2.200.555	2.249.252	2.297.949	2.346.646	2.395.343	2.444.040	2.492.737
Factor de Corrección	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
Potencial		1.951.741	1.998.003	2.044.266	2.090.528	2.136.790	2.183.052	2.229.314	2.275.576	2.321.838	2.368.100
Inversion inicial Accionistas		11.899.636									
Tir para el accionista		12,13%									

### Proyección Flujo de Deuda

Deuda		6.407.496	5.766.747	5.125.997	4.485.247	3.844.498	3.203.748	2.562.998	1.922.249	1.281.499	640.750
Esquema de pagos	10%	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pago del capital		640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750	640.750
Intereses pagados		512.600	461.340	410.080	358.820	307.560	256.300	205.040	153.780	102.520	51.260
%deuda al comienzo c/año		35,0%	31,5%	28,0%	24,5%	21,0%	17,5%	14,0%	10,5%	7,0%	3,5%



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## II- Cash Flow de la Planta considerando el efecto del IVA sobre la operación y la mayor inversión inicial necesaria a raíz de tal impuesto

Cash Flow c/ IVA	Inversión	Año										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Etanol Ganancias		1.102.708	1.153.968	1.205.228	1.256.488	1.307.748	1.359.007	1.410.267	1.461.527	1.512.787	1.564.047	
Bonus Management	5%	-55.135	-57.698	-60.261	-62.824	-65.387	-67.950	-70.513	-73.076	-75.639	-78.202	
Ingreso Neto		1.047.572	1.096.269	1.144.966	1.193.663	1.242.360	1.291.057	1.339.754	1.388.451	1.437.148	1.485.845	
IVA inversion		-1.922.249	640.750	640.750	640.750	0	0	0	0	0	0	
Amortización		1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	
Manten. & Inv Extraord.	1%	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	
Dividendos	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pagos de Capital	10%	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	
Free Cash Flow		-1.922.249	2.695.214	2.743.911	2.792.608	2.200.555	2.249.252	2.297.949	2.346.646	2.395.343	2.444.040	
Factor de Corrección	95%		95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Potencial		-1.922.249	2.560.453	2.606.716	2.652.978	2.090.528	2.136.790	2.183.052	2.229.314	2.275.576	2.321.838	
Inversion inicial Accionistas		13.821.885	Incluye IVA sobre la inversión inicial									
Tir			11,28%									

### Esquema de IVA

	Inversión	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión	1.922.249	640.750	640.750	640.750							
Deb por Vtas		2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036
Cred por compras		1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650	1.477.650
Saldo a ingresar a AFIP	-1.922.249	762.637	762.637	762.637	1.403.386	1.403.386	1.403.386	1.403.386	1.403.386	1.403.386	1.403.386

## III- Cash Flow de la Planta considerando el tratamiento dado por el proyecto de ley en tramite en el senado: liberación total del IVA

Cash Flow c/ IVA Liberado Proyecto Ley	Inversión	Año										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Etanol Ganancias		1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	1.102.708	
Bonus Management	5%	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	-55.135	
Ingreso Neto		1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	1.047.572	
IVA liberado		0	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	2.881.036	
Amortización		1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	1.830.713	
Manten. & Inv Extraord.	1%	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	-183.071	
Dividendos	0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Pagos de Capital	10%	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	-640.750	
Free Cash Flow		0	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	4.935.500	
Factor de Corrección	95%		95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	
Potencial		0	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	4.688.725	
Inversion inicial Accionistas		11.899.636	Incluye IVA liberado									
Tir			37,81%									

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## e- Requerimientos Operativos de la Planta Modelo

### I- Necesidad de Transporte

Días de actividad	360	
-------------------	-----	--

Transporte		
	Camión	Tren
Ingreso %	100%	0%
Expedición Etanol	100%	0%
Expedición Sólidos	100%	0%

Volumen de Carga		
Maiz - Granos BH	1045	3535
% de carga	85%	90%
Líquidos gl	8000	30000

Ingreso de Maíz	Bu	Tn
		3.650.379
		92.720

Egresos		
Etanol	Gl	10.566.887
	Litros	40.000.000
DDGS	Bu	1.173.382
	Tn	29.804

Movimientos		
Ingreso	Anualmente	Diariamente
Camiones c/maíz	4110	11
Camiones Otros Ins	720	2
Vagones de Tren	0	0

Expedición		
<b>Etanol</b>		
Camiones cisterna	1321	3,7
Vagones de Tren	0	0,0
<b>DDGS</b>		
Camiones	954	2,65
Vagones de Tren	0	0,00

Totales		
Camiones	7105	19,74
Vagones	0	0,00

### II- Tn de Maíz y Superficie Cultivada Necesaria para Abastecerla

Capacidad de Producción Etanol Anhidro Desnaturalizado Litros/Año	Maíz Tn Necesarias	QQ de Rendimiento por Hectárea		
		75	80	90
		Superficie Cultivada Necesaria		
40.000.000	92.720	12.363	11.590	10.302

### III- Coproductos: DDGS Producción y Potenciales usos comerciales

DDGS	Tn	29.804	
<b>Consumo del ganado</b>	Consumo Diario Kg.	Consumo anual	
		Kg	Tn
	Vaca lechera	2,72	993,36
Por cabeza en feedlot	0,91	331,12	0,33
<b>Cantidad potencial del rodeo a alimentar</b>			
Vacas lecheras	15.002	% de venta	50,0%
Cabezas en feedlot	45.005	a cada sector	50,0%
Un feedlot que vende cabezas por año	50.000		
Con un promedio de rotación del	2,6		
Consumo tn por un año	6.368		

Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Anexo VII

### Propiedades Físicas de las Naftas, el Diesel y el Etanol

Propiedades	Gasolina sin plomo	Diesel	Etanol
Composición	Mezcla de hidrocarburos (principalmente C4 - C10)	Mezcla de hidrocarburos (principalmente C12 - C20)	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
Rango de Ebullición(° C @ 1 atm)	26.6 a 215.5	160 a 382.2	78.13
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )(kg/l)	688.7 a 784.80.695 a 0.778	784.8 a 880.90.778 a 0.87	788.010.79
Contenido de energía MJ/kg MJ/l	43.49-44.42 31.22-33.72	43.96 34.28-35.68	26.74 21.09
Temperatura de autoignición (° C)	232.2 a 482.2	204.4 a 260	423.8
Punto de inflamabilidad (° C)	-42.77	51.66 (min)	21.11
Rango de No. de octano (R+M) / 2	87 a 93	N/A	100
límites de inflamabilidad (% vol. en aire)e	bajo=1.4 alto=7.6	bajo=0.7 alto=5.0	bajo=4.3 alto=19.0
Contenido de azufre (% peso)	0.020 a 0.045	0.20 a 0.25	Ninguno
Velocidad de la flama (m/s)	0.3962	0.3962	0.3962

### Fabricantes automotrices que aprueban el uso de mezclas con etanol

El uso de combustible E-10 Unleaded es aceptado por la mayoría de las compañías fabricantes de automóviles del mundo dentro las condiciones de la garantía:

General Motors: Buick, Cadillac, Chevrolet, GMC, Geo, Pontiac, Saturn, Isuzu Suzuki, Saab  
 Ford Motor Company: Ford, Lincoln, Mercury, Land Rover, Mazda, Kia, Volvo y Jaguar  
 DaimlerChrysler: Mercedes-Benz, Chrysler, Dodge, Jeep, Plymouth, Hyundai

BMW - Rolls Royce

Honda - Acura

Mitsubishi

Nissan - Infiniti

Porsche

Subaru

Toyota - Lexus

Volkswagen - Audi - Bentley





Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

## Referencias Bibliográficas:

Aulich Ted- " Ethanol Market Opportunities Beyond Gasoline"- University of North Dakota – Governors' Ethanol Coalition Meeting - 2003.

Bailey, Margaret - "Ethanol Policy and Programs in Canada." - Presented at Renewable Fuels Association Meeting - 2003.

Berg, Christoph, F.O. Licht -World Fuel Ethanol- Analysis and Outlook - 2003

Bryan & Bryan, Inc.(BBI)- "IOWA Ethanol Plant Pre-Feasibility Study for the Iowa Ethanol Sub-Committee"- 2000.

Buchheit, Joshua K. - "Alternative Agriculture Production of Ethanol"- Rural Enterprise and Alternative Agricultural - Report N°13 - 2002.

Camps, Darío N (MV) y otros – "Cálculo de los valores de sustitución de granos y subproductos de la dieta basados en sus aportes de nutrientes - Facultad de Ciencias Veterinarias - UBA - 2003

Comis, D. - Bioenergy Today, Agricultural Research - 2002.

Core, J.- "Zein protein research could offset ethanol production costs". Ethanol Producer Magazine - 2002.

Daniel, Otto, and Gallagher P. - "Iowa Ethanol Industry" - 1998.

Daniel, Otto and Gallagher Paul. - "The Effects of Expanding Ethanol Markets On Ethanol Production, Feed Markets, And the Iowa Economy"- Department of Economics Iowa State University – 2001.

Davis, Kelly - "Corn Milling, Processing and Generation of Co-products." Presented at Minnesota Nutrition Conference, Technical Symposium - 2001.

Elam, Nils - "Alternative fuels (ethanol) in Sweden"- Investigation and evaluation for IEA Bioenergy, - 2000.

Elfes, Conrad -"Risk Management in Ethanol Production." Presented at Renewable Fuels Association Meeting - 2003.

ETHANOL Weekly Market Overview - Agra Inform Ltd - 2004.

Fink, Rodney J.-"New Generation Cooperatives:Sunrise Energy Cooperative" - Illinois Institute for Rural Affairs – 2001.

Gallagher, Paul W., Daniel M. Otto and Mark Dikeman.- "Effects of an Oxygen Requirement for Fuel in Midwest Ethanol Markets and Local Economies," Review of Agricultural Economics



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Graboski, Michael S. - "Fossil Energy Use in the Manufacture of Corn Ethanol" - Colorado School of Mines - 2002.

Hudson, William J. and Stewart, John P. -"Basis Impact Of New Ethanol Facilities In Various Western Regions" - 2002.

Huergo, Héctor A.-" LA CRISIS ENERGETICA Y EL AGRO - Biodiesel y etanol, una tarea"- Diario Clarín - 2004.

Iowa Corn Growers Association - "Hechos y preguntas sobre el etanol"- Webpage.

Iowa Department of Agricultural - Iowa value-added resource manual - 2000.

Kim S. & B. Dale -"Allocation Procedure in Ethanol Production System from Corn Grain" - 2002.

McAloon, Andrew, Frank Taylor, Winnie Yee, Kelly Ibsen, and Robert Wooley- "Determining the Cost of Producing Ethanol from Corn Starch and Lignocellulosic Feedstocks" - 2000.

Mccormack, Mike - "Costs And Benefits Of A Biomass-To-Ethanol Production Industry In California" - 2001.

Mccormack, Mike - "Costs And Benefits Of A Biomass-To-Ethanol Production Industry In California" - 2001.

McNew, Kevin and Griffith, Duane- "Locating an Ethanol Plant: ¿Qué impacto tendrá sobre los precios del maíz?"

Minnesota Dept. of Agriculture - "Economic Impact of the Ethanol Industry in Minnesota."

National Corn Growers Association (NCGA) - The World of Corn - Webpage.

Outlaw, Joe L.; Klose, Steven L.; Richardson, James W.; y otros -"An Economic Examination of Potential Ethanol Production in Texas" -Dept. of Agricultural Economics - Texas Univ. - 2003.

Petersan, Donis. N, -"Estimated Economic Effects for The Husker Ag Ethanol Plant at Plainview, Nebraska" - Economic Development Department Nebraska - 2003.

Redding, J.- "Marketing Ethanol in a Post-MTBE World" - Renewable Fuels As. Meeting - 2003.

Renewable Fuels Association - 2004 Gasoline Price Increases: An Analysis Summary - 2004.

Renewable Fuels Association - "Etanol - Industry Outlook 2001 Clean Air, Clean Water, Clean Fuel"- 2001.

Saha, Badal C. - "Production of Fuel Alcohol and Chemicals by Fermentation" - Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture -2003.

Shapouri H, Duffield JA, Graboski MS -"Estimating the Net energy Balance of Corn Ethanol"-



Etanol : ¿Es factible su desarrollo en la Argentina?

Agricultural Economic Report 721, US Department of Agriculture – 2002.

Shapouri, Hosein -"THE U.S. BIOFUEL INDUSTRY: PRESENT & FUTURE" - USDA – 2003.

Shapouri, Hosein, Paul Gallagher and Mike Graboski - "The 1998 U.S. Ethanol Costs of Production Survey." - 2001.

Shurson, Jerry- "Increasing the Utilization of Distiller's Dried Grains with Solubles in Livestock and Poultry" – 2002.

Snider, Tracy - "What About Co-Product Markets?"- National Corn Growers Association - 2002.

United States Environmental Protection Agency -"Achieving Clean Air and Clean Water: The Report of the Blue Ribbon Panel on Oxygenates in Gasoline" – 1999.

United States Environmental Protection Agency -"Drinking Water Advisory: Consumer Acceptability Advice and Health Effects Analysis on Methyl Tertiary-Butyl Ether (MtBE)." - 1997.

Urbanchuk John M. - "An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels" -2001.

Urbanchuk John M. - "Consumer Impacts Of The Renewable Fuel Standard" -2003.

Urbanchuk, John M.-"Ability Of The U.S. Ethanol Industry To Replace Mtbe" - Governors' Ethanol Coalition – 2000.

Weigel, Jerry C., Dan Loy and Lee Kilmer - "Feed Co-Products of the Dry Corn Milling Process". Iowa Department of Agriculture - 1997.

Wirth, Timothy E., Boyden Gray C.. -"Bioenergía: autosuficiente y rentable" -2003.

World Ethanol & Biofuels Report. - F.O. Licht – 2003/4.

World of Corn 2004 - NCGA – Webpage