



TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL

***Guía para la construcción de una industria eficiente y
sustentable de bioetanol carburante en Argentina***

Autor: Gonzalo Hierro

Director de Tesis: Ing. Tomás Baylac

2007

Ante todo dedico la presente obra a mi familia pues gracias a la formación, consejos, y sobre todo al ejemplo de vida que he recibido de todos ellos, he logrado apreciar desde mi infancia el amor por el esfuerzo propio y los logros sanamente alcanzados. Demás está decir que sin su constante apoyo en el momento oportuno me habría sido imposible llegar a esta instancia de mi formación personal y profesional. También deseo dedicar el presente trabajo a todos los amigos que he cosechado durante mis años universitarios, no sólo por acompañarme en este largo camino sino por formar parte de mi vida diaria con su invalorable afecto. Por último, pero no menos importante, me es imprescindible dedicar las siguientes páginas a quien fuese mi tutor de tesis, el Ingeniero Tomás Baylac, por haber aportado su buen juicio y conocimientos a la hora de guiarme durante la concepción de este proyecto.

RESUMEN.

El presente estudio busca arrojar luz sobre las variables a tener en cuenta para diseñar una industria sustentable a largo plazo en el sector biocombustibles, específicamente en la producción de bioetanol carburante. En el primer capítulo se hace una breve introducción al contexto del bioetanol en Argentina y el mundo, con el objetivo de definir conceptos claves y cuantificar el escenario actual de forma de poder comprender los puntos a tratar más adelante. En el segundo capítulo se analizan y cuantifican varios de los principales inconvenientes o aspectos a mejorar de esta nueva industria, desde un punto de vista objetivo, y en base a experiencias en otras regiones del globo y al comportamiento de industrias (y sectores de la población) que son similares o que interactúan íntimamente con la producción de etanol. En el tercer capítulo se tratan las medidas fundamentales para mitigar estos aspectos negativos y los lineamientos fundamentales para construir una industria que sea exitosa tanto desde el punto de vista de su crecimiento y rentabilidad, como también a la hora de mejorar la calidad de vida de la población Argentina en general. Los principales conceptos que surjan de este análisis se resumen en el cuarto capítulo, a modo de una guía de políticas.

SUMMARY.

The present study pretends to bring light over the main parameters to be considered when designing a long-term sustainable biofuel industry, specifically regarding fuel ethanol production. The first chapter is a brief description of the ethanol industry around the world and also in Argentina, and was included to define key concepts and to better comprehend further discussion points. The second chapter is an objective analysis and dimension of the main issues and weak point of this industry, based on the experience gathered in other nations and on the functional structure of other industries (and populations segments) that are related to the ethanol market. The third chapter consists of a technical discussion of the politics to be implemented in order to mitigate these negative issues and built a successful industry at a long term basis, in terms of economic trade volume and return, and also in terms of improving Argentinean population's life. Finally, the key ideas extracted of this study are summarized in the fourth chapter, in the aspect of a policy guide.

CONTENIDOS

<i>Capítulo I: Introducción al contexto del bioetanol carburante en Argentina y el Mundo.....</i>	<i>1</i>
<i>Surgimiento de los biocombustibles: su necesidad a nivel mundial y nacional.....</i>	<i>1</i>
<i>¿Qué son los biocombustibles?.....</i>	<i>4</i>
<i>Usos del etanol.....</i>	<i>5</i>
<i>Obtención del etanol carburante.....</i>	<i>8</i>
<i>Producción y comercialización de etanol carburante en el mundo.....</i>	<i>12</i>
<i>Etanol en Argentina: pasado, presente y futuro.....</i>	<i>16</i>
 <i>Capítulo II: Análisis de los potenciales efectos negativos de la industria del bioetanol carburante en Argentina.....</i>	 <i>25</i>
<i>Bioetanol: solución viable pero no milagrosa.....</i>	<i>25</i>
<i>Food vs. Fuel: ¿Seguridad energética o seguridad alimentaria?.....</i>	<i>28</i>
<i>La cuestión ambiental.....</i>	<i>57</i>
<i>Balance energético etanol-fósiles.....</i>	<i>71</i>
<i>Los problemas legales y las trabas al comercio internacional del etanol: su impacto en Argentina.....</i>	<i>82</i>
<i>La industria del etanol como fuente de empleos y desarrollo rural en Argentina.....</i>	<i>93</i>
<i>Otras cuestiones importantes.....</i>	<i>100</i>
<i>Conclusiones y aspectos claves a tratar.....</i>	<i>105</i>
 <i>Capítulo III: Políticas para el diseño de una industria eficiente y sustentable a largo plazo.....</i>	 <i>107</i>
<i>Diversificación de feedstocks.....</i>	<i>107</i>
<i>La integración vertical: alternativas para mejorar la integración de los proyectos.....</i>	<i>150</i>

*Guía para la construcción de una industria eficiente y sustentable
de bioetanol carburante en Argentina*

<i>Promoción de la demanda de etanol Argentino.....</i>	<i>161</i>
<i>Técnicas para mejorar la financiación de los proyectos.....</i>	<i>172</i>
<i>El rol del Estado: piedra angular para el desarrollo sano de la industria.....</i>	<i>186</i>
<i>Capítulo IV: Conclusiones.....</i>	<i>195</i>

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN AL CONTEXTO DEL BIOETANOL EN ARGENTINA Y EL MUNDO

SURGIMIENTO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES: SU NECESIDAD A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL.

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. 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 industrializados- 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.

Con respecto al petróleo, el peligro de un potencial desabastecimiento se funda en dos hechos. Por un lado, las mayores reservas petroleras se encuentran en zonas de alta conflictividad social y geopolítica. Por otro, al actual nivel de consumo, cercano a 80 millones de barriles por día, las reservas conocidas sólo son suficientes para un horizonte de consumo de unos 70 años.

Este es sin duda un problema estratégico de nivel global, ya que si analizamos la oferta energética mundial y su evolución veremos una apreciable concentración de la misma en el área petrolífera (entiéndase petróleo y gas) -como se muestra en el siguiente cuadro-, modelo que según los expertos tendera a mantenerse al menos por los próximos 15 años.

Evolución de la matriz energética global.

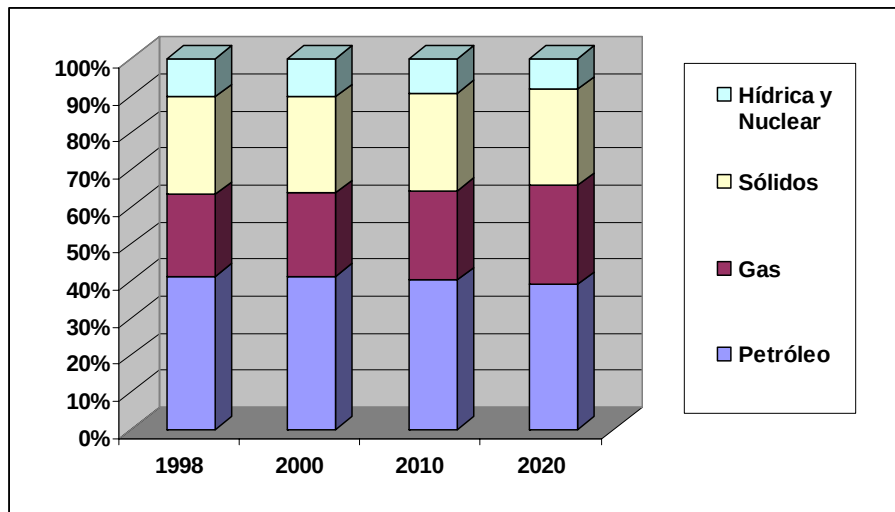


Figura 1.1

Como es sabido, Argentina es un país hidrocarburo-dependiente, ya que el petróleo y el gas natural satisfacen cerca del 90% (42% y 47%, respectivamente) de las necesidades energéticas de la estructura socioeconómica nacional. Este dato reviste una preocupación muy seria, dado que las reservas certificadas de ambos recursos naturales no renovables estarían agotadas en poco más de una década, considerando el escaso interés de las petroleras respecto a la realización de inversiones de capital de riesgo para incorporar reservas estratégicas, hecho que se viene manifestando desde 1998 hasta hoy. Ello es el resultado de una política de explotación basada en extraer prácticamente todo el volumen posible de los pozos anteriormente descubiertos, sin realizar demasiados esfuerzos exploratorios para mantener horizontes de reservas que aseguren el abastecimiento en el largo plazo.

La matriz energética Argentina en 2006.

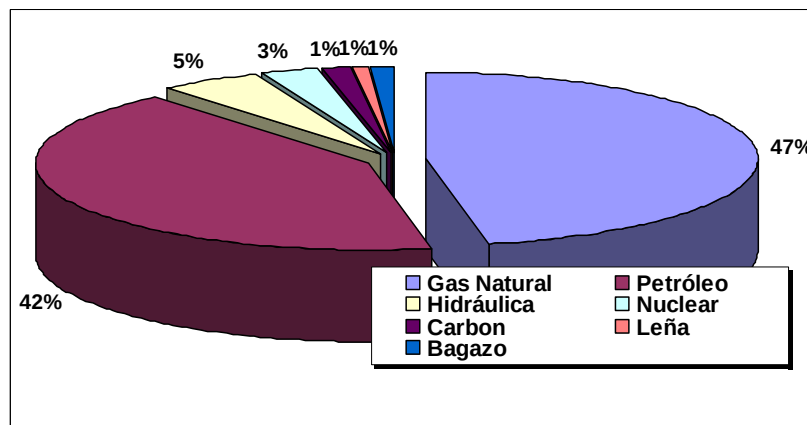


Figura 1.2

Si bien este fenómeno hace difícil realizar predicciones, las estimaciones muestran que de seguir con este modelo, la dependencia mostrada se mantendría en el corto plazo (aunque el petróleo y el gas tienden a reemplazarse mutuamente), como se muestra a continuación:

Matriz energética Argentina, prospectiva.

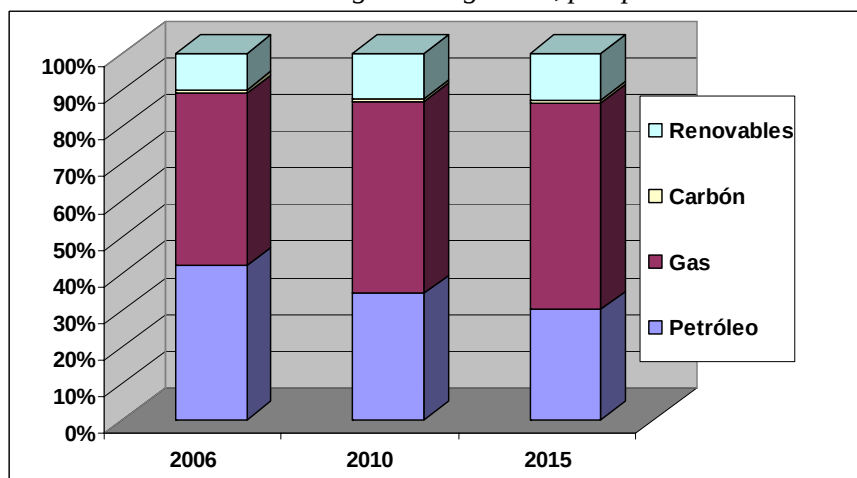


Figura 1.3

Los datos evidencian la necesidad de hacer hincapié en soluciones de largo plazo que permitan reestructurar el consumo de combustibles fósiles, principalmente petróleo y gas natural. A los motivos mencionados al inicio de el presente trabajo, debemos sumar un conjunto de desafíos críticos con que comenzó este siglo XXI -en cuestiones de índole económica, de seguridad, social y medioambiental- que han potenciado el interés por los combustibles renovables de origen vegetal o biocombustibles, como son el bioetanol, el biodiesel y el biogás. Cada uno de ellos presenta, en forma separada, un sustituto para los combustibles secundarios que se elaboran a partir del petróleo. Como muestra el gráfico, dichos combustibles representa actualmente el 83% de total utilizado en el país, consumiéndose actualmente cerca de 4000 MM de litros de nafta y 14.000 MM de litros de gas-oil.

Participación en el uso de combustibles.

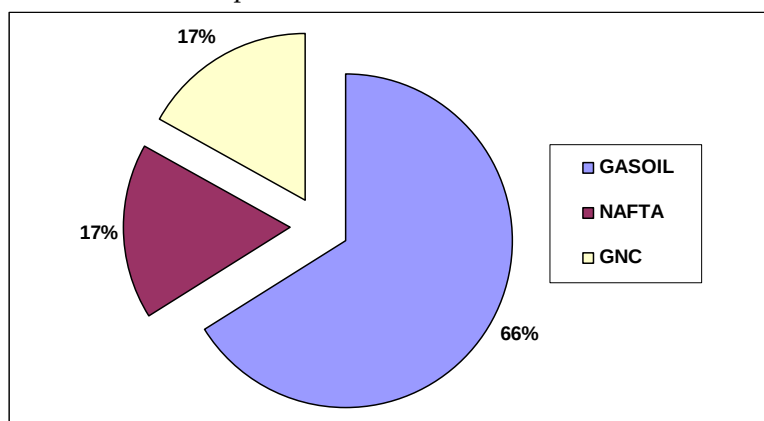


Figura 1.4

¿QUÉ SON LOS BIOCOMBUSTIBLES?

Pero debemos definir con precisión que se entiende por la palabra biocombustibles. Por definición, y tal como su nombre lo indica, se trata de aquellos combustibles de origen biológico. Tomando estrictamente esta definición, incluso el petróleo y sus derivados lo serían, pues procede de restos fósiles de seres que vivieron hace millones de años. Pero en la práctica se tiende a definir como biocombustible a un combustible de origen biológico obtenido de manera renovable a partir de restos orgánicos.

El biodiesel se obtiene a partir del procesamiento de aceites vegetales tanto usados y reciclados como obtenidos directamente de oleaginosas como soja, colza, girasol, cártamo, palma, entre otras. Mezclado con diesel se pueden utilizar en todos los motores diesel sin ninguna modificación, obteniendo rendimientos muy similares.

El biogás es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica, mediante la acción de microorganismos, (bacterias metanógenas, etc.), y otros factores, en ausencia de aire (esto es, en un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de oxígeno, actúan este tipo de bacterias, generando biogás. En principio el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural, ya que mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de artefactos descomponiéndose principalmente en CO_2 y H_2O .

El bioetanol es un alcohol producido a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en el maíz, caña de azúcar, cebada, trigo, sorgo, remolacha u otros cultivos energéticos, que mezclado con la nafta produce un biocombustible de alto poder energético, con características muy similares a la nafta, pero con una importante reducción de las emisiones contaminantes en los motores tradicionales de combustión interna. El combustible resultante se conoce como gasohol (en algunos países, "alconafta"). Dos mezclas comunes son E10 y E85, que contienen el etanol al 10% y al 85%, respectivamente. También se utiliza cada vez más para la elaboración del Etil tri-butil éter (ETBE), un aditivo usado para oxigenar la nafta estándar, como reemplazo para el metil tert-butil éter (MTBE), otro aditivo que se está dejando de usar porque produce una considerable contaminación del suelo y del agua subterránea. Finalmente el etanol también puede utilizarse como combustible en celdas de combustión, para la obtención de hidrógeno.

USOS DEL ETANOL.

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

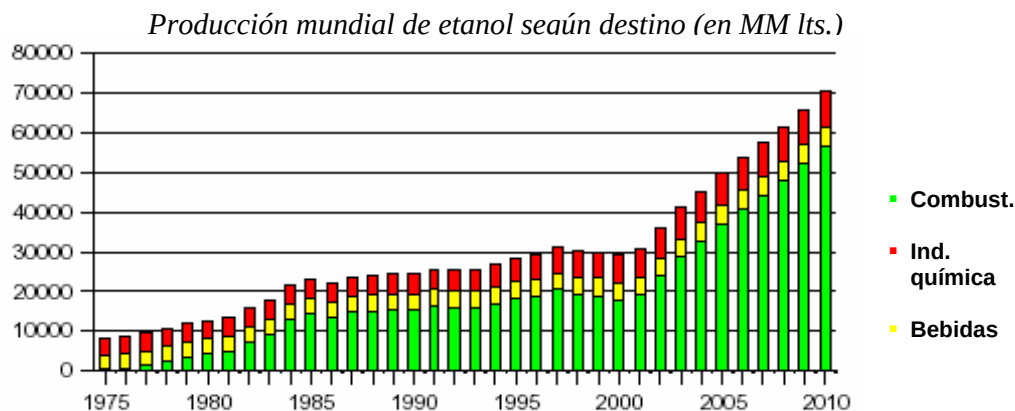


Figura 1.5

A nivel mundial el etanol es usado principalmente como:

- Combustible (o carburante): ya sea para mezclar o reemplazar los petróleo-derivados. El 65% de producción mundial de etanol se usa como combustibles y viene creciendo muy rápidamente, al ritmo del aumento del precio de las naftas y gasolinas, cuyo mercado es enorme (alrededor de 1400 millones de metros cúbicos por año).
- Insumo en la industria procesadora: dado que el 21% de la producción mundial se destina a las industrias de cosméticos, farmacéutica, química, entre otras.
- Insumo en la elaboración de bebidas: que utiliza alrededor del 1% de la producción mundial.

Distribución porcentual usos del etanol

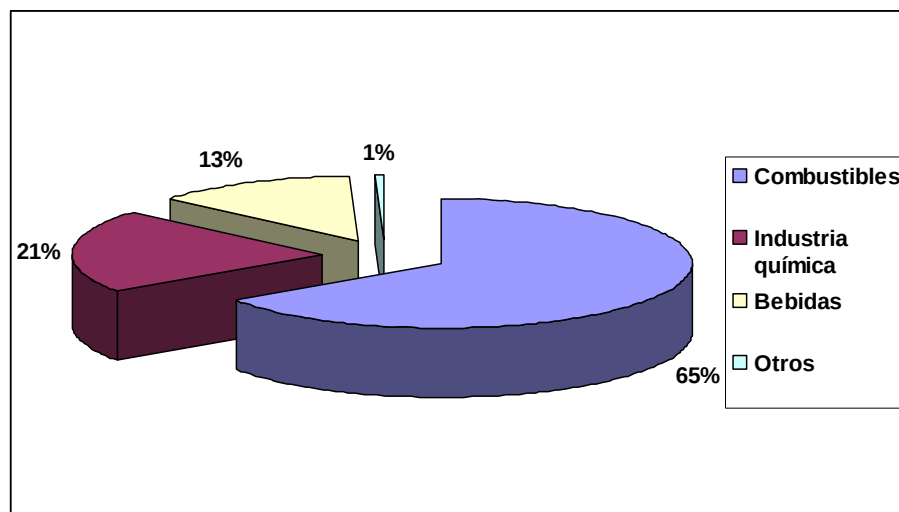


Figura 1.6

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, obteniéndose las mezclas denominadas genéricamente gasohol, naftas que contienen etanol en una proporción del 5.7%, 7.7%, 10% en EE.UU., y un % variable en Brasil;
- (ii) como materia prima para la fabricación del ETBE. El etanol se usa en la fabricación de Etil-Tri-Butil-Eter (ETBE), un aditivo suplementario de las naftas que mejora el octanaje de las mismas, reduciendo además el consumo y las emisiones;
- (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 (alrededor del 3%) 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 y 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 del etanol como carburante:

- ✓ 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) favoreciendo la combustión y evitando el "pistoneo".
- ✓ Produce menos dióxido de carbono al quemarse que la nafta, aunque el impacto total depende del proceso de destilación y la eficiencia de los cultivos.
- ✓ No emite compuestos de azufre.
- ✓ Genera menores emisiones de monóxido de carbono cuando se usa como aditivo de las naftas.
- ✓ Resulta menos inflamable que los combustibles derivados del petróleo y presenta una baja toxicidad.
- ✓ Mezclado con la nafta hasta un 10%, no requiere de ninguna modificación en los vehículos para su uso.
- ✓ El ETBE (obtenido a partir del etanol) es oxigenante de naftas muchos menos contaminante que el MTBE.

Desventajas del etanol como carburante:

- Presenta una menor densidad de energía que las naftas, contiene dos terceras partes de la energía contenida para el mismo volumen de nafta (se requiere mayor consumo).

- Usado en altas concentraciones, presenta problemas de corrosión en determinadas partes mecánicas y sellos.
- Mezclado con la nafta en un 15% o más, requiere una adecuada modificación de los motores.
- Presenta dificultades para encender en climas fríos, en estado puro, como E-100.
- Genera emisiones altamente volátiles.
- Se incrementan las emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos.

OBTENCIÓN DEL ETANOL CARBURANTE.

Cerca del 95% del etanol producido actualmente se obtiene a partir de procesos de fermentación biológica (también llamando etanol de fermentación o etanol renovable), mientras que el 5% restante proviene de derivados del petróleo (como el etileno) o del carbón (también conocido como etanol sintético o etanol no renovable).

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

Se elabora a partir de tres materias primas principales:

- Sacarosas, que se encuentran en la caña de azúcar, la melaza, el sorgo dulce, remolacha azucarera, etc. La caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas para la elaboración de etanol, debido a que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables, por lo cual requiere un paso menos que en los procesos a base de cereales y tubérculos. El etanol puede obtenerse a partir de la melaza (un subproducto derivado de la obtención de azúcar) con un rendimiento estimado en 11 litros de alcohol por tonelada de caña, o bien directamente del jugo de caña (sin obtención de azúcar) con un rendimiento mucho mayor, de aproximadamente 85 litros por tonelada de caña.
- Almidones, que se encuentran en cereales (maíz, trigo, cebada, etc.) y tubérculos (yuca, camote, papa, patata, etc.). Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión (sacarificación, a través de la hidrólisis) introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación.
- Celulosa, que se encuentra en la madera, residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa. Es importante destacar que la producción mundial de celulosa asciende a 100 mil millones de TN por año, de los cuales se estima que solo es utilizado el 11%.

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 y cebada- son otra fuente común, especialmente en EE.UU. y Canadá. Globalmente, más del 60% del etanol elaborado anualmente se deriva del azúcar, siendo Brasil el mayor productor de de azúcar del mundo, y el segundo de etanol. De los cereales se deriva el 32%, siendo el líder EEUU en este sector, y primer productor mundial de etanol. 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.

Otras materias primas que podrían ser potencialmente utilizables son el papel, alimento y basura orgánica, plásticos, llantas. El etanol que no se obtiene de materias primas producidas específicamente para tal fin, sino de los residuos o desechos de otras industrias o actividades humanas, suele llamarse etanol de segunda generación.

Fuentes de obtención del etanol.

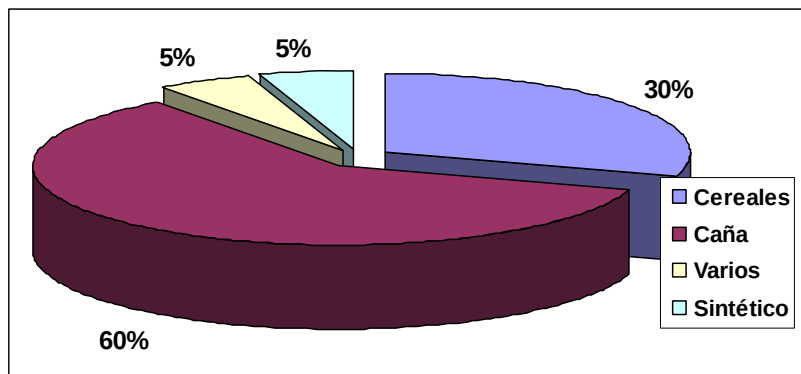


Figura 1.7

De aquí en adelante, el término “etanol” hará referencia al etanol renovable o de fermentación.

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 ha sido inmensamente refinado y actualizado en años recientes ganando en eficacia. Si bien varía ligeramente para cada uno de los tres usos principales del etanol –bebidas, industrial, y combustible-, 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. Ambos procesos incluyen esencialmente los mismos pasos: el preparando del feedstock, la fermentación de los azúcares simples, y el recupero del alcohol y de los co-productos que van generándose en el proceso. Se diferencian en la preparación del grano para la molienda y la posterior fermentación, y en la calidad de los co-productos obtenidos. La elección de uno u otro sistema de producción implica la obtención de un determinado conjunto de derivados: 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, y gluten meal. Estos últimos también se utilizan como alimento animal.

Esquema básico del proceso, según el feedstock utilizado.

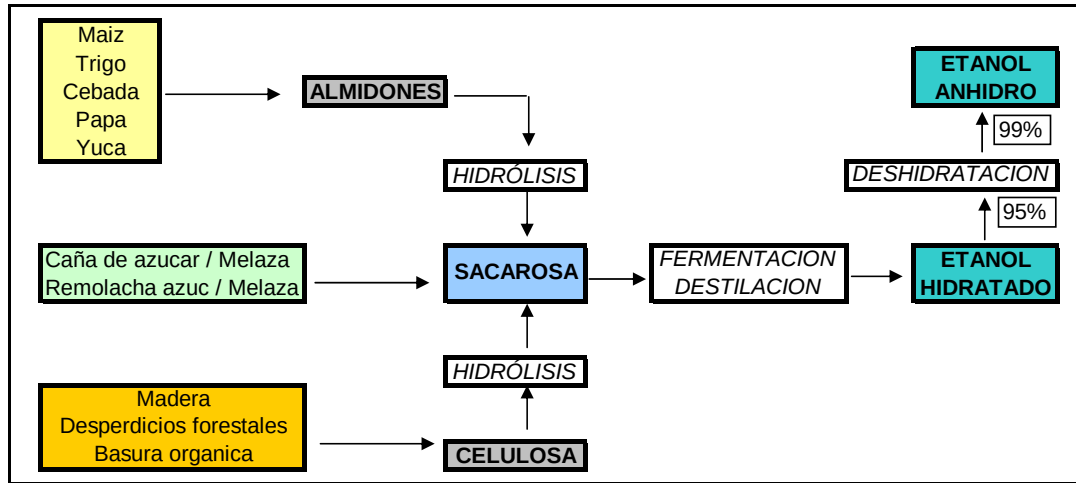


Figura 1.8

A continuación se puede observar un mapa que muestra los principales países productores y su feedstock mas utilizado, junto con una prospectiva para los próximos años. Como se puede observar, en la mayoría de los casos el modelo tiende a mantenerse. Sin embargo, para el caso particular de Argentina se espera que el maíz se convierta en el feedstock principal a partir de 2010.

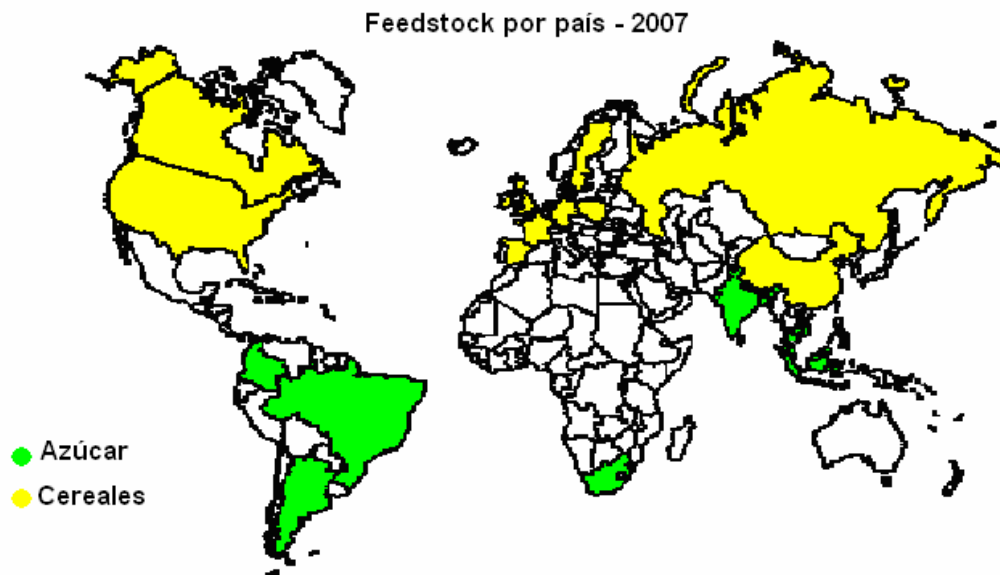


Figura 1.9

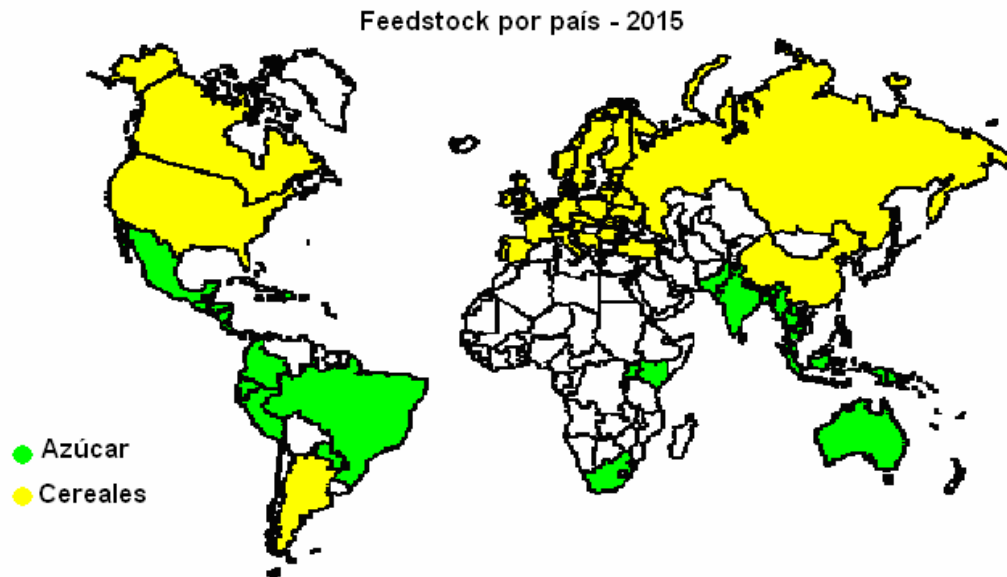


Figura 1.10

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ETANOL CARBURANTE EN EL MUNDO.

Varios países del mundo industrializado han visto en los biocombustibles una fuente de energía alternativa, que los avances de la biotecnología pueden desarrollar de una manera tal de transformarlos en energías más limpias y confiables que los combustibles tradicionales que utilizan sus sistemas de transporte.

En las naciones más adelantadas en cuanto a producción y comercialización, 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 a favor de las iniciativas que promocionan el desarrollo, la producción y el uso de este tipo de combustibles. Sin embargo, la vorágine con que se ha desarrollado la industria en los últimos años ha llevado a menospreciar ciertos efectos de largo plazo que dicho producto genera sobre el medio ambiente, sobre los mercados de otros productos y sobre la sociedad en general, efectos que serán tratados en el presente estudio.

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

El 69% de la producción mundial de etanol le corresponde a América, seguida por la región de Asia/Pacífico con 19.6%, Europa con 13.2 % y África que sólo produce 1.7%. La producción mundial de etanol en el año 2006 fue de 51.000 millones de litros, con un crecimiento del 25% respecto de 2004.

Producción 2006 (miles de MM lt.)

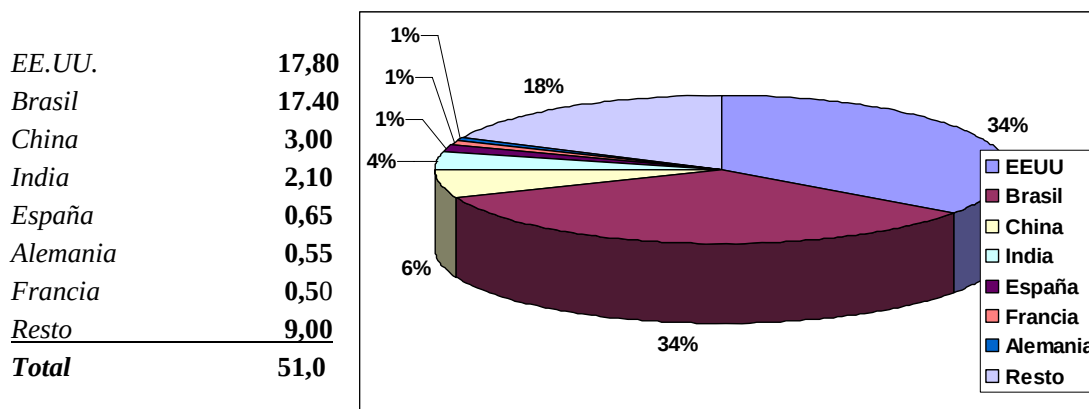


Tabla 1.1

Figura 1.11

En el caso de **Brasil**, líder mundial en el uso de etanol, la obtención del etanol parte de la caña de azúcar. La producción surgió como respuesta al aumento en el precio del petróleo de los años 70, momento en que el gobierno implementó un programa -que llamó PROALCOOL, 1975- 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. 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. Brasil produce anualmente más de 17 mil millones de litros de etanol.

El uso del etanol como combustible en los **EEUU** ha tenido un gran crecimiento en las últimas dos décadas, contando actualmente con mas de 100 plantas de producción. Su avance se basa en subvenciones y ayudas económicas, buena parte de las cuales va a la investigación para optimizar procesos, mejorar eficacias, rendimiento y calidad. Debido a que el 95% del producto se elabora a base de maíz, el consumo de dicho cereal para la producción de etanol ronda los 50 millones de toneladas. Los argumentos de quienes fomentan la utilización del etanol en este país, ponen énfasis en su relevancia para reducir la dependencia de la importación de petróleo, disminuyendo así el déficit comercial y aumentando la seguridad en el aprovisionamiento; en sus beneficios medioambientales y 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. Pero por el momento, si bien el 30% de la gasolina que se vende en Estados Unidos está mezclada con etanol, dicho volumen sólo alcanza a sustituir el 3% del volumen de naftas consumidas anualmente, por lo cual su impacto sobre el nivel de las importaciones de petróleo es mínimo.

Otros productores importantes en América son **Canadá** (400 MM de litros por año), **Colombia** (mas de 300 millones de litros por año) y **Argentina** (225 MM de litros por año).

En Europa se llegó a plantear, en 1985, el objetivo de sustituir el 25 % del combustible fósil por bioetanol. No fue aprobado por cuestiones de rentabilidad y costo. A pesar de ello se han dedicado sustanciales fondos para la investigación y el desarrollo de estas tecnologías. 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 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.

Como consecuencia de ello se ha elaborado el siguiente esquema de corte:

<u>Año</u>	<u>Porcentaje</u>
2005	2,00
2006	2,75
2007	3,50
2008	4,25
2009	5,00
2010	5,75

Tabla 1.2



Hay anuncios recientes en los que se proponen alcanzar un 8% para el 2015.

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 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 **España** se encuentran en producción 4 plantas de gran tamaño pertenecientes a las firmas Abengoa, Ebro Puleva y Acciona, donde el etanol se obtiene mayormente de cereales, junto con otras instalaciones de menor tamaño que utilizan otros feedstocks, como por ejemplo una planta de bioetanol a partir de paja. Como la producción excede el consumo local han comenzado a exportar a otros países de la UE como Suecia, Alemania, Francia y Polonia.

Francia, produce 500 millones de litros/año 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.

Existen otros países europeos que han iniciado recientemente su producción, como **Suecia** y **Polonia** con 150 millones de litros por año cada uno, y **Alemania** con 550 millones de litros por año. También existe una generación importante en el **Reino Unido** y **Rusia**.

En Asia se destacan naciones como **China** –el mayor productor asiático con más 3.000 millones de litros anuales; **India** –que se encuentra en la etapa inicial del uso del etanol como combustible automotor, con una producción de 2100 millones de litros anuales-, **Malasia** y **Tailandia**. Finalmente se pueden mencionar otras regiones de menor importancia, como por ejemplo África en donde el principal país productor es **Sudáfrica**, que espera satisfacer el 75% de sus requerimientos energéticos con fuentes renovables para el 2013.

En los últimos meses ha habido un importante acercamiento entre EEUU y Brasil, buscando generar un **foro Global para la comercialización del etanol**, medida que es apoyada por otros países con fuerte presencia productora como China, India, miembros de la Unión Europea y Sudáfrica. El foro permitirá crear un mecanismo para estructurar el diálogo entre los grandes productores y consumidores de biocombustibles interesados en promover la creación de un mercado internacional para esos productos. De esta forma aumentará la eficacia de la producción, distribución y consumo de los mismos. El foro tendrá una duración de un año, en el que los promotores deberán realizar reuniones periódicas para dar continuidad al diálogo en temas que consideran prioritarios. Además, intercambiarán información sobre avances científicos y tecnológicos, y prepararán una conferencia internacional de biocombustibles, que esperan celebrar en Brasil en 2008.

De acuerdo con lo oficialmente declarado, EEUU y Brasil trabajarán en conjunto aplicando medidas en tres frentes:

- 1) Expansión de la producción y el consumo de bioetanol en los demás países de América Latina, principalmente en Centroamérica y el Caribe.
- 2) Compartir tecnología y ayuda financiera.
- 3) Creación de un mercado global para el bioetanol y otros biocombustibles, y fijación de estándares internacionales para el producto.

ETANOL EN ARGENTINA: PASADO, PRESENTE Y FUTURO.

Antecedentes.

Aunque actualmente no se utiliza en la Argentina el etanol anhidro como combustible, existió un proceso de desarrollo y uso, iniciado en 1922 y concluido aproximadamente en 1989. Sin embargo, las principales medidas oficiales para el fomento del uso del etanol carburante comienzan hacia 1979 con el programa Alconafta, que tenía por objeto promover la utilización del alcohol etílico anhidro como combustible.

A partir del 15 de marzo de 1981, Tucumán comienza el consumo masivo de alconafta común (una mezcla con 12% de alcohol etílico anhidro y el resto de nafta común), lo que da por resultado un combustible de 83 octanos capaz de reemplazar totalmente el consumo de nafta común.

En 1983, comienza a comercializarse la primera alconafta súper sin mayores problemas, y se incorporan al plan las provincias de Salta y Jujuy con lo que se dio por finalizada la primera etapa, cuyo objetivo era absorber los excedentes de alcohol de melaza, sin realizar ninguna extensión de los cultivos de la caña de azúcar.

Para 1985 se agregan Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero, quedando de esta forma toda la región del NOA integrada al consumo obligatorio de alconafta súper y común. El objetivo de esta segunda fase era aprovechar totalmente la capacidad de destilación, con posibilidad de dar otro uso a una parte de la exportación de azúcar, si los precios internacionales eran desfavorables. Además, se preveía la posibilidad de la molienda directa de caña de azúcar en el norte, para la obtención del alcohol destinado a la mezcla.

En el período 1985-1987 se integran al plan las provincias de las regiones Litoral y del NEA, quedando en total 12 provincias incorporadas. El objetivo de esta tercera etapa era aprovechar totalmente la capacidad de molienda, eliminando toda la exportación de azúcar o incorporando otras materias primas aptas para producir alcohol con aceptable relación energética. Se preveía la posibilidad de incrementar la capacidad de destilación y deshidratación. Para ese entonces, las doce provincias integradas al plan, consumían aproximadamente 250 millones de litros de alcohol etílico anhidro por año, y se estimaba que la industria y el cañaveral existentes poseían capacidad para producir 450 millones de litros de alcohol. Durante los años siguientes, las zafras no fueron buenas, no alcanzándose a cubrir el consumo necesario de alcohol. Por otra parte, el precio internacional del azúcar recuperó su rentabilidad, lo que, sumado a las presiones que ejercían las empresas petroleras sobre el Estado, hicieron que el plan alconafta fuera dejado de lado poco a poco, hasta desaparecer por completo.

Cabe resaltar que estaba prevista una cuarta etapa del plan (que nunca se llevó a cabo) en la que se estimaban necesarios 410 millones de litros por año de alcohol etílico anhidro. Para ello eran necesarias inversiones para posibilitar el aumento en la capacidad de molienda, destilación, deshidratación y producción de materia prima.

Marco legal vigente en el país.

Luego del mencionado programa, han sido varios los intentos para promover el uso de biocombustibles, biodiesel y etanol, pero la posibilidad de 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 Líquidos y Gaseosos (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. Tales iniciativas se fueron transformando en diversos proyectos de ley que partieron de miembros del Senado, teniendo el objetivo común de darles a los biocombustibles un tratamiento impositivo diferencial y lograr mantener el actual status que los exime del ITC.

Otra acción relacionada con la promoción de los biocombustibles ha sido el Programa Nacional de Biocombustibles, creado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (según Resolución N° 1156/2004), conteniendo los siguientes objetivos principales:

- Promover la elaboración y el uso sustentable de los biocombustibles como fuente de energía renovable y alternativa a los combustibles fósiles, enfatizando la utilización de biodiesel a partir de aceites vegetales y/o grasas animales, y del bioetanol a partir de la producción de maíz, sorgo, caña de azúcar, etc.
- Apoyar y asesorar a sectores rurales, en el desarrollo y puesta en marcha de plantas para la elaboración de biodiesel y bioetanol, como alternativa productiva para el desarrollo local y territorial.
- Colaborar y apoyar a Instituciones, Organizaciones, Entidades de bien público, etc., que se dediquen a la investigación y difusión de la elaboración y uso de biocombustibles.
- Promover las inversiones privadas y/o públicas para el desarrollo de los biocombustibles.

- Relevar el escenario Nacional y Mundial respecto a esta temática, con la finalidad de aunar criterios y esfuerzos para el logro eficiente de la elaboración y uso sustentable de los biocombustibles en Argentina, y su posible exportación frente a las nuevas disposiciones mundiales que obligan a su uso.

Sin embargo, la ausencia de un marco legal certero que estimule las inversiones en la producción de bioetanol y biodiesel, ha llevado a que se desarrolle muy poco. Hacia 2004, sólo había una empresa habilitada en el sector de combustibles alternativos (registros creados en la Secretaría de Energía de la Nación por la resolución 419/98). El resto de los proyectos no estaban registrados y muchos de ellos estaban en etapas experimentales.

El proyecto de Ley de Biocombustibles fue presentado en julio de 2004. Originalmente éste hablaba de un régimen de promoción para la producción de biocombustibles, que establecía pautas para incentivar la investigación y el desarrollo de ese tipo de carburantes y además, aseguraba una estabilidad fiscal durante 15 años y la calidad de contribuyentes liberados de IVA a los proyectos aprobados. Sin embargo éstas últimas condiciones fueron modificadas en las sucesivas revisiones que dieron tanto la Cámara de Senadores como de Diputados. La ley 26.093 fue finalmente promulgada el 12 de Mayo de 2006, y entre sus puntos fundamentales se pueden destacar:

- ✓ Establece la creación de una Autoridad de aplicación, cuyas funciones serán, entre otras, las de:
 - Promover la investigación, la producción sustentable y el uso de biocombustibles.
 - Establecer normas de calidad.
 - Establecer los criterios para la aprobación de los proyectos elegibles para los beneficios establecidos en la ley.
 - Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Congreso Nacional.
- ✓ Priorizará los proyectos en función de los siguientes criterios:
 - Promoción de la pequeña y mediana empresa.
 - Promoción de productores agropecuarios.
 - Promoción de economías regionales.
- ✓ A su vez la ley especifica que la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación promoverá cultivos destinados a la producción de biocombustibles para favorecer la diversificación productiva del sector agropecuario.
- ✓ Genera un régimen de promoción para la producción y uso sustentable de los biocombustibles por el término de 15 años.

- ✓ Establece que la nafta y el gasoil que se comercialicen dentro del Territorio Nacional, deberán ser mezclados por la destilería o refinería de petróleo, con un 5% como mínimo de bioetanol y de biodiesel respectivamente.
- ✓ Incentivos fiscales para el producto:
 - Exención Impuesto a los Combustibles Líquidos y Gaseosos.
 - Exención Tasa de Gasoil.
 - Exención Tasa Hídrica.
- ✓ Incentivos a la inversión:
 - Devolución anticipada del IVA
 - Exceptuado de Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta por 3 años.
 - Practicar la amortización acelerada de los bienes de uso para el cálculo del Impuesto a las Ganancias.
- ✓ Sujetos beneficiarios de la promoción: industrias radicadas en el país, con mayoría de capital social en poder del Estado Nacional, Provincial o Municipal, o de productores agropecuarios.

La ley quedó reglamentada el 13 de Febrero de 2007 por el Decreto 109. Dicho decreto reglamentario establece, entre otros aspectos, que la autoridad de aplicación será ejercida por la Secretaría de Energía del Ministerio de Planificación Federal, excepto en cuestiones de índole tributario o fiscal para los cuales cumplirá ese rol el Ministerio de Economía y Producción. Además aclara que las plantas que ya se encuentren en funcionamiento o en proceso de prueba a la fecha de aprobación del decreto deberán cumplir con lo establecido por la ley 26.093 en un plazo de 90 días (a partir de la publicación del decreto). Si bien el Decreto era necesario para reglamentar la ley, muchos sectores consideran que faltan perfeccionarse varios aspectos, como ser mayores condiciones de estabilidad fiscal para el desarrollo de las inversiones y disminuir la incertidumbre por el cálculo de rentabilidad oficial, lo cual le quita transparencia a las inversiones.

Estado actual de la producción Argentina.

El mercado de etanol como combustible en Argentina es actualmente marginal o directamente inexistente. El bioetanol actualmente producido en nuestro país se extrae a partir de la caña azucarera. Hasta Octubre de 2006 la tecnología utilizada se basaba en la obtención del etanol a partir de la melaza, un subproducto resultante de la elaboración de azúcar. Con este proceso se obtienen aproximadamente 110 Kg. de azúcar y 11 litros de etanol por tonelada de caña. Pero en Octubre del pasado año el Ingenio La Florida, ubicado en Tucumán, inauguró una planta que convierte el jugo de caña (materia prima directa para la producción de azúcar) directamente en etanol. De esta forma el etanol se convierte en el producto principal, sin haber producción de azúcar, logrando un rendimiento de 85 litros de etanol por tonelada de caña. La planta recientemente inaugurada tiene una capacidad de 350.000 litros diarios.

Durante la zafra de 2006, la producción total de los 23 ingenios azucareros argentinos fue de 2.312.421 toneladas de azúcar, provenientes de procesar 20.457.392 toneladas de caña. Tomando la estimación de un rendimiento promedio cercano a 11 litros de etanol por tonelada de caña procesada, la producción de etanol argentino fue de poco más de 225 millones de litros durante 2006.

Del total producido en Argentina, aproximadamente un 40% se exporta a Brasil, Chile, EEUU, Japón y Uruguay. El 60% restante se utiliza en la industria alimenticia y como materia prima en la industria química, por ejemplo para la fabricación de agroquímicos (más de 42 millones de litros al año sólo para este uso).

Ventajas de la Argentina para la producción de etanol carburante.

Argentina tiene los recursos necesarios como para alcanzar un rol protagónico en este nuevo mercado. Existe un enorme potencial para incrementar nuestra producción de caña de azúcar y cereales. Este año se espera una producción de maíz de alrededor de 22 millones de toneladas y una de sorgo que rondará los 3,5 millones, entre los dos granos forrajeros totalizarían unas 26 millones de toneladas.

Otro factor de importancia radica en la existencia de un desarrollado complejo de molienda seca de maíz en la Argentina. La molienda seca es la principal tecnología utilizada a nivel mundial para la obtención de etanol a partir de maíz (no comprende todo el proceso pero sí sus primeras etapas). Si bien el sector argentino procesa aproximadamente unas 600.000 tn/año de maíz, no ha desarrollado la producción de etanol. 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.

También haciendo referencia a la abundancia de feedstocks, podemos mencionar que nuestro país cuenta con disponibilidad de otras materias primas, como ser biomasa celulósica (en forma natural, es decir pasturas y bosques, y también en los residuos provenientes de la industria forestal y de los desechos domiciliarios), y además la continua extensión de la frontera agrícola podría abrir paso a la extensión de cultivos no tradicionales a partir de los cuales se puede obtener bioetanol (como el sorgo azucarero o la remolacha alcoholífera).

A nivel de la comercialización del producto, la cercanía con Brasil es una gran ventaja, porque le permitirá al etanol argentino acceder a fletes de exportación más baratos, dado que los buques tanques no tendrían que llegar exclusivamente hasta los puertos argentinos para buscar el combustible. Paralelamente esta cercanía obliga a competir con los costos de producción del etanol de caña de Brasil, uno de los más bajos del mundo. Por otra parte, EEUU aplica un impuesto de 54 centavos de dólar por galón + 2,5 % del valor al etanol importado desde Brasil, lo cual representa más del 30 % del precio FOB del producto. Si para construir el mercado global mencionado anteriormente el congreso de EEUU decide no renovar esta tasa en 2009, en Argentina se produciría un boom de exportación de etanol.

Finalmente, podemos citar el ya mencionado concepto del reemplazo del MTBE por el ETBE en el mercado de aditivos para naftas.

Perspectivas para el futuro cercano.

La Ley de Biocombustibles generará una demanda interna que estará asegurada por el corte obligatorio a partir de 2010. Cumplir con el “cupo” (volumen necesario para poder efectuar el corte del 5% con fósiles) establecido en la ley de biocombustibles para el año 2010, implicará:

- Una demanda interna de entre 210 y 235 MM de litros de etanol, estimación que surge de un consumo proyectado de naftas de entre 4.200 y 4700 MM de litros para el 2010, y del porcentaje de corte estipulado para dicho año (5%).
- Para ello se requerirá del 3% al 4% de la producción y de las hectáreas hoy dedicadas al maíz.
- Serán necesarios más de 100 MM U\$S de inversión en plantas de etanol, tomando como base de cálculo 3 o 4 plantas de 70.000.000 lt/año de producción (tamaño modelo para países de industria incipiente en base a maíz, permite cubrir el crecimiento de la demanda local durante 3 años sin realizar ampliaciones de capacidad), con una inversión media por planta de 30 MM U\$S.
- Una tasa de crecimiento del mercado de entre 3% y 5% anual.

Por otro lado, el creciente mercado internacional es un atractivo más que interesante para colocar la producción, en función de la evolución más probable de los precios internacionales del crudo y del etanol. Si bien la Ley especifica que aquellos proyectos que se orienten a la exportación no podrán gozar de algunos de los beneficios fiscales promovidos, los últimos estudios de factibilidad desarrollados por fuentes independientes muestran que aun así el negocio de la exportación es rentable.

Proyectos en curso.

El grupo que lidera el famoso empresario húngaro-americano Georges Soros, compró en junio de 2006 6 mil hectáreas de campo en Venado Tuerto, donde instalará una planta para producir etanol a partir del maíz en conjunto con la firma Adeco Agro. Planean invertir entre 250 y 300 millones de dólares para producir 200 mil toneladas del biocombustible al año -destinado a la exportación- y quedarse con los subproductos para la alimentación del ganado en tambos pertenecientes al grupo inversor. A su vez, estudian también la posibilidad de incorporar una unidad de producción de biogas a partir de los volúmenes de estiércol generados por las vacas lecheras. El Ingenio San Martín de Tabacal, ubicado en la provincia de Salta, ocupa el tercer lugar de importancia en Argentina y está ampliando su destilería de alcohol de caña de azúcar, la cual produce actualmente 20 millones de litros por año de etanol. Un programa similar contempla el Ingenio Providencia, de Tucumán, que planea llevar su producción a 70 millones de litros de alcohol carburante al año.

Otra provincia con gran potencial para producir etanol de caña es Misiones, que ya tiene una gran capacidad ociosa en el ingenio azucarero de San Javier. Allí hay instaladas maquinarias con la capacidad de producir un alcohol de mayor pureza que el que actualmente se está elaborando. Sin embargo esas instalaciones no fueron usadas nunca, a pesar de que hay una destilería preparada para sacar la producción. Pero, dada la importancia que tomará el cultivo, se espera que las inversiones que se produzcan en los próximos años (cuando la provincia tome pleno control de la producción cañera) permitan volcar estos equipos hacia la producción de etanol.

En Córdoba, el plan de inversión más ambicioso lo encabeza un grupo de productores asociados de Río Cuarto, que proyecta desembolsar 21 millones de dólares para construir una planta con capacidad de elaborar 50 millones de litros de etanol de maíz al año.

Sin embargo, es probable que el grueso del flujo de inversiones provenga del sector cerealero y petrolero. Las grandes cerealeras (Bunge, Dreyfus, Molinos, AGD, ADM, Cargill, Monsanto, Vicentín y Glencore) ya están planeando inversiones en el sector, junto con petroleras importantes como Repsol-YPF, Petrobras, Esso y Shell. También

existen otros casos de inversiones importantes como el de Mitsui Argentina SA, filial de una empresa japonesa que pretende instalar una planta de etanol a partir de maíz en Rosario; y el Grupo Noble que analiza inversiones tanto en bioetanol como en biodiesel. Los inversores concentran sus proyectos sobre el centro y sur de Santa Fe, norte de Buenos Aires y sudeste de Córdoba, zonas maiceras por excelencia.

Problemas potenciales para nuestro país.

Si bien el auge del bioetanol genera múltiples beneficios para las comunidades, también es la causa de una serie de inconvenientes debidos a una planificación incompleta de las políticas que rigen la industria en cuestión. Teniendo en cuenta el potencial de la Argentina para su inserción en el mercado de los biocarburantes, es fundamental una buena planificación que permita una participación segura y sustentable en el largo plazo, aprendiendo de las experiencias de otros países para evitar sus errores e imitar sus aciertos, siempre que sean aplicables a nuestro ámbito. Este es entonces el problema a solucionar: cómo lograr que la Argentina se suba al tren de los biocombustibles (en particular del bioetanol) de una forma sólida y rentable, pero evitando o minimizando los efectos colaterales negativos que podrían perjudicar a la población en el mediano y largo plazo.

Pero concretamente, ¿cuales podrían ser estos efectos? Para responder a esta pregunta es necesario un análisis minucioso, a efectuarse en forma detallada en el siguiente capítulo. No obstante, a priori se puede mencionar ciertas problemáticas que ya se están manifestando en otros países y que podrían extrapolarse al nuestro. En primer término, existen problemas concernientes a la dinámica de los mercados y de la tecnología utilizada: el uso casi exclusivo de tecnologías en base a maíz (como es el caso de la mayoría de los proyectos en estudio) produce fuertes incrementos de demanda que generan un encarecimiento de muchos alimentos básicos, como ya sucede en EEUU con la carne y la leche, y de otros alimentos no básicos como las gaseosas. Otro inconveniente de la mencionada tecnología es la falta de suficientes tierras como para poder sustituir un porcentaje importante de los combustibles fósiles, sumado a cuestiones ambientales como la extensión de monocultivos, deforestación, uso excesivo de los suelos, y el elevado nivel de contaminación que estas industrias generan. Este último es un tema particularmente importante en Argentina donde la legislación ambiental está retrasada respecto de otros países y/o no se aplica por falta de control. Finalmente, en los últimos tiempos las tecnologías empleadas han sido cuestionadas ya que bajo ciertas circunstancias puede llegar a consumir más energía (gas y electricidad) que la que pretenden sustituir. Este punto, junto con el concepto de emisiones reducidas de carbono, constituye un tema que debe ser aclarado en vistas de dar transparencia al concepto de “combustible ecológico” del bioetanol.

La lista continúa y los problemas potenciales son diversos, pero se analizarán con mayor profundidad en los párrafos siguientes, donde se busca priorizar y luego atacar estos problemas proponiendo soluciones diferentes, para obtener como resultado una serie de medidas tendientes a mitigar y/o prevenir los mencionados efectos.

CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LOS POTENCIALES EFECTOS NEGATIVOS DE LA INDUSTRIAL DEL BIOETANOL CARBURANTE EN ARGENTINA

BIOETANOL: SOLUCIÓN VIABLE PERO NO MILAGROSA.

En la actualidad, la industria del bioetanol carburante podría considerarse como una “industria infante”, no sólo a nivel local sino a nivel mundial. Si bien sus números y su desarrollo tecnológico impresionan, aún así se considera que está muy lejos respecto del potencial que podría alcanzar una vez que el negocio llegue su punto más alto en la curva de maduración global (podría sustituir hasta un 20% del consumo mundial de naftas, mucho más del 4% de hoy día). Esta es una afirmación en la cual coinciden todos los analistas, tanto los optimistas como los pesimistas. Pero a medida que la industria pase de su fase de despegue a una de veloz crecimiento, irá interactuando cada vez más con otros sectores de importante desarrollo económico como son la agricultura y la energía. Y es precisamente aquí donde las opiniones empiezan a divergir, ya que muchos analistas sostienen que las políticas que gobiernan estos sectores no están del todo equipadas para contener en forma positiva la expansión de los biocombustibles, y en nuestro caso particular del bioetanol.

Algunas de estas inquietudes, como la puja con los alimentos por el uso del suelo, no son del todo ilógicas. Por el contrario, pueden surgir naturalmente incluso en la mente de quienes no conocen demasiado sobre mercados. Simplemente hace falta detenerse en ciertos hechos sobre la producción de bioetanol y su interacción con los usos de la tierra y la energía, para que las dudas surjan:

- ✓ Aproximadamente la tercera parte del etanol carburante se obtiene por fermentación de cereales, principalmente maíz y trigo, que simultáneamente son los granos más utilizados por la industria alimenticia en el mundo.
- ✓ El etanol, al igual que el biodiesel, representa un nuevo factor de requerimiento para las tierras cultivables, actualmente en un estado crítico de demanda por su carencia a nivel mundial lo cual ha llevado a problemas ambientales como la deforestación, degradación de los suelos, conflictos sociales, etc.

Paralelamente, aquellas zonas del planeta con mayor demanda de biocombustibles son las que poseen los mayores costos y la menor capacidad de producción, lo cual obliga a trasladar los complejos productivos hacia regiones menos desarrolladas. En dichas zonas, si bien los costos son menores, también se dan otras circunstancias como la existencia de leyes ambientales y laborales menos exigentes, y el acceso limitado a la tecnología de precisión. Esta coyuntura, originada en el natural funcionamiento del

mercado global de inversiones, genera otras inquietudes que no son tan obvias como lo era la anterior cuestión sobre el uso de la tierra. Las mismas pueden abarcar aspectos muy diversos, todos ellos con alto impacto en la calidad de vida de la población, como ser:

- Cuestionamientos ecológicos: el uso de etanol puede reducir las emisiones de gases de efectos invernadero, pero esto depende de como sean las características de su ciclo productivo. Además, es fuente de otras emisiones tanto líquidas como gaseosas altamente peligrosas.
- Polémica respecto de su eficiencia energética: los detractores de la industria puntualizan que no siempre permite ahorrar más energía de la que consume.
- Potencial de sustitución de los combustibles fósiles: ¿es verdaderamente razonable destinar elevados recursos, tanto públicos como privados, en una industria cuyo potencial de sustitución a largo plazo es limitado?
- Cuestiones sociales: ¿constituyen una fuente efectiva de generación de empleos y desarrollo rural, como se sostiene? ¿O por el contrario llevan al encarecimiento de los alimentos, trabajos de explotación y distribución no equitativa de ingresos?
- Aspectos legales: la promoción de inversiones en países subdesarrollados se basa en un marco legal que no siempre otorga la seguridad jurídica necesaria para que la inversión se desarrolle con la velocidad que el mercado (y el planeta, si vemos al negocio como una solución ambiental) requieren.
- Barreras al comercio internacional: otro factor que frena el desarrollo de la industria en los países pobres, limitando su potencial como exportadores de bioetanol.

Finalmente, existen otras cuestiones aún más desconocidas por el público en general, la mayoría de ellas de carácter netamente técnico o comercial como ser:

- Dificultades técnicas para el transporte del etanol, que elevan sus costos de distribución.
- Sensibilidad de los motores ordinarios y otras piezas mecánicas a los alcoholes de elevada pureza.
- Poco interés por el desarrollo de vehículos flex (capaces de funcionar tanto con nafta, etanol al 100% o mezclas) por parte de la industria automotriz Argentina.
- Dificultad en el acceso a financiación adecuada para este tipo de proyectos.

Si bien estas últimas condiciones no impactan directamente en la calidad de vida de las personas, podrían hacerlo indirectamente al frenar el desarrollo de la industria, llevando al mínimo (o retrasando en el tiempo) sus efectos beneficios sobre la comunidad. Y este riesgo es aún mayor cuando tenemos en cuenta que depende del accionar de jugadores de alto peso como las compañías automotrices, petroleras y comercializadoras de cereales.

La lista podría continuarse con muchos otros ítems para el estudio, sin embargo a priori estos se destacan como aquellos con mayor urgencia para ser tratados, principalmente porque sus consecuencias ya están siendo observadas en varios puntos del globo. Además, no se debe olvidar que como en todos los sistemas complejos, los elementos no se manifiestan individualmente sino que lo hacen interactuando entre si directa e indirectamente. Y los problemas que se han mencionado no son la excepción: muchos de los elementos bajo análisis tienen su causa raíz en la globalización de los mercados, el comercio internacional, el impacto de la industria sobre la atmósfera en su conjunto, etc.; es decir se trata de efectos que se manifiestan globalmente, por más que tengan su origen en la suma de las contribuciones individuales que cada país hace sobre el total. Y esto se traduce en la existencia de innumerables sinergias entre los efectos antes mencionados. Pero a su vez, el impacto que estos efectos globales tienen en cada país (en sus exportaciones, su nivel de empleos, la distribución de sus ingresos, su medio ambiente) posee connotaciones propias, influidas no sólo por el comportamiento de dichos efectos globales sino por como se diseña o “arma” la estructura productiva en cada región en particular. En conclusión: no alcanza solamente con definir las repercusiones negativas o positivas que el desarrollo de la industria del bioetanol tiene sobre la vida de las personas, sino también de determinar la probabilidad de que esas repercusiones lleguen a la población Argentina, y con que nivel de impacto.

Es imposible lograr que todos los efectos derivados de la industria del bioetanol sean positivos, pero ante la existencia innegable de su elevado potencial de influencia sobre la vida de las personas, sin dudas vale la pena la búsqueda de un esquema de desarrollo que maximice los beneficios y minimice las pérdidas para los seres humanos relacionados con esta actividad industrial.

FOOD VS FUEL: ¿SEGURIDAD ENERGÉTICA O SEGURIDAD ALIMENTARIA?

El debate por los posibles usos de la tierra no es nuevo ni tampoco atañe exclusivamente a las industrias de los biocombustibles y de los alimentos, sino que ha existido durante décadas y va más allá del moderno concepto de “*food vs fuel*”. Es un problema altamente complejo, el cual surge de la competencia por parte de varias actividades humanas por un recurso que es escaso y, aunque renovable, altamente degradable por la actividad humana y la naturaleza misma. Sin embargo, el mismo ha cobrado relevancia en los últimos tiempos ya que se ha generado una demanda adicional por tierras cultivables, pero para producir cultivos que no están destinados a la alimentación humana sino a ser feedstocks para la industria del etanol. Esto, según muchos pensadores, no hace otra cosa que encarecer el mercado mundial de alimentos. Más aún, el conflicto se vuelve más polémico si se tiene en cuenta que dicho encarecimiento de los alimentos no se debe solamente a una mayor demanda por el factor productivo (o sea, la tierra) sino fundamentalmente a una mayor demanda por los productos de esas tierras, productos que originalmente eran destinados mayoritariamente a la alimentación (o sea, los granos) y que ahora están siendo derivados a usos energéticos. Por lo tanto, esta sección se centrará en el estudio del impacto que el mercado mundial -y el futuro mercado Argentino- del etanol carburante tendrá sobre el mercado mundial de alimentos, y como podría dicho efecto recaer sobre Argentina.

Fundamentos básicos del problema: caracterizando al etanol como industria consumidora de granos.

Como se mencionó en la etapa introductoria, aproximadamente el 95% del etanol carburante proviene de procesos de fermentación biológica. Estos procesos consisten en la fermentación de los azúcares contenidos en las materias primas (sacarosa) para la obtención del alcohol. Dichos azúcares pueden hallarse directamente en los feedstocks empleados (caña de azúcar, melaza, remolacha azucarera) o ser generados por medio de un proceso de hidrólisis a partir de almidones (caso de los cereales) o de la celulosa (caso de materiales celulósicos). La primera situación, en la cual el etanol es obtenido directamente de azúcares, es la responsable de más del 60% de la producción mundial; mientras que la obtención a partir de cereales (principalmente maíz y trigo) tiene a su cuenta un 30% de la producción global aproximadamente. En el caso de los materiales celulósicos, no existe aún producción a escala industrial (aunque sí a niveles experimentales), y no se espera que la misma se vuelva industrialmente viable hasta dentro de 10 años. Cabe aclarar que si bien ciertos feedstocks como la caña de azúcar no tienen un impacto directo sobre el mercado de alimentos, si lo hacen en forma indirecta ya que demandan tierras cultivables que podrían en muchos casos ser utilizados para producir alimentos.

Varios estudios han demostrado que el precio del maíz en los mercados cercanos a las plantas de etanol aumenta entre 2 y 3.15 dólares por tonelada (0.05 y 0.08 dólares por bushel), y que el efecto sobre la demanda total de maíz en el país que genera la producción de etanol ayuda a sostener el precio del maíz a nivel internacional. Sin embargo, la dinámica con que interaccionan la demanda/producción de etanol con la demanda de sus correspondientes materias primas es altamente compleja. Esta afirmación se sustenta en dos hechos: en primer lugar muchos de los feedstocks (sobre todo los granos) son commodities, lo cual significa que su mercado es naturalmente global y por lo tanto su precio está dado por la oferta y demanda a nivel mundial, dado lo globalizado del mercado de commodities hoy en día. A su vez también se debe tener en cuenta que el juego natural de la oferta y la demanda se ve en muchos casos distorsionado por políticas de Estado como ser subsidios a la producción (en los países con tendencia importadora) o retenciones a las exportaciones (en los países netamente exportadores). Pero en segundo lugar tenemos otro fenómeno importante a tener en cuenta: la demanda de feedstocks para etanol (tanto cereales como azúcar y otros productos agrícolas) es abastecida en la gran mayoría de los casos localmente, es decir por cultivos energéticos producidos en la región donde se aloja la planta. Esto se debe a que es mucho más barato y eficiente transportar el producto terminado que las materias primas (no se entrará en detalle acerca del porqué de esta afirmación, ya que es un hecho ampliamente aceptado por los analistas de mercado y corroborado por la misma realidad). Por lo tanto, a priori es posible observar que la demanda de biomasa para producir etanol en los países subdesarrollados genera un doble impacto sobre los mercados: en primer lugar un aumento de la demanda interna en forma directa, y en segundo lugar un aumento indirecto de la demanda global -y por consiguiente de los precios internacionales- producto del incremento en la demanda interna; comportamiento que a su vez se ve distorsionado por los esquemas de subsidios y retenciones.

Cuantificando el problema: demanda potencial de feedstocks para etanol.

Para poder determinar el nivel de influencia que la industria del bioetanol Argentino tendrá sobre los mercados de productos agrícolas, como primera medida hay que dimensionar el volumen estimado de producción que dicha industria alcanzará en los próximos años, y compararlo con los valores equivalentes de la industria a nivel global. Esto nos dará una primera idea acerca de la posible influencia del mercado argentino como agravante del problema existente a nivel mundial.

De acuerdo a las condiciones climáticas y agro-económicas actualmente imperantes en el país, es de esperar que la producción local de bioetanol carburante sea abastecida principalmente por dos materias primas: maíz y caña de azúcar. Existen a priori otras

alternativas como el trigo y el sorgo, sin embargo los estudios de factibilidad disponibles hasta el momento no tratan dicha posibilidad como factible, al menos en el corto plazo. En el mediano plazo, es posible que surjan otras opciones tecnológica y económicamente viables, como el sorgo dulce y el etanol de celulosa; estas posibilidades se analizarán en el capítulo siguiente. Como es de suponerse, la producción nacional estará formada por la demanda interna de bioetanol generada por el corte obligatorio del 5% impuesto por la ley 26.093, más lo que se destine el mercado mundial, o sea las exportaciones. El primer término de la suma es fácil de obtener, ya que como se mencionó al principio surge de aplicar el porcentaje obligatorio de corte al total del consumo de naftas proyectado para los años a analizar. Cabe aclarar que la legislación actual le impide a las empresas distribuidoras de combustibles adquirir el etanol de productores que no sean industrias locales, por lo cual no se analizará la posibilidad de importar etanol para consumo local.

Estimando la producción para consumo local.

Tal como se analizara en la Introducción, el consumo de naftas proyectado para el año 2010 oscilará entre 4.200 y 4.700 millones de litros (Secretaría de Energía y fuentes no oficiales –Tecpetrol-), lo cual equivale a una demanda interna obligatoria de etanol carburante de entre 210 y 235 millones de litros. Según estimaciones de la Secretaría de Energía, dicha demanda continuará creciendo aunque a una velocidad cada vez menor, hasta estabilizarse en torno a los 5.700 millones de litros de nafta en el año 2020. Por ende, un comportamiento similar tendrá la demanda interna de etanol en dicho período, a pesar de que el porcentaje de corte previsto podría incrementarse a lo largo del tiempo, siguiendo la tendencia internacional de los países avanzados. Esto último es lo que reflejan las estimaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, sin embargo dicha evolución del porcentaje de corte aún no está contemplada en la legislación actual, razón por la cual se efectuaron los cálculos tanto con los valores estimados como con los legalmente obligatorios hasta el momento:

AÑO	Media Naftas (miles de MM lt.)	% Corte (Est. SAGPyA)	% Corte (Min. por Ley)	Etanol MM lt. (Est. SAGPyA)	Etanol MM lt. (Min. por Ley)
2010	4.400	5,00%	5,00%	220	220
2011	4.660	5,75%	5,00%	268	233
2012	4.890	5,75%	5,00%	281	244
2013	5.100	5,75%	5,00%	293	255
2014	5.280	5,75%	5,00%	304	264
2015	5.430	8,00%	5,00%	434	271
2016	5.560	8,00%	5,00%	445	278
2017	5.650	8,00%	5,00%	452	282
2018	5.710	8,00%	5,00%	457	285
2019	5.720	8,00%	5,00%	458	286
2020	5.720	8,00%	5,00%	458	286

Tabla 2.1

La línea divisoria es un indicador para estimar la diferencia entre el corto y mediano/largo plazo. Proyección del consumo medio de naftas en base a datos de Secretaría de Energía.

Estimando la producción destinada a la exportación.

El inconveniente aquí es que los estudios de factibilidad que existen actualmente no muestran una consistencia respecto de las posibles exportaciones de la Argentina. Existen estimaciones altamente optimistas para la industria del etanol a partir de maíz, como las del Plan Etanol de la asociación MAIZAR, según el cual Argentina podría exportar hasta 4.000 millones de litros al año una vez que la industria se encuentre plenamente desarrollada. Sin embargo, a pesar del rol preponderante que dicha asociación tiene en el fomento de la producción de etanol a partir de maíz, este número parece un tanto elevado para el corto y aún para el mediano plazo. La razón principal para esta afirmación es la proximidad con Brasil, el principal exportador a nivel mundial y uno de los más eficientes en términos de costos y productividad, situación que colocaría a Argentina en una posición desfavorable a la hora de ganar mercados de exportación. Esto se debe a que su vecino utiliza la caña de azúcar como feedstock principal con un alto rendimiento tanto en TN/ha como en lts/TN. Para tener una idea de dicha diferencia de costos, se observa a continuación una tabla comparativa que muestra los costos promedio del litro de etanol, según el país de origen y la materia prima utilizada.

Costos de producción de etanol, por feedstock y por región.

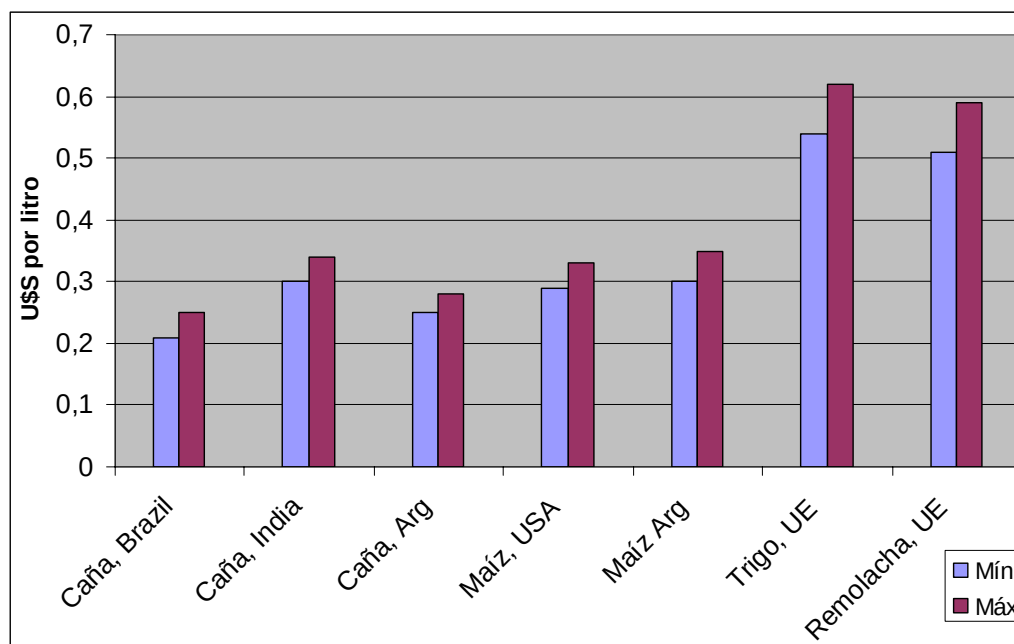


Figura 2.1

Fuente: Agencia Internacional de Energía y datos de elaboración propia.

Estos números fundamentan la afirmación efectuada al inicio del párrafo anterior: los 4.000 millones de litros al año de volumen exportable para el corto y mediano plazo

simplemente no suenan razonables ante la competencia de Brasil. De hecho, cerca de 3000 millones de litros por año es lo que está exportando en la actualidad nuestro poderoso vecino. Por otro lado, la opción de exportar a los EEUU también se vuelve poco viable ante este escenario de costos, más aún si se agregan a los mismos los fletes y aranceles a la importación (componentes fundamentales de los precios en el comercio internacional del etanol). Tal vez por esto sea que otras fuentes, no tan optimistas, manejan un volumen de producción total de unos 2000 millones de litros al año. Esta cifra es un tanto más razonable, después de todo la diferencia de costos con Brasil no implica una total ausencia del potencial exportador de nuestro país. De hecho, muchos de los proyectos en estudio y recientemente iniciados, centrados en la producción de etanol a partir de maíz, apuntan a colocar sus productos en el mercado internacional, sobre todo en Europa y Japón donde los costos les son favorables. Confían en que el potencial de Brasil no será suficiente para abastecer la fuerte demanda de Europa y el sur de Asia, regiones donde la industria del etanol se encuentra muy desarrollada pero no lo suficiente como para compensar el fuerte crecimiento del parque automotor (caso de China e India) y las exigentes metas ambientales y de seguridad energética propuestas (caso de la Unión Europea). Una versión aún más conservadora, proveniente de la Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno, maneja datos para futuras exportaciones que oscilan entre 800 y 1000 millones de litros al año, volumen que sería generado exclusivamente a partir de los excedentes exportables de materias primas agrícolas. Al momento de la elaboración del presente trabajo, los datos de proyectos que se encuentran actualmente en estudio, con destino a la exportación, totalizan alrededor de 650 millones de litros destinados al mercado exportador. Sin embargo la realidad es que muchos de estos proyectos, tanto para etanol de maíz como de caña, aún se encuentran en su fase de análisis, mientras que los valores que manejan los organismos que se dedican al estudio del sector no son consistentes entre sí. Por otra parte, la determinación de cual será exactamente el porcentaje de participación de cada material en la incipiente industria argentina del etanol es una tarea muy compleja.

Construcción de escenarios para el corto y mediano plazo.

En consecuencia, una respuesta lógica ante tanta incertidumbre es la construcción de distintos escenarios que reflejen los casos extremos de mercado, dimensionado tanto la industria local (tomando datos de los cálculos ya efectuados) como la de exportación, en base a maíz y a caña de azúcar por separado.

Para poder cuantificar dichas situaciones extremas, se tuvieron en cuenta los siguientes hechos:

Potencial del maíz:

- No posee limitaciones para abastecer el 100% de la producción en cuanto a disponibilidad de feedstock se refiere, aún si se utilizaran sólo los excedentes exportables.
- Los costos de producción son relativamente altos (30 a 35 centavos de dólar por litro en Argentina, según estudios disponibles y estimaciones propias).
- El proceso productivo es flexible: permitiría utilizar otros feedstocks alternativos (como el trigo) con relativamente pocos cambios e inversiones adicionales.
- Los productores del feedstock se encuentran muy atomizados, pero concentrados en regiones geográficas cercanas a las refinerías de combustibles y puertos de exportación.
- Posee una menor exposición a cambios bruscos en los precios por problemas climáticos o de mercado que el azúcar (menor riesgo de desabastecimiento y alza repentina de precios).

Potencial de la caña azucarera:

- Limitaciones al potencial de abastecimiento: la producción cañera se ha incrementado 75% en los últimos 15 años, pero merced a mejoras tecnológicas del agro. No ha habido un incremento sustancial del área sembrada, y se estima que la misma se encuentra en un 80% respecto del máximo cultivable. El rendimiento por hectárea aun podría incrementarse, pero no mas allá de un 3% anual.
- Ventajas en costos: es relativa y depende de la tecnología empleada. Con la tecnología actual, el etanol es un subproducto de la elaboración del azúcar, obteniéndose 11 lt por tonelada. Para obtener costos cercanos a los de Brasil (25 a 28 centavos de dólar) habría que cambiar a una tecnología que obtiene 85 lts de etanol por tonelada de caña, pero sin producir azúcar. Esto generaría un desbalance en el mercado interno del azúcar, con la consiguiente alza de precios. Por otro lado, no todos los ingenios cuentan con la capacidad financiera para afrontar las inversiones necesarias; además de que el azúcar representa un mercado mucho más estable y seguro para los pequeños productores que el mercado del etanol.
- El proceso productivo es menos flexible, ya que sólo puede utilizar caña de azúcar o melazas (aunque existe la posibilidad de emplear otros cultivos similares como el sorgo azucarero).
- Las fuentes de abastecimiento, por ser limitadas y concentradas en una región relativamente pequeña, están muy expuestas a cambios climáticos que hagan fluctuar los precios de la caña y correr riesgo de desabastecimiento. Por otro lado, la distancia a los centros de distribución de combustible y puertos de exportación es mayor.

- Requiere mantener importantes stocks de etanol para abastecer la demanda a lo largo de todo el año, pues la época de zafra de la caña se produce solo durante unos pocos meses.
- La cercanía con Brasil lo transforma en un potencial aliado para intercambios tecnológicos y acuerdos de comercio.

Escenarios para producción en base a maíz:

Escenario base en el corto plazo (2010).

Este escenario se construyó como la suma de la demanda local, más el total de los proyectos en estudio dirigidos al mercado exportador. A este último término se lo afectará por un coeficiente que refleja la probabilidad de no ejecución de algunos de estos proyectos (0,7). Para la demanda interna se tomará el mínimo valor estimado, de 210 MM de litros.

Producción total 2010, escenario de mínima = $210 + (650 \times 0,7) = 665$ MM lts.

Escenario más probable para el corto plazo.

Similar al anterior pero con una estimación del valor exportable de 800 MM de litros al año (AABH), y un valor para la demanda interna que surge de promediar el mínimo y el máximo pronosticados:

Producción total 2010, escenario más probable = $(210 + 230)/2 + 800 = 1.022$ MM lt

Escenario desfavorable para el mediano y largo plazo.

El posible auge de la producción de biocombustibles (incluido el etanol) está condicionado al cumplimiento del marco legal a partir del año 2010, y a las políticas de promoción e incentivos que se efectúen a partir de ese momento. Este escenario en particular, supone un contexto desfavorable para la producción de etanol de cereales en Argentina. Dicho contexto desfavorable se sustenta en los siguientes supuestos:

- ✓ Fuerte control estatal sobre los precios del etanol para exportación (retenciones elevadas).
- ✓ A partir de 2010, se obliga a los grandes emprendimientos a destinar un porcentaje fijo de su producción al mercado interno. Esto frena la inversión en grandes plantas destinadas a exportación.
- ✓ Tasa de corte de las naftas constante durante todo el período de análisis (5%).
- ✓ Debido a las políticas de barrera impuestas para el etanol importado por los EEUU y la UE, se producirá la fuga de importantes volúmenes de maíz y trigo hacia dichas naciones, buscando alimentar sus propias plantas de producción de etanol. Esto dispara el precio interno del maíz, seguido luego por el trigo.

- ✓ El precio interno de los combustibles fósiles se mantiene alejado del precio internacional, razón por la cual el precio local del etanol no será demasiado alto, ya que por cuestiones políticas se buscará evitar el encarecimiento de las naftas al cortarlas con dicho biocombustible.
- ✓ Las tasas obligatorias de corte en la UE y Japón se mantienen constantes a partir de 2015. Por otro lado, EEUU consolida su tan anhelado autoabastecimiento de etanol. Estas circunstancias frenan el crecimiento de la demanda internacional.
- ✓ Fuerte desarrollo de la industria del etanol de azúcar en Brasil y el sudeste asiático, el cual incrementa gradualmente su participación en el mercado internacional.
- ✓ Brasil continúa liderando el mercado internacional, dada su fortaleza en cuanto a costos y eficiencia, y a una desaceleración de las importaciones en EEUU y la UE.
- ✓ Argentina no participa en programas de intercambio tecnológico con las naciones líderes en el mercado, ni muestra interés por entablar alianzas comerciales con los principales importadores.

Bajo estos supuestos de contexto desfavorable, indudablemente la producción de etanol Argentino será muy baja. La misma estará formada por un volumen destinado a satisfacer la demanda obligatoria mínima (por ley), más un volumen para exportación. Para determinar este último término de la suma, se supuso que bajo las condiciones desfavorables imperantes, nuestro país no destinará más del 10% del saldo exportable de maíz, dado que el fuerte control sobre las exportaciones y la desigual competencia con Brasil desalentarán las inversiones en plantas para exportar etanol desde Argentina.

Para efectuar el cálculo de dichas exportaciones, se tomaron como base proyecciones de volumen exportable de maíz para Argentina, hasta el año 2017, elaboradas por el FAPRI (*Food and Agriculture Policy Research Institute*).

Exportaciones argentinas de maíz (miles de Tn métricas)

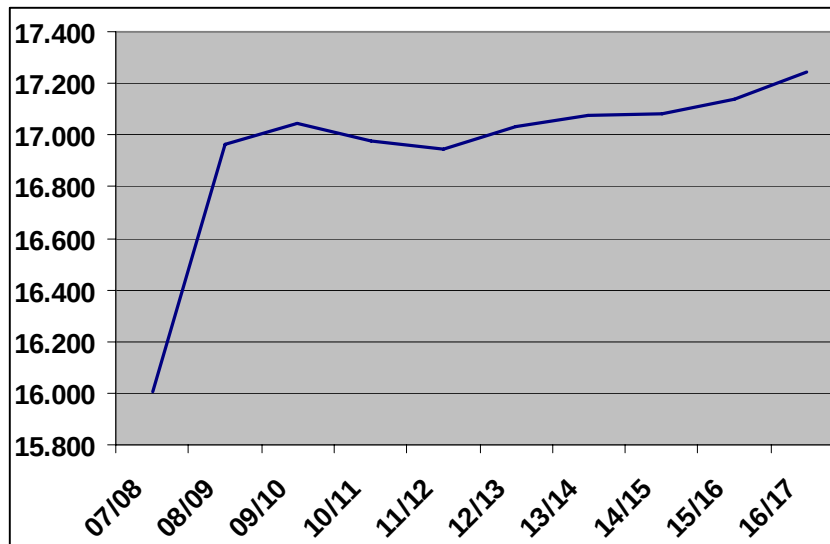


Figura 2.2

Volumen exportable de etanol de maíz a LP, escenario pesimista (MM de litros)

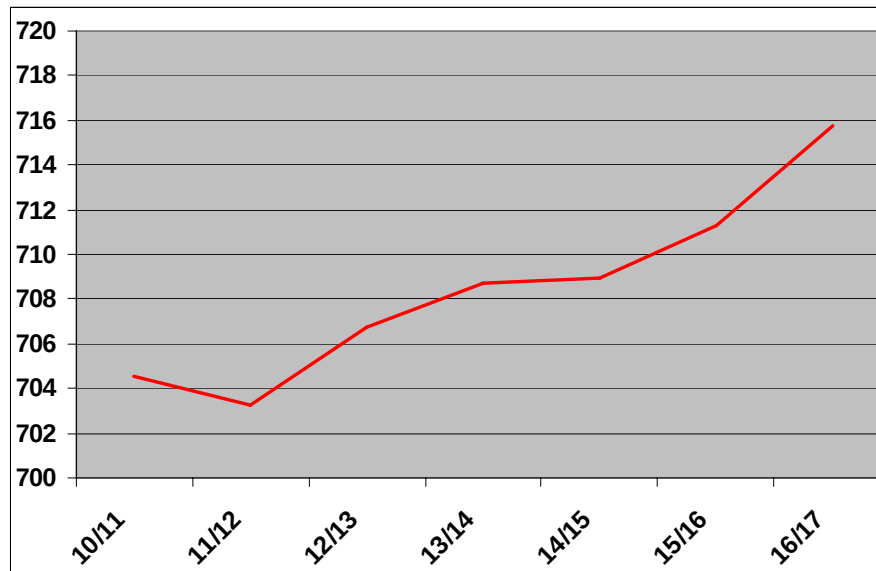


Figura 2.3

Resultados finales escenario pesimista LP (consumo local y exportación, MM de litros).

Año	Exportación	Interno	TOTAL
2011-2012	703	233	936
2012-2013	707	244	951
2013-2014	709	255	964
2014-2015	709	264	973
2015-2016	711	271	982
2016-2017	716	278	994

Tabla 2.2

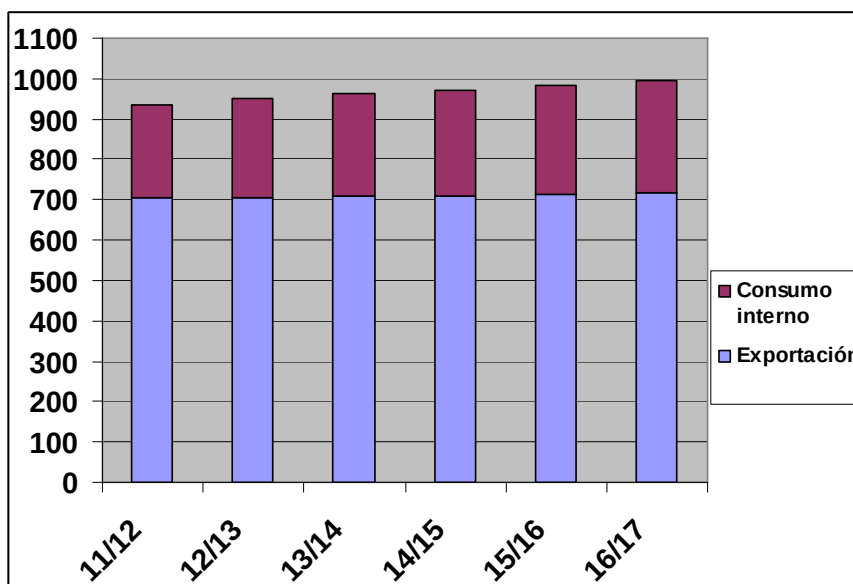


Figura 2.4

Escenario favorable para el mediano y largo plazo.

Este escenario supone un contexto óptimo para la producción de etanol de maíz en Argentina. Dicho contexto desfavorable se sustenta en los siguientes supuestos:

- ✓ Liberalización del mercado interno del bioetanol: la Autoridad de Aplicación se limita a controlar calidades, procesos y efluentes, pero no se efectúa un control riguroso de los precios que tienda a la baja. A fin de incentivar la producción, el criterio de fijación de precios que asegura una TIR del 15% (extraoficial) se mantiene.
- ✓ Tasa de corte de las naftas creciente con el tiempo, de acuerdo a las estimaciones de SAGPyA.
- ✓ Tasas de corte creciente en la UE, Japón, China e India. EEUU no logra consolidar su autoabastecimiento.
- ✓ La explosión de la demanda en dichos centros de consumo, junto con el encarecimiento de sus materias primas, los obliga a flexibilizar sus barreras al etanol importado.
- ✓ Gradual pero sostenido ajuste de los precios internos de las naftas, buscando equiparar el valor internacional. Esto incrementa el precio local del bioetanol, permitiendo un techo más alto.
- ✓ Las mejoras tecnológicas y el avance en la curva de aprendizaje reducen la brecha de costos entre el etanol de maíz y el de caña de azúcar. Brasil no alcanza a satisfacer la fuerte demanda internacional y tiene problemas para abastecer su propio consumo, dada la estacionalidad del cultivo de caña.
- ✓ Argentina mantiene y consolida su posición como jugador principal en el mercado internacional del maíz, gozando de importantes excedentes

exportables. Sin embargo, se aplica fuertes retenciones al cereal de modo de fomentar su industrialización localmente.

Bajo este escenario de borde óptimo, la producción de etanol Argentino crecerá rápidamente, alimentada por los elevados volúmenes de maíz producidos. La misma estará formada por un volumen destinado a satisfacer la demanda obligatoria por ley (en este caso se utilizó la estimación de corte creciente de SAGPyA); más el volumen destinado a la exportación. Para determinar este último término de la suma, se supuso un porcentaje de aprovechamiento de los excedentes exportables creciente en el tiempo, que parte de un 10% en 2011 y se incrementa 2 puntos por año. Nuevamente partiendo de las proyecciones de volumen de maíz exportable del FAPRI, se llegó al siguiente estimado para las exportaciones futuras de etanol:

Exportaciones de etanol hasta 2017, escenario optimista (en MM de litros).

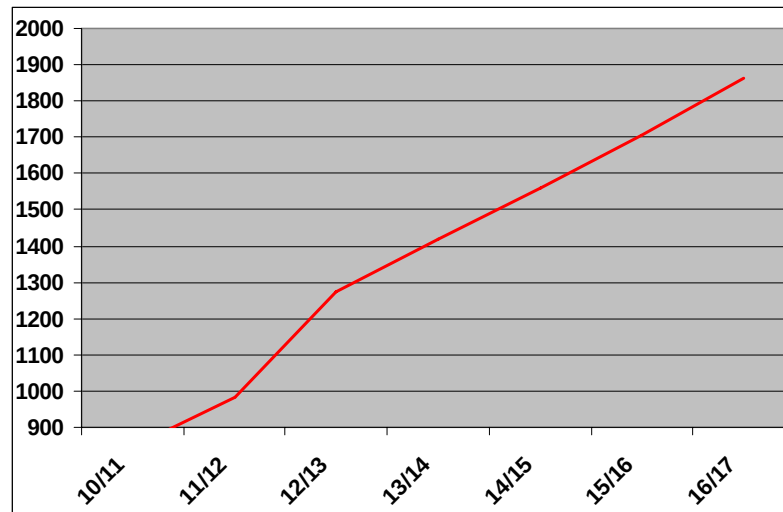


Figura 2.5

Resultados finales escenario optimista (consumo local y exportación, MM de litros).

Año	Exportación	Interno	TOTAL
2011-2012	985	268	1253
2012-2013	1272	281	1553
2013-2014	1417	293	1710
2014-2015	1560	304	1864
2015-2016	1707	434	2141
2016-2017	1861	445	2306

Tabla 2.3

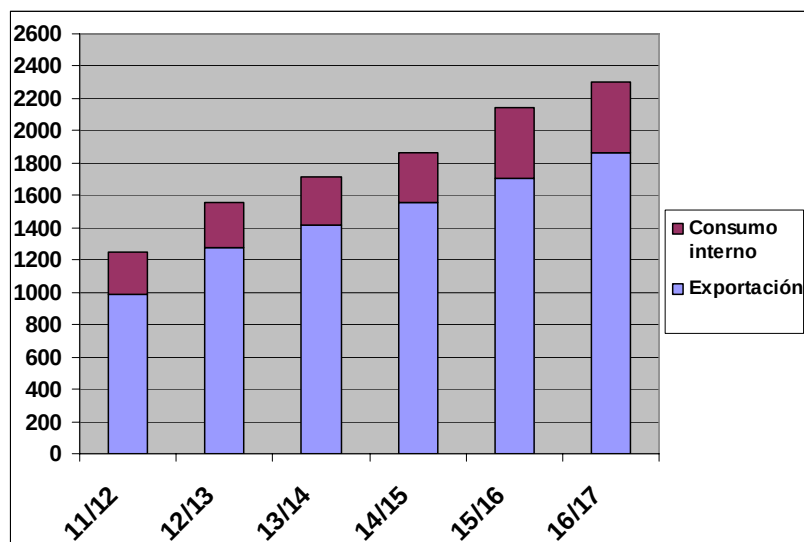


Figura 2.6

Escenarios para la producción en base a caña de azúcar.

Efectuando un análisis similar al anterior pero para el sector azucarero argentino, es posible la construcción de escenarios que identifiquen los casos límites de participación de la caña de azúcar como materia prima para abastecer la industria del etanol carburante. Para la construcción se tuvieron en cuenta los siguientes datos:

- Producción actual y proyectada de azúcar en la Argentina.
- Porcentaje destinado al consumo interno y porcentaje destinado a la exportación.
- Ranking de las principales empresas e ingenios productores, y su participación sobre la demanda interna y externa.
- Fortaleza financiera y potencial de inversión de las principales firmas del sector.
- Proyectos actualmente en estudio que buscan redireccionar la producción de caña hacia la obtención de etanol.
- Comparación Argentina-Brasil respecto de: precios de la caña, precios del azúcar, precios del etanol, rendimientos.
- Comparación de rendimientos entre las dos tecnologías más utilizadas para producir etanol de caña en el mundo: como subproducto del azúcar (a partir de melazas), y como producto principal.
- Variables que limitan el potencial de producción de caña en Argentina.

Los datos fueron obtenidos del Centro Azucarero Argentino, del INDEC, y de estudios efectuados por especialistas del Instituto de Planeamiento Estratégico y del Instituto Argentino de la Energía Gral. Mosconi (ver Anexo I).

Los resultados obtenidos para los escenarios en base a azúcar fueron los siguientes:

Escenario de máxima producción en base a caña de azúcar:

Es aquel en el cual todos los ingenios con la suficiente capacidad de financiamiento como para invertir en nuevas destilerías de etanol (es decir, los más grandes) se vuelcan a la producción de biocombustibles a través de las nuevas tecnologías que maximizan la producción de alcohol, sin obtención de azúcar. El criterio utilizado consistió en seleccionar aquellos ingenios con capacidad de molienda superior al millón de toneladas de caña. El resto de los ingenios continúa con la vieja tecnología destinada a maximizar la obtención de azúcar, que da 11 litros de etanol por tonelada de caña.

Se supuso que la conversión a la nueva tecnología se hará gradualmente, de acuerdo a la evolución del mercado. De esta forma, las empresas que efectúen las modificaciones a sus líneas de producción, no destinaría más del 30% de su capacidad de molienda a esta nueva tecnología antes de 2010. Más adelante, y teniendo en cuenta una evolución favorable del mercado de etanol de caña, irán sumando cada vez más capacidad a sus nuevas líneas, hasta haber derivado el 100% de su capacidad de molienda a la nueva tecnología.

Paralelamente, se supuso que el cañaveral existente se incrementa en un 25% a LP, debido a la fuerte demanda para etanol, y los rendimientos en campo en un 3% anual. Argentina deja de exportar azúcar, y aproximadamente un 20% de su demanda interna debe ser abastecida por importaciones desde Brasil hacia 2010, pudiendo elevarse dicho porcentaje al 35% en el largo plazo.

Efectuando los cálculos correspondientes, los resultados bajo este escenario son (en millones de litros de etanol de caña):

Corto plazo-2010: 359 MM (nueva tech) + 201 MM (tech tradicional) = 560

Largo Plazo-2017: 1.829 MM (nueva tech) + 141 MM (tech tradicional) = 1.970

Escenario de mínima para la producción de etanol en base a caña de azúcar:

Tal como se ha anunciado hasta el momento, sólo el ingenio La Florida modifica su tecnología para producir 85 lts de etanol por tonelada de caña. El resto de los ingenios mantiene su tecnología direccionada principalmente a la obtención de azúcar, con una producción de 11 lts de etanol por tonelada de caña.

Paralelamente, se supuso un incremento del cañaveral del 10% para el LP, y un incremento en los rendimientos del cultivo del 2% anual hasta 2015, donde el crecimiento se estanca. El consumo local de azúcar no se ve afectado.

Corto plazo-2010: 108 MM (nueva tech) + 211 MM (tech tradicional) = 319

Largo Plazo-2017: 138 MM (nueva tech) + 272 MM (tech tradicional) = 410

Resumen de escenarios y conclusión sobre el impacto de Argentina
en el mercado mundial.

	Mínimo 2010	Más Probable 2010	Máximo 2010	Mínimo 2017	Máximo 2017
MM lt. etanol de caña	319	N/A	560	410	1.970
MM TN de caña* y % s/ total	1,38 (6%)	N/A	5,25 (19%)	1,61 (6%)	21,44 (63%)
Miles de Has de caña* y % s/ total	14,4 (5%)	N/A	55 (18%)	15,3 (4%)	178 (50%)
MM lt. etanol de maíz	665	1022	N/A	994	2.306
MM TN de maíz y % sobre total	1,60 (7%)	2,46 (11%)	N/A	2,21 (8%)	5,12 (19%)
Miles de Has. de maíz y % s/ el total	240 (7,9%)	368 (12,3%)	N/A	288 (5,8%)	667 (13,3%)

Tabla 2.4

(*) Caña destinada sólo para alcohol (nueva tecnología de 85 lts. por Ha).

Antes de transformar estos escenarios productivos en su demanda equivalente por feedstocks alimenticios, existe una primera conclusión a la es posible arribar sin necesidad de realizar más cálculos. Según datos de la Agencia Internacional de Energía, la demanda mundial de etanol carburante prevista para el año 2010, sólo para EEUU y la UE rondará los 50.000 millones de litros (35.000 millones y 15.000 millones aproximadamente). A estos valores debemos agregar el consumo de los nuevos gigantes asiáticos: sólo la India necesitará unos 15.000 millones (Armaco Consultant), China cerca de 6.000 millones (estimación ONU) y Japón más de 4.000 millones (F. O. Lights). Ya llevamos contabilizados más de 70.000 millones de litros y nos queda por agregar el consumo de Korea, Brasil y muchas otras naciones. Si tomamos un valor mínimo de 80.000 millones para el año 2010, y lo comparamos con los 1.600 millones que provendrán de la producción nacional (escenario de máxima para el 2010, maíz + azúcar), tenemos un nivel estimado de participación del 2% del etanol argentino en el mercado global.

Ahora bien, de los 80.000 millones que demandará el mundo, aproximadamente una tercera parte provendrá del maíz (suponiendo que la configuración de la matriz global de obtención del etanol se mantendrá en los próximos 3 años). Eso reduce nuestro total de análisis a unos 27.000 millones de litros. Si comparamos el valor más probable pronosticado para el etanol de maíz en Argentina contra dicho valor mundial, tenemos un porcentaje de participación cercano al 4%, el cual se reduce a un 2,5% para el escenario de mínima producción. La conclusión previa a la que se puede arribar observando estos valores es que la industria nacional no ejercerá, a menos en el corto plazo, una influencia importante sobre la demanda mundial de granos para la producción de bioetanol carburante.

Distinta podría ser la situación en el mediano y largo plazo. Si bien el sector cañero en la Argentina se encuentra próximo a alcanzar su máxima extensión en cuanto a superficie cultivable, hay que tener en cuenta que Argentina es el segundo exportador mundial de maíz, y el sexto en niveles de producción. Pero sería sumamente difícil e impreciso estimar cual será el consumo mundial de bioetanol a mediano/largo plazo (post 2015), y muchos menos cual será la participación de la Argentina ya que existe una gran incertidumbre en torno a si desarrollará o no todo su potencial. Suponiendo que el mercado internacional del etanol de maíz se estancara en 35.000 millones de litros anuales hacia 2017 (número conservador) y a pesar de ello Argentina llegara a los 2.300 millones correspondientes al escenario optimista en base maíz, aún así la participación del etanol argentino en el mundo no superaría el 7 % antes del 2017.

De acuerdo con la información analizada hasta el momento, la conclusión a la que se puede arribar es la siguiente: teniendo en cuenta los cálculos efectuados, es evidente que para tener una idea del papel que juegan las industrias del etanol en la demanda de maíz no alcanza con analizar la participación individual de un determinado país o región, sino que es preciso mirar la industria globalmente. Esto se debe a que si bien los volúmenes de grano utilizados para elaborar biocombustibles se consumen localmente (en el mismo lugar donde se produce el grano se instala la planta), dicha demanda impacta sobre un mercado que a su vez también es abastecido (y demandado) por muchos otros países que no siempre son productores de biocombustibles.

Cuantificando el impacto sobre los precios de commodities alimenticios a nivel global.

Muchos centros de investigación a lo largo del globo han elaborado estudios que buscan cuantificar y predecir el impacto del consumo de etanol sobre la demanda y precio de los granos. Como se pone de manifiesto en el caso anterior, la mayoría de ellos sólo enfoca su análisis hacia los mercados locales de países como EEUU o grandes bloques como la UE, sin tener en cuenta una perspectiva global y limitándose a un único valor predictivo (pronósticos poco flexibles sin análisis de sensibilidad). Sin embargo, en los últimos meses se han desarrollado algunos modelos que tienen en cuenta varios escenarios y con un alcance en sus hipótesis que permite llegar a resultados de nivel global. Se explicarán a continuación dos de ellos para tener dos visiones independientes sobre el impacto cuantitativo del etanol en el precio del maíz y otros feedstocks. El primer modelo (*IMPACT*) tiene un carácter netamente predictorio, mientras que el segundo (*CARD*) tiene por finalidad entender el efecto que una industria puede ejercer sobre otras industrias relacionadas (en este caso, combustibles sobre alimentos).

Modelo del Internacional Food Policy Research Institute (modelo IMPACT).

El modelo en cuestión se denomina *Model for Policy Analysis of Agricultural Commodities and Trade (IMPACT)*, y fue utilizado para proyectar la oferta y demanda mundial de alimentos hasta el año 2020. Los commodities que se analizan son maíz, caña de azúcar, remolacha azucarera, trigo y mandioca. Los supuestos en los que se basa el modelo se encuentran detallados en el Anexo II. El modelo contempla 3 posibles escenarios:

- 1) **Escenario de crecimiento agresivo del bioetanol, sin cambios significativos en la productividad agropecuaria:** supone un crecimiento muy rápido de la demanda de bioetanol carburante en todo el mundo, junto con un aumento continuo del precio del crudo; también supone un rápido desarrollo de las tecnologías de producción para que la oferta pueda abastecer la demanda, pero manteniendo los incrementos en las tasas de productividad agrícola alrededor de los valores proyectados en el año base del análisis (1997). Este escenario reemplaza el 10% de la nafta hacia 2010, 15% hacia 2015 y 20% en 2020 en la mayoría de los países, excepto en Brasil, la UE y los EEUU para los cuales se emplean porcentajes diferentes dados por las metas fijadas en cada región en particular.
- 2) **Escenario del etanol celulósico:** durante este escenario, las tecnologías para producir etanol de segunda generación son desarrolladas a gran escala hacia 2015. En este caso, el volumen de feedstocks provenientes del agro se mantiene constante a partir de 2015 debido a la introducción de los materiales celulósicos (residuos de cultivos no alimenticios, pasturas y productos forestales). Los cambios en la productividad agropecuaria aún se mantienen al nivel de las proyecciones hechas en el año base.
- 3) **Escenario de crecimiento agresivo de los biocombustibles con cambios en la productividad agropecuaria y conversión celulósica:** además de las tecnologías de etanol de segunda generación, considera el efecto de la inversión en tecnología agropecuaria que lleve a un incremento de los rendimientos a través del tiempo, en orden de buscar una mejor expansión de la oferta a la hora de satisfacer la demanda.

*Valores obtenidos como salida del modelo, indicando el incremento porcentual
del precio en comparación con el año base de análisis.*

Feedstock	Escenario I		Escenario II	Escenario III
	2010	2020	2020	2020
Maíz	20	41	29	23
Caña de azúcar	26	66	49	43
Remolacha	7	25	14	10
Trigo	11	30	21	16
Mandioca	33	135	89	54

Tabla 2.5

Como se puede apreciar, el primer escenario muestra aumentos considerables para cultivos como la mandioca, la caña de azúcar y el maíz. Particularmente, si se utilizara mandioca como feedstock principal para elaborar etanol los precios de la misma se dispararían tremendamente, produciendo considerables pérdidas a los mayores consumidores de dicho alimento, ubicados principalmente en el centro y sur de África. Algo similar sucederá en países con fuerte consumo de maíz dentro de su dieta diaria (como México), aunque con un efecto no tan grave en el largo plazo como en el caso de la mandioca. Estos incrementos de precios también traerían problemas económicos, pues tornarían a la industria poco atractiva en el largo plazo, lo cual se traducirá en un enorme gasto de los Gobiernos a través de subsidios a los productores de etanol, como sucede hoy en la UE (para de esta forma mantener una oferta suficiente como para alcanzar las metas propuestas).

En contraste, el segundo escenario incluye el impacto del etanol de segunda generación y muestra una considerable atenuación de estos efectos. Esto pone de manifiesto la importancia de la innovación en estas nuevas tecnologías y su incorporación a gran escala dentro de la industria.

Por último, el tercer escenario ilustra la relevancia que tienen las mejoras tecnológicas en la producción agrícola, las cuales combinadas con la introducción del etanol de celulosa generan una atenuación aún mayor del efecto. Es un ejemplo de cómo la investigación en nuevas tecnologías de producción de biocombustibles se debe sinergizar con la investigación en la producción de materias primas para dicha industria, minimizando así el impacto sobre los consumidores finales tanto de etanol como de alimentos.

La conclusión del modelo es que existe un evidente *trade off* entre los alimentos y los biocombustibles, el cual se pone de manifiesto en su máxima expresión al momento en que fallan las políticas de incentivos económicos, fiscales y de fomento del comercio. Pero por otra parte, muestra que si bien los impactos de dicho *trade off* no pueden ser evitados, si pueden ser minimizados con una fuerte innovación tecnológica orientada a mejorar las eficiencias en todos los niveles de la cadena productiva.

Modelo del Center for Agricultural and Rural Development (CARD).

Realizado por investigadores del Centro para la Agricultura y el Desarrollo Rural de la Universidad de Iowa, este trabajo no representa un modelo predictivo en si mismo, sino una investigación que busca determinar los valores a los que llegarían las variables de mercado (precio y demanda tanto del etanol como del maíz) una vez que la industria se encuentre desarrollada y se alcance el equilibrio de mercado.

Supuesto teórico básico:

Mientras la industria del etanol permita obtener ganancias positivas, la inversión en plantas de producción continuará creciendo; hasta que eventualmente las ganancias caigan a cero ya sea porque el precio del etanol caerá o porque el precio del feedstock aumentará demasiado. Si se lograran modelar las variables que determinan los ingresos en una planta de etanol, es posible estimar la curva de demanda de etanol a L.P. Los supuestos adicionales se encuentran detallados en el Anexo II.

Mecanismo:

Para cualquier nivel del precio del crudo, se determina el valor esperado de mercado de las naftas sin plomo (principal sustituto del etanol). Luego se calcula el precio de mercado para el cual le es indiferente a un usuario de vehículos cargar naftas comunes sin plomo o mezclas de nafta-etanol. Este precio de indiferencia del etanol a largo plazo permite calcular el máximo precio de maíz que las plantas están dispuestas a pagar, sin dejar de obtener ganancias. Finalmente, una vez que se conoce este precio del maíz en el largo plazo (precio crítico), es posible determinar que volumen de etanol de maíz se debe producir para llegar a esta situación de corte. Para poner a funcionar el modelo, primero se incrementa la demanda de etanol en forma exógena, lo cual induce un incremento en la demanda de maíz. Este incremento es introducido entonces en un modelo que representa el mercado agrícola de los EEUU y del mundo en su conjunto, hasta obtener el “precio crítico” del maíz que permitirá alcanzar el equilibrio de mercado. Por ser un sistema multi-commodity y multi-país, permite simular interacciones comerciales entre un amplio rango de países y commodities, lo cual refleja el efecto de autoajuste del mercado a cambios externos de alcance global (por ej. ante una suba de precios del maíz, los productores Argentinos ajustan produciendo un mayor volumen mientras que los consumidores en China ajustan comprando menos maíz). El modelo en cuestión es una versión modificada de otro modelo similar desarrollado por analistas del *Food and Agricultural Policy Research Institute* (FAPRI), de la Universidad de Iowa.

Resultados.

La salida del modelo se muestra a continuación. Puede observarse cuales serán los precios de equilibrio en el largo plazo, según distintos niveles de precios del crudo, con y sin el impuesto VEETC.

Con VEETC

Precio del crudo (USD/barril)	Precio de la nafta (USD/lit)	Precio del etanol (USD/lit)	Precio del maíz (USD/TN)
40	0,3646	0,3778	105
50	0,4571	0,4388	132
60	0,5469	0,4993	159
70	0,6394	0,5601	187
80	0,7292	0,6209	214

Tabla 2.7

Sin VEETC

Precio del crudo (USD/barril)	Precio de la nafta (USD/lt)	Precio del etanol (USD/lt)	Precio del maíz (USD/TN)
40	0,3646	0,2431	45
50	0,4571	0,3038	72
60	0,5469	0,3646	99
70	0,6394	0,4254	126
80	0,7292	0,4861	153

Tabla 2.8

Para tener una idea del efecto en el cambio de precios respecto a una situación sin etanol, se muestra el siguiente cuadro que refleja las diferencias de precios hacia el año 2015, con y sin demanda creciente de etanol:

Concepto	Pronósticos CARD 2015	Salida del modelo (crudo a 60 USD/barril)	Porcentaje de cambio
Precio Maíz (USD/TN)	101	159	58%
Área sembrada EEUU (millones de ha.)	196	236	21%
Producción Maíz EEUU (millones de TN)	513.386	616.378	20%
Consumo Maíz EEUU (millones de TN)	127.992	437.126	242%
Consumo etanol EEUU (millones de litros)	35.819	119.148	232%

Tabla 2.9

Si bien la salida del modelo no hace referencia a ningún año en particular, se utilizó el año 2015 como referencia para comparar pues el volumen de consumo de etanol que arroja el modelo es equivalente al 20% de las necesidades domésticas de combustible para transporte proyectadas para los EEUU hacia dicho año. Este valor excede ampliamente la capacidad futura de producción que se obtendría utilizando como única fuente de proyección las plantas actualmente en construcción. Sin embargo, es comparable con valores obtenidos en estudios realizados por el investigador William Tierney en el año 2006, quien utiliza para sus proyecciones tanto las plantas actualmente en construcción como los proyectos en estudio. El modelo sugiere también que una vez que el mercado norteamericano alcance un volumen aproximado de 22.000 millones de litros, EEUU dejará de contar con excedentes de maíz para exportar. Esto significa una gran oportunidad para otros países productores, sobre todo para Argentina que cuenta con una importante capacidad de excedentes exportables, incluso para escenarios de fuerte producción mundial de etanol como el que prevé el modelo.

Como dato adicional, el estudio analiza también el impacto en el mercado del trigo de los EEUU, debido a una reducción del área sembrada en pos de una mayor área de

cultivo de maíz. Es llamativo el incremento en la demanda del trigo como alimento para el ganado. Este incremento ocurre a pesar de un alza en el precio, debido a una menor disponibilidad de maíz en el mercado de los forrajes y a un incremento en el precio de este último, siendo dicha suba mayor en términos relativos a la suba en el precio del

Concepto	Pronósticos CARD 2015	Salida del modelo (crudo a 60 USD/barril)	Porcentaje de cambio
Precio del Trigo EEUU (USD/TN)	150	181	20%
Área sembrada EEUU (millones de ha.)	118	114	-3%
Producción Trigo EEUU (millones de TN)	83.465	80.787	-3%
Consumo Alimentario EEUU (millones de TN)	36.811	36.299	-1%
Consumo como Forraje EEUU (millones de litros)	5.906	11.141	88%
Exportaciones EEUU	41.063	34.449	-16%

trigo.

Tabla 2.10

Alcance del modelo:

Como se mencionó anteriormente, este modelo no tiene carácter predictivo, fundamentalmente por dos razones: la primera de ellas es que asume que la industria seguirá creciendo hasta que los beneficios sean cero, lo cual es poco realista pues en la práctica la inversión se detendrá antes de que eso ocurra; y en segundo lugar se puede ver que el análisis no sigue ninguna línea temporal establecida, ya que si bien el mecanismo con el que funciona está formado por una serie de eventos de mercado concatenados y coherentes, no se le atribuye a ninguno de ellos una fecha temporal precisa.

Análisis de sensibilidad.

Como corolario, se adjunta un análisis de sensibilidad que muestra como se modifican las salidas del modelo al modificarse algunos de los supuestos, como el precio inicial del crudo o el precio inicial del maíz.

			Cambio respecto solución de 60 USD/barril	
Escenario	Etanol (MM lts)	Maíz p/ forraje (MM TN)	Etanol	Maíz p/ forraje
Crudo a 70 USD/barril; Maíz a 187 USD/TN	165.325	118.189	40%	-26%
Crudo a 50 USD/barril; Maíz a 132USD/TN	72.259	197.205	-39%	24%
Sin Impuesto; Maíz a 99 USD/TN	27.055	241.220	-77%	52%
Sin Impuesto	115.844	159.331	-2%	0%
Área sembrada adicional de 8 millones de has.	118.168	162.638	0%	2%
DDGS aumenta 10 USD; Maíz a 163 USD/TN	123.054	153.780	4%	-3%
DDGS bajan 10 USD; Maíz a 153 USD/TN	112.834	163.386	-4%	3%
Sin importaciones de maíz.	116.949	147.992	-1%	-7%
20% aumento del GN; Maíz a 153 USD/TN	112.831	163.465	-4%	3%
20% de baja en el GN; Maíz a 165 USD/TN	124.693	152.559	6%	-4%

Tabla 2.11

Conclusiones.

El análisis adjunto muestra que los principales ganadores serán los terratenientes y agricultores, que se beneficiarán de los incrementos en el precio de los granos (maíz y trigo) y de la suba en el valor y renta de las tierras asociadas a la producción de dichos feedstocks. Los principales perdedores serán los productores especializados en aves y cerdos, pues sus costos de forraje aumentarán notablemente, generando una caída en la competitividad del sector a nivel global y un eventual desabastecimiento por reducción en los niveles de oferta. En cuanto a los productores de carne vacuna, si bien en parte se beneficiarán por una mayor disponibilidad de DDGS en el mercado de los forrajes, esto no alcanzará a compensar en forma total el efecto de suba en el precio del maíz. Es por ello que en lugares de fuerte demanda de maíz como EEUU deberán recurrir al trigo como opción alternativa, tal como se mencionó. Como consecuencia de esto, habrá una reducción en los stocks de animales en pie y por lo tanto de la oferta de carne vacuna. Dicha reducción no se origina exclusivamente en la menor rentabilidad del sector (producto del alza en los costos por la suba del maíz), sino también en el efecto de sustitución de tierras de pastoreo por tierras de cultivo. Finalmente, el análisis de sensibilidad muestra como en países con alta producción y consumo de maíz (como EEUU y Argentina), todos los efectos mencionados están fuertemente condicionados por políticas externas al mercado de granos, como ser: impuestos al etanol e incremento

en los precios del gas; así como también por cambios en otros mercados relacionados como el del crudo o el de los DDGS.

Repercusiones en Argentina: porqué debemos preocuparnos.

El uso del maíz como fuente de proteína alimenticia es variado según la región del planeta que se desee estudiar. A continuación se hará una reseña de los principales usos de este cereal dentro de la industria Argentina, y en particular de su industria alimenticia, con el objeto de tener una idea del efecto que podría tener un aumento generalizado en el precio del maíz sobre la generación de proteína en Argentina.

Hasta hace pocos años, nuestro país exportaba más de un 70% del maíz producido en forma de grano y sólo se transformaba internamente entre un 20% y un 30%. Sin embargo, en los últimos años la cadena del maíz argentino ha experimentado un violento proceso de cambio: el consumo interno ha crecido en forma muy acelerada, especialmente por parte de las industrias que lo utilizan como materia prima para la transformación de proteína (avicultura, ganadería, lechería y cerdos). Se muestra a continuación un esquema con los principales usos del maíz en Argentina, detallándose luego la influencia precisa que tiene este cereal en cada una de las industrias mencionadas.

Consumo Interno de Maíz en 2005 (MM de TN)	
Avicultura	2.8
Lechería	2.7
Ganadería	3.6
Porcinos	0.8
Molienda Húmeda	1.1
Molienda Seca	0.6
Total General	11.6

Tabla 2.12

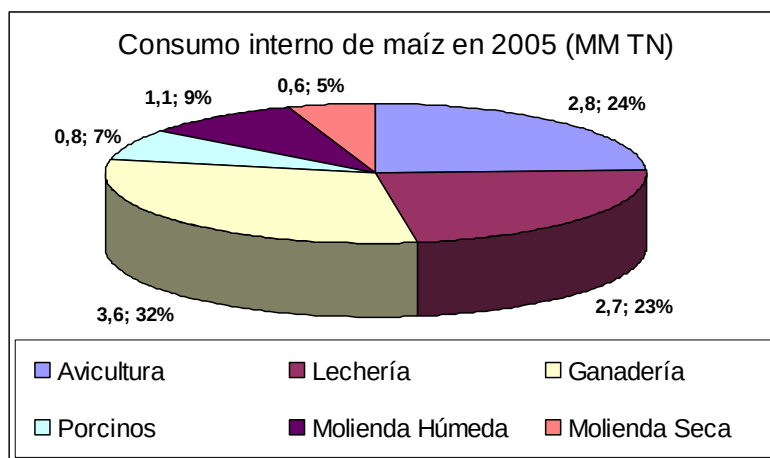


Figura 2.8

Molienda Húmeda y Molienda Seca.

Estas dos industrias totalizaban 1.7 millones de toneladas anuales de consumo de maíz en 2005. La molienda húmeda es el principal demandante, compuesta por 6 plantas que operan durante los 365 días del año, dato que revela que su consumo de maíz es estable en el tiempo. Los contratos se establecen muchas veces con un precio a futuro, con lo cual el productor que entregó el maíz en abril, lo factura 3 o 4 meses después porque decide fijar el precio, por ejemplo, en octubre. Por esta razón, la entrega física y el cierre económico de la venta muchas veces no son simultáneos, y tampoco coinciden con el momento de la cosecha.

Avicultura.

Los datos indican que el sector avícola, sólo entre la producción de pollos y huevos, demandó durante 2005 unas 2.8 millones de toneladas. Ya hace algunos años que muestran un crecimiento sostenido, y las proyecciones indican que para el 2010 el sector demandará alrededor de 4.300.000 toneladas. Hay que tener en cuenta además que el mes de mayor demanda de maíz por parte de la avicultura coincide con el mes de mayores requerimientos de pollos, que es el mes de Diciembre. Enero, por el contrario es el mes del año de menor consumo tanto de carne aviar, como de maíz.

En general, en la mayoría de los mercados existe competencia por la compra del maíz entre el sector avícola y la exportación u otros consumidores. Entonces, el sector avícola intenta que sea la menor cantidad de maíz la que sale de su zona de influencia, para evitar tener que traerlo desde otra zona con un costo de flete mayor. Con este fin, el sector corrientemente paga o hace acuerdos ventajosos para ambas partes, tales como compartir el transporte, disminuir alguna comisión o algún otro costo, y de esa manera dar una pequeña ventaja para retener los maíces de su zona de influencia y evitar que emigren.

Lechería

La lechería consumió casi 3.5 millones de toneladas en 2005. La crisis que siguió a la salida de la convertibilidad provocó una fuerte concentración de empresas, tambos y vacas, quedando sólo los más fuertes. Esta situación fue provocada por el aumento de los precios de los cereales, a partir de la devaluación del peso, que no fue acompañado ni por el precio de la leche ni de la carne. Actualmente, con las retenciones del 15% que el gobierno aplicó al sector, se trabaja con márgenes bastante acotados, por lo que los tambos deben ser muy eficientes en la alimentación, principal costo de esta actividad.

Debido a que los tamberos tienen una tarea mucho más laboriosa y exigente en cuanto a densidad de capital que la agricultura, esta actividad perdió superficie a causa de la difusión del cultivo de soja y de la agricultura en general. La pérdida de superficie de estos nuevos tambos, los llevó a un sistema en el cual la base forrajera es el maíz. Este cereal, entre lo usado como silo y como grano, abarca un 60% del suplemento (35% silo y 25% grano), el resto es afrechillo de trigo (25%), heno (5%) y otros. El consumo se acrecienta desde Marzo hasta Agosto, disminuyendo mucho hacia fin de año.

Ganadería.

Abarca tres fases: invernada, cría, y engorde a corral (Feedlot). A pesar de que la explotación ganadera cuenta con unas 9 millones de hectáreas menos que en los años 90' y que las superficies de las mejores tierras que pasaron a uso exclusivamente agrícola, el stock siguió creciendo. El crecimiento de stock en una menor superficie ganadera, se dio de la mano de un gran aumento en el consumo de maíz, y se puede afirmar, que la participación del maíz en la actividad será cada vez mayor. Si hoy la ganadería no dispusiera de maíz, se vería en la obligación de liquidar muchas cabezas que solo a pasto no podrían mantenerse.

Mucho se ha escrito sobre la relación precio de maíz/precio de la carne, sin embargo en la actualidad se observa que en sistemas de producción organizados y eficientes, el maíz se utiliza incluso con una relación de precios de 5 a 1, respecto del novillo. Por lo tanto, con un precio de maíz equivalente al 20% del precio del novillo, aún se prefiere utilizar maíz antes que venderlo. Hoy, planteos de invernada de alta productividad y alta eficiencia en el uso del pasto, pueden sobrellevar un maíz de más de \$400 por tonelada, porque su utilización en ciertas épocas del año permite un mejor aprovechamiento de la explosión de pasto que hay en primavera/verano.

Lo cierto es que en la actualidad, si al uso de grano seco agregamos el grano húmedo, el gluten feed, los alimentos balanceados, el pastoreo diferido de maíz en planta, el pastoreo en verde y el silo de maíz cortado y picado, estamos en condiciones de estimar que la ganadería de carne está usando casi 4.5 millones de toneladas de maíz. Y a esto hay que agregar la cría de porcinos, con un consumo estimado en 800.000 toneladas para el año 2005.

Bajo información presentada queda a la vista el rol preponderante del maíz en los mercados locales, sobre todo como forraje para la generación de proteínas en diversas industrias alimenticias. Pero para tener una idea concreta del impacto que la demanda mundial de maíz para etanol tendrá sobre los precios internos, es necesario conocer la composición (y potencial variación) de las curvas de oferta y demanda del maíz en el mercado nacional. Se presenta a continuación un análisis elaborado por el autor con el

fin de dar una explicación cualitativa simple pero concreta acerca de porque un país como Argentina se beneficiará de producir etanol a partir de maíz, a pesar del rol preponderante de dicho cereal como alimento animal.

Sabemos que la demanda de maíz argentino está compuesta en un 60% por exportación y un 40% para la industria local (valores aproximados). Del volumen exportable, aproximadamente un 50% se destina a alimentación de ganado (feed), un 40% a alimentación humana (food) y el resto a otros usos (fuente: FAO, ONU). En cuanto al consumo interno, y como se detalló anteriormente, más del 85% se destina a forraje, y el resto a la alimentación humana y otros usos (MAIZAR).

Teniendo en cuenta todas estas actividades industriales, tanto locales como del extranjero, se puede construir la curva de demanda agregada del maíz producido en Argentina. La misma se muestra a continuación, junto con la curva de oferta, la cual se construye por el agregado de la producción que vuelcan al mercado todos los productores locales.

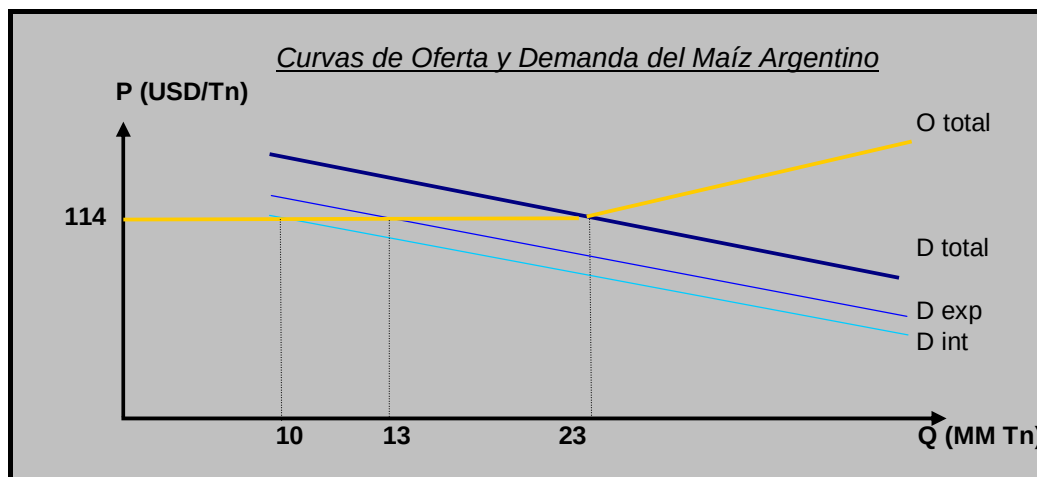


Figura 2.9

Se analizan a continuación dos escenarios extremos que sirven como casos límites para ilustrar la influencia del etanol carburante sobre el mercado local de maíz.

Caso 1: Supongamos que el mercado del etanol en base a maíz se desarrolla masivamente a nivel mundial, pero con escasa o nula participación de Argentina en la producción de etanol. Esto generará una demanda adicional para el maíz argentino, que se sumará a la demanda para exportación ya existente, incrementando la demanda total. En el corto plazo, y hasta que la oferta no sufra un incremento del mismo tenor, este efecto se traducirá en una suba de precios del cereal en cuestión.

Se ilustra a continuación el movimiento de la demanda bajo este escenario, en el corto plazo.

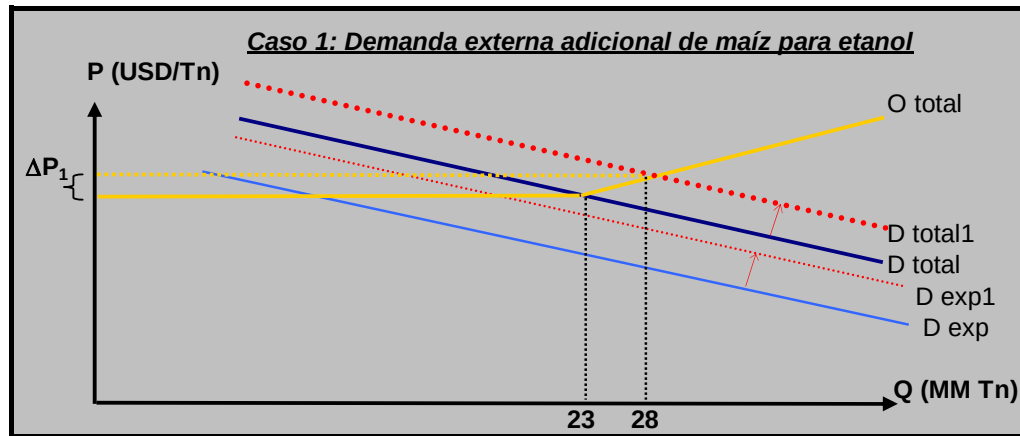


Figura 2.10

(Se omitió graficar la demanda interna para no agregar complejidad al esquema)

Es probable que en el mediano o largo plazo dicha alza en el valor del cereal genere una mayor oferta (más productores se vuelcan al maíz), lo cual compensará parcialmente la suba. Dicho efecto se producirá en forma natural y una vez que el mercado madure en largo plazo, sin embargo el mismo no fue ilustrado ya que no se considera un factor de diferenciación importante entre los dos escenarios que se pretenden analizar.

El volumen en que se incrementa la demanda (5 MM Tn de maíz por año) es congruente con el escenario de máxima dimensionado en páginas anteriores, para el corto plazo y en Argentina.

Caso 2: Supongamos ahora que el mercado del etanol en base a maíz se desarrolla a nivel mundial, pero siendo Argentina uno de los principales productores. Es decir, el país se vuelca masivamente a la industria del etanol de maíz con destino a la exportación, produciendo una cantidad de litros muy similar a la que se elaboraría en otras zonas (ej UE) con el mismo volumen de maíz que el caso 1 se importaba desde Argentina. Lo que sucede aquí es que se produce un incremento de la demanda total similar al del caso anterior, pero esta vez desde el mercado interno y no desde el externo. La diferencia principal está en el aprovechamiento de los subproductos, particularmente los DDGS que sirven como forraje y compiten directamente con el maíz para el ganado. Este efecto de competencia disminuirá la demanda local de maíz para forraje, amortiguando el incremento de precios originado por la demanda local para etanol.

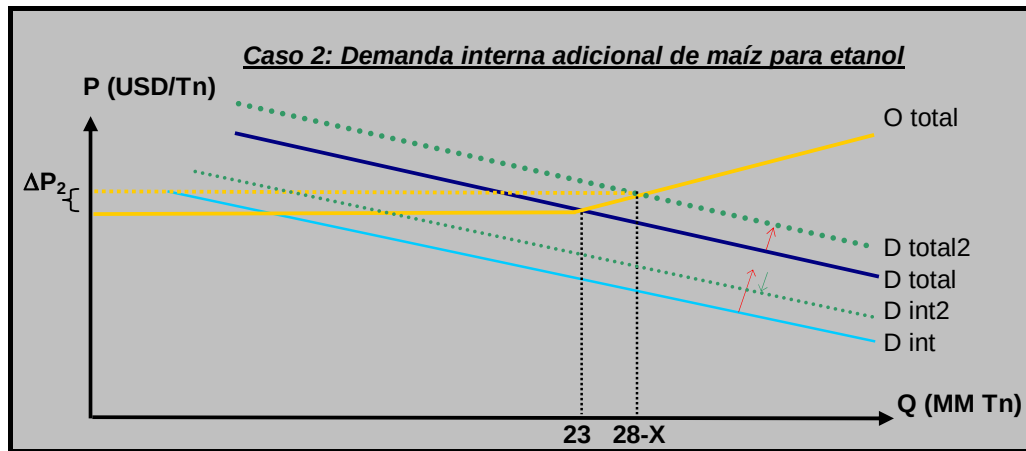


Figura 2.11

Ahora bien, este razonamiento tiene un supuesto implícito, y es que la demanda de maíz para etanol en el caso 1 no producirá suficientes DDGS como para generar un efecto de amortiguación de la demanda externa para forraje (es decir, no se genera un efecto del mismo tenor que en el caso 2). Esta suposición se origina en el hecho de que los compradores internacionales de maíz para el ganado, no son los mismos que los que compran maíz para etanol (ej. por un lado tenemos Malasia, Egipto o Arabia; y por el otro a la UE). Y si bien existe un mercado mundial para los DDGS, es pequeño en comparación con su uso para consumo local (salvo el caso de USA que exporta a México). Y aún en el supuesto caso de que se generara un mercado mundial de DDGS tan fluido como el del maíz, y por ende la atenuación en el incremento de precios fuese igual para las dos situaciones, existe aún una diferencia muy importante que no se observa en las curvas: en el caso 1 se está exportando un commodity de poco valor agregado, mientras que en el caso 2 se está exportando un combustible (etanol) con alto valor. Y es precisamente dicha diferencia de valor la que se distribuye a lo largo de la cadena del etanol y de los puestos de trabajo que esta genera.

Finalmente, existe un tercer efecto que se ha omitido en las gráficas por ser el menos concluyente, pero que aún así se manifiesta de forma diferente en el caso 2 respecto del 1: el incremento en la oferta de maíz (mayor producción) a mediano/largo plazo, como consecuencia del alza en la demanda. En el caso 2 la demanda adicional de maíz para etanol proviene del mercado interno y no de la exportación, lo que significa que los productores recibirán un valor adicional por su maíz que antes se perdía parcialmente a lo largo de la cadena exportadora. Este excedente de valor será el que genere, a largo plazo, un incentivo adicional para cultivar maíz, acelerando el crecimiento natural de la oferta en su seguimiento de la demanda.

El modelo descrito no deja de ser meramente cualitativo y representa dos escenarios extremos. Lo más probable es que Argentina se inserte en alguna situación intermedia, muy difícil de modelizar. Aun así, el propósito de los casos presentados no es hacer

futurología, sino que buscar ayudar al lector a responder la pregunta: ¿Hacia cual de los dos escenarios debería tender a acercarse la Argentina?

Con respecto al potencial de sustitución del maíz con DDGS, si bien la mayor parte de las investigaciones realizadas muestran que el mismo es elevado, aún existe incertidumbre respecto de su valor exacto tanto en cantidad como en costos. Según estudios de la Universidad de Iowa, los DDGS tienen el mismo valor nutricional que el maíz pero en un tercio de su peso. Es decir que sería equivalente alimentar al ganado con 3 Kg. de maíz que con 1 de DDGS. Sin embargo, si este fuera el único criterio de decisión a la hora de fijar el precio, la relación de precios entre ambos forrajes debería ser también cercana a 3 (amén de posibles situaciones de especulación). Sin embargo, los precios del mercado muestran una relación altamente variable, de entre 1,2 y 1,7 a favor de los DDGS. Esto significa que: o bien la relación entre peso y valor nutricional de los DDGS no está suficientemente clara aún; o existen otras diferencias cualitativas o de costos a lo largo de la cadena que encarecen a los DDGS; o tal vez se deba simplemente a la desconfianza natural de los ganaderos a la hora de probar un nuevo producto. De todas formas, se ha observado que la diferencia de precios con respecto al maíz se ha ido incrementado con el paso del tiempo, probablemente debido a las constantes alzas del cereal y a un mejoramiento en calidad de los DDGS producidos (sobre todo su digestibilidad y la capacidad de ser utilizado no sólo en ganada bovino sino también en cerdos y aves). Por otro lado, los DDGS tienen un proceso de almacenamiento más costoso y complejo que el maíz, lo cual obliga a los productores de etanol a deshacerse de los mismos con relativa rapidez, reduciendo su poder de negociación con el mercado.

De acuerdo con los datos evaluados, se tomaron las siguientes estimaciones conservadoras:

- 1 Kg de DDGS contiene el doble de nutrientes que el maíz.
- 1 Kg. de DDGS cuesta 1,4 veces más que el maíz.
- Cada tonelada de maíz retirada del mercado de forrajes para ser usada en etanol, devuelve 330 Kg de DDGS.

Se efectuaron los cálculos de sustitución correspondientes (ver Anexo III) y se obtuvieron resultados que indican que, a largo plazo, los DDGS tienen el potencial para sustituir todo el maíz retirado del mercado para producir etanol, e incluso dejar un 43% de valor nutricional adicional. Si dicho efecto ocurrirá o no en toda su magnitud, es algo incierto y sumamente difícil de predecir, pues depende en gran medida de cómo evolucionen las nuevas técnicas para procesar el maíz, para refinar los subproductos del etanol, y de variables no mesurables derivadas de efectos especulativos y de desconfianza al nuevo producto. Sin embargo, la conclusión a la se puede llegar a priori es que el fenómeno de sustitución existirá, y terminará produciendo, -lenta pero inevitablemente- una baja del costo del maíz para forraje, que compensará fuertemente

la suba inicial en el precio del grano en su conjunto. Y será un fenómeno que no se producirá (al menos en el mismo tenor y con el mismo impacto en la sociedad) si Argentina se dedica exclusivamente a exportar el maíz que luego será transformado en etanol en otras partes del globo.

LA CUESTIÓN AMBIENTAL.

El mercado global de biocombustibles basa su existencia en un conjunto de leyes, programas y metas fijados a nivel global por un número creciente de naciones en el mundo. Este hecho pone de manifiesto un aspecto crucial de los biocombustibles que no debemos olvidar: la razón fundamental de su existencia es mejorar la calidad de vida de la personas. Dichas mejoras pueden manifestarse en una serie de aspectos diversos: mejoras en la calidad del ambiente, mayor seguridad energética, generación de empleos, desarrollo económico e industrial de zonas marginales, diversificación de las exportaciones y fuentes de ingreso.

Ahora bien, existe otro hecho que tampoco debe dejarse de lado: no alcanza con que los gobiernos promulguen leyes o fijen metas a lograr para que estos objetivos de desarrollo necesariamente se cumplan. Como se mencionó en el párrafo anterior, para lograr estas premisas es necesario desarrollar toda una nueva industria, y para que una industria se desarrolle y crezca es mandatario que existan beneficios asociados (ganancias, rentabilidad, márgenes, retornos, etc.) que permitan atraer inversiones del cada vez más competitivo mercado de capitales. He aquí el balance fundamental a lograr: cómo volver rentable la industria para permitir su crecimiento, pero sin dejar de cumplir con los objetivos fundamentales para los cuales dicha industria fue creada originalmente.

Como una primera aproximación a la respuesta buscada, se han desarrollado una serie de criterios que es fundamental tener en mente a la hora de difundir estos productos y diseñar normas para sus mercados:

- ✓ Mejorar la calidad de nuestra atmósfera, fundamentalmente a través de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG).
- ✓ El balance energético de todo biocombustible debe ser positivo, es decir: en el orden de asegurar el abastecimiento energético mundial, la producción de cualquier biocombustible no debería insumir más energía que la contenida en los productos a obtener.
- ✓ Criterios sociales: aumentar los empleos directos, generar responsabilidad social en cuanto a educación y salud, no utilizar mano de obra esclava ni infantil.
- ✓ Otros criterios ambientales: reducir la erosión de los suelos, proteger las reservas de agua potable, prevenir y evitar la emisión de sustancias contaminantes, no atentar contra la biodiversidad.
- ✓ Cumplir con todos los criterios anteriores, sin afectar negativamente otras necesidades humanas básicas como la alimentación, salud, seguridad, etc.

No existe duda alguna de que todos los criterios mencionados tienen un alto impacto sobre la calidad de vida de las personas. Sin embargo, algunos autores citan a los dos primeros puntos -junto con el ultimo- como los más importantes (Johansson, 2006).

Después de todo, son los pilares básicos sobre los que se paran todas las leyes de biocombustibles existentes en la actualidad.

Siguiendo esta línea de pensamiento, y en virtud de haber caracterizados previamente la cuestión de “Food vs. Fuel”, la presente sección se centrará en las cuestiones ambientales derivadas de la producción de etanol carburante en Argentina y el mundo.

Balance de GHG, un análisis a ciclo completo.

Tal como se explicó, el uso de bioetanol y otros biocombustibles apunta a reducir los principales aspectos ambientales negativos derivados de la utilización de combustibles fósiles para el transporte, principalmente reducir los gases de efecto invernadero y otras emisiones que afectan la calidad del aire.

Si bien la actividad humana en su conjunto es responsable por la emisión de varios tipos de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , CFC, N_2O), en su conjunto denominados GHG, los estudios científicos elaborados en años recientes centran su análisis en las emisiones de CO_2 por ser este gas el principal responsable del calentamiento global por efecto invernadero. Y simultáneamente, citan al consumo de combustibles fósiles como la actividad humana con mayor participación en el problema, siendo responsable por el 56% de las emisiones de CO_2 a la atmósfera.

Existen dos formas principales en las que la producción y el uso del bioetanol para transporte pueden afectar las **emisiones netas** de GHG:

- 1) El uso de bioetanol carburante provee una fuente alternativa de energía que permite sustituir parcialmente las naftas, emisores netos de carbono*.
- 2) La producción de bioetanol permite modificar la cantidad de carbono secuestrado de la atmósfera.

El fenómeno citado en el punto 2) se da cuando el CO_2 de la atmósfera es absorbido por los cultivos energéticos (plantaciones de maíz, caña de azúcar, trigo, sorgo, remolacha, etc.) mediante el proceso de fotosíntesis, quedando el carbono retenido en los tallos y hojas que forman la planta. Por lo tanto, si bien a la hora de quemar bioetanol se libera una cantidad de CO_2 muy similar a la que se hubiera emitido quemando naftas ordinarias, la diferencia es que se trata de un volumen de CO_2 que había sido previamente removido de la atmósfera cuando el cultivo del cual se obtuvo el etanol crecía en el campo. En cambio en el caso de los combustibles fósiles, el balance es puramente emisivo pues dicho carbono no fue previamente secuestrado de la atmósfera sino que se encontraba bajo tierra en las moléculas que forman los hidrocarburos, de allí que el punto 1) se los califica como emisores netos.

Este es el argumento fundamental por el cual se dice que los biocombustibles (y en particular el etanol) reducen las emisiones netas (y esta palabra es muy importante) del gas en cuestión. Se ha hablado acerca de que este proceso tiene el potencial para que los biocombustibles en su conjunto (etanol y biodiesel principalmente) reduzcan las actuales concentraciones de CO₂ hasta llevarlas a los niveles pre-industriales (aprox. 280 ppm) para el año 2060 (Read, 2006). Esta es una cifra sin dudas optimista, teniendo en cuenta que el mejor valor al que podría llegarse sin utilizar biocombustible alguno sería de 400 ppm para el año 2100 (Read, 2006).

Todo esto suena perfecto, entonces... ¿Dónde reside el problema? La cuestión principal es que no se puede afirmar que el bioetanol es un combustible 100% neutral en lo que a emisiones de GHG se refiere. Esto se debe a que el balance neto de las emisiones únicamente se hace nulo si se toman en cuenta los dos extremos del ciclo: crecimiento del feedstock en el campo, y quema del combustible en los motores de los vehículos. Pero la realidad es que tanto durante el proceso de cultivo del feedstock como durante el proceso de producción del etanol y en las etapas intermedias, se incurre en una serie de operaciones que requieren la quema de combustibles fósiles (en mayor o menor medida según el proceso y según el feedstock en cuestión). Entre estas operaciones se puede mencionar: empleo de maquinaria agrícola para el cultivo del feedstock y su transporte a las plantas de procesamiento; consumo energético de las plantas de producción; utilización de diversos químicos que fueron elaborados a partir de hidrocarburos; y el combustible quemado durante el transporte de los productos finales.

Asimismo, también se debe tener en cuenta el combustible usado para procesar y transportar los subproductos (disminuye la eficiencia); y el uso de ciertos subproductos como el bagazo de la caña de azúcar o los restos vegetales de maíz y trigo como combustibles en la generación eléctrica (aumenta la eficiencia en la reducción al disminuir el uso de energía fósil).

Los detalles sobre estas operaciones que reducen la eficiencia energética (y por ende también la retención de carbono) por parte de las industrias de etanol serán tratados en la sección posterior, pero a priori ya es posible detectar la importancia de efectuar un análisis de ciclo completo a la hora de calcular el balance neto de GHG. Esto significa que se debe efectuar lo que los americanos llaman un *Well-to-Wheel Analysis*, o Análisis del Pozo a la Rueda; es decir un cálculo que tenga en cuenta la captura del CO₂ en el campo de cultivo, su emisión en los vehículos, y las emisiones en todas las operaciones intermedias en las que se incurre para producir el etanol, desde el cultivo del feedstock hasta la distribución del producto final. Posteriormente, y para obtener un índice que refleje el verdadero potencial de reducción de emisiones del biocombustible, debe compararse dicho valor de emisiones netas con las que se hubiesen obtenido en el caso de producir, comercializar y utilizar como combustible a la nafta ordinaria. Esta

metodología arroja un estimado del verdadero potencial de reducción de CO₂ que posee el etanol cuando es utilizado como sustituto de los combustibles normales.

Si bien el cálculo es extremadamente complejo y depende en gran medida del feedstock empleado y de la eficiencia de los procesos desarrollados, existen estimaciones hechas por la Agencia Internacional de Energía que dan un valor medio para distintos casos de estudio, junto con el rango de amplitud en el cual dichos valores puede oscilar.

Reducción porcentual de las emisiones de GHG (su equivalente en CO₂) por kilómetro, en comparación con naftas tradicionales.

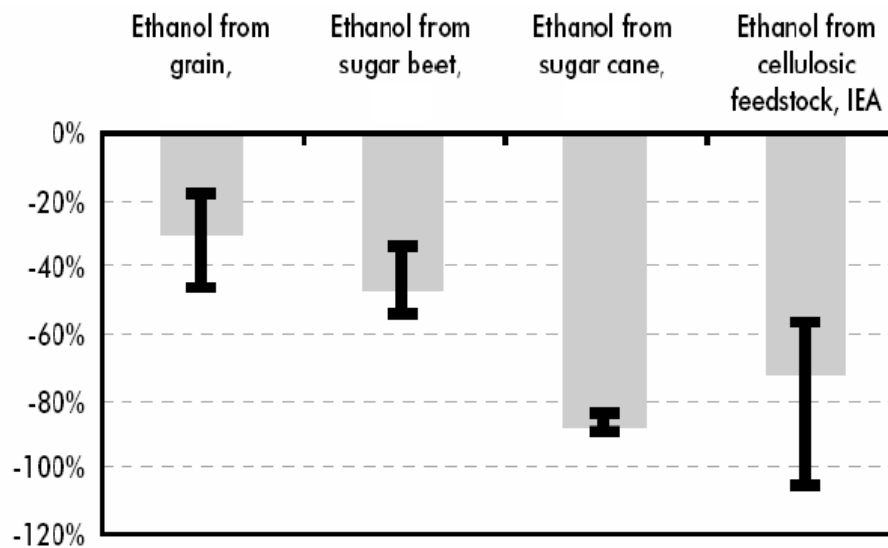


Figura 2.12

El cálculo fue efectuado para etanol al 100% de pureza, en el caso de las mezclas la reducción es proporcional al porcentaje de mezcla (ej. para mezclas al 10% en volumen, se obtiene una reducción equivalente a la décima parte de la que figura en el gráfico). Las líneas verticales indican el rango de variación de las estimaciones.

Obsérvese que el etanol de caña es el que provee la mejor reducción, cercana a un 90% y con un escaso margen de variabilidad. En cambio el etanol de maíz muestra una reducción considerablemente menor, de alrededor de un 30% y con un rango de variación que oscila entre un mínimo de 20% y un máximo de 48%. Para el caso del etanol celulosa, si bien tiene un alto potencial como reductor de emisiones, los valores que se muestran son sólo experimentales.

Esto sugeriría que las políticas destinadas al fomento del bioetanol como un combustible “amigable con el ambiente” deberían focalizarse en el etanol de caña (y eventualmente en el de celulosa, cuando sea industrialmente viable) con prioridad ante los proyectos destinados a producir etanol de maíz u otros materiales. Sin embargo, y como se explicara oportunamente en la introducción, la caña de azúcar es un cultivo que

no alcanza para abastecer el total de la demanda mundial de etanol, aun cuando se plantasen todas las hectáreas potencialmente aptas para dicho cultivo. De ahí que surja la necesidad de recurrir a otras fuentes no tan eficientes en términos de mejora de la atmósfera, principalmente los granos. Argentina no es la excepción a esta regla global. Más aun, dicha situación se potencia en nuestro país debido al bajo potencial del sector cañero, ya discutido en párrafos anteriores.

Sin embargo, sea cual fuese el escenario productivo que se desarrolle en el país para los próximos años, no debemos olvidar que el problema de la reducción de gases de invernadero es un asunto mundial: el cambio climático producto de los niveles crecientes de GHG en la atmósfera depende de las emisiones totales a nivel global, y lo mismo sucede con el potencial de reducción el cual dependerá del consumo global de biocombustibles.

Por esta razón, muchos autores sostienen que una vez que el mercado mundial de bioetanol se haya desarrollado y se encuentre libre de todas las barreras comerciales actualmente existentes, la competencia entre productores alcanzará una intensidad tal que sólo los más eficientes en términos de balance energético neto y balance neto de GHG prevalecerán (IEA, Task 40). Esta es una señal de alarma a tener en cuenta por Argentina en el largo plazo, si es que se pretende estructurar la producción de etanol empleando al maíz como feedstock preponderante en la matriz de abastecimiento.

Toda mejora ambiental tiene su costo asociado, y el caso del bioetanol y otros biocombustibles no es la excepción. En términos simples, el costo de utilizar bioetanol como sustituto de las naftas para reducir las emisiones de GHG depende de 2 factores:

- 1) La reducción neta a ciclo completo de GHG por litro o por kilómetro.
- 2) El costo incremental en el que se debe incurrir al emplear bioetanol o mezclas del mismo, en lugar de las naftas ordinarias.

A continuación se muestra una figura que exhibe el rango potencial de costos por tonelada de CO₂ eliminado para varias situaciones. El costo incremental por emplear etanol en lugar de naftas ordinarias (por litro, suponiendo sustitución por equivalente energético) se grafica en el eje vertical, mientras que en el eje horizontal se indica el porcentaje de reducción a ciclo completo. Las rectas trazadas representan líneas isocostos, es decir que a lo largo de cada recta el costo por tonelada de CO₂ eliminado es constante.

Costo por TN de GHG reducido (en toneladas de CO₂ equivalente),
para varias situaciones.

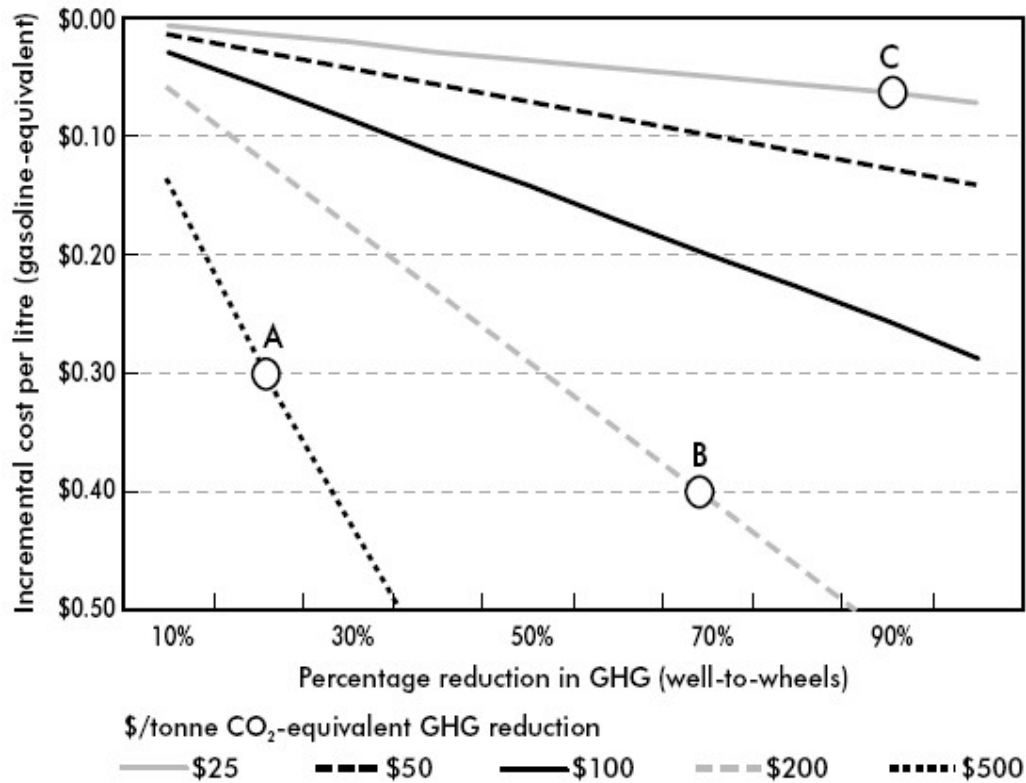


Figura 2.13

Fuente: IEA, 2006

Nótese que el costo incremental de utilizar bioetanol como sustituto de las naftas oscila entre 0 y 50 centavos de dólar por litro de equivalente energético, según el proceso de obtención del etanol y el porcentaje de corte. Por lo tanto, el costo por tonelada de CO₂ reducido variará entre 0 y 500 dólares. Las estrategias de reducción de GHG implementadas por los países consumidores de etanol implican, en su mayoría, un costo de reducción de 50 dólares por tonelada, lo cual significa que para que el bioetanol sea una opción ambientalmente viable pero también económicamente atractiva, los costos incrementales de sustitución deben ser suficientemente bajos y la reducción porcentual debe ser importante. Por lo tanto, las dos rectas superiores que se observan en la figura (25 y 50 USD/TN) representan los casos con mayor potencial de ser favorecidos por la legislación futura, y hacia allí es donde debería tender a ubicarse la industria Argentina.

Se han marcado 3 puntos en el gráfico con el objetivo de representar 3 posibles escenarios que puedan darse en situaciones reales. El punto A, con un costo incremental de 0,30 dólares y una reducción del 20%, corresponde a un costo de 500 USD/TN, muy elevando con respecto a los 50 USD/TN que persiguen las políticas actuales. Sin embargo, fácilmente se podría pasar de dicha a situación a un caso en el que se deseara reducir las emisiones en un 70%, con un incremento de tan solo 0,1

USD/lit sustituido. El costo por tonelada se habría reducido en este caso a unos 200 USD. Finalmente, si se lograra que el bioetanol reduzca las emisiones de ciclo completo en un 90% con un costo incremental de tan solo 0,08 dólares por litro, estaríamos en la situación ideal con un costo por tonelada de tan solo 25 USD, perfecto para quienes fomentan políticas de uso del etanol como opción ecológica y a la vez económica.

Con el objetivo de mostrar la diversidad de casos posibles, se adjunta una figura que exhibe distintos rangos de costos por tonelada de CO₂ eliminada, para varios tipos de etanol y biodiesel, y en distintos momentos del tiempo:

Rango de costos por tonelada de GHG reducida, para diferentes biocombustibles en distintos escenarios temporales.

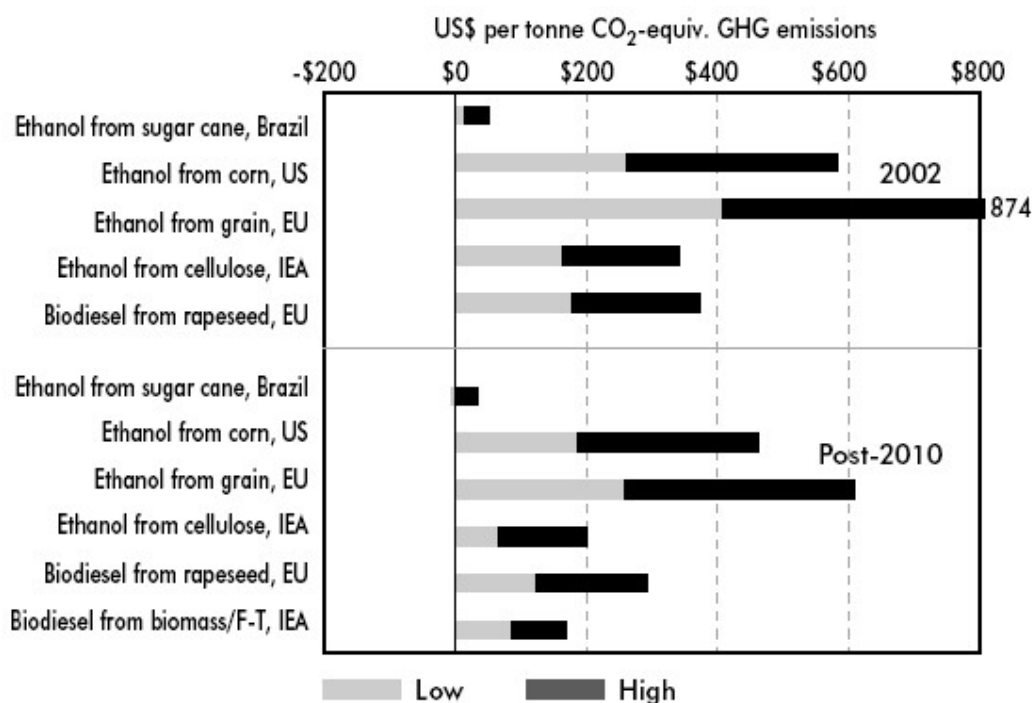


Figura 2.14

Fuente: Lamers, 2006.

Obsérvese como los costos pueden variar notablemente, mostrando el etanol de maíz los mayores costos por tonelada reducida tanto en la actualidad como en el mediano plazo. Esto se debe a lo mencionado en párrafos anteriores acerca de su bajo potencial para reducir las emisiones, y también a su alto costos de sustitución en equivalente energético (caso similar al punto A de la gráfica anterior). Con el tiempo, es posible lograr mejoras en la eficiencia de los procesos que reduzcan a la mitad el rango de costos del etanol de maíz, llevándolo a valores de entre 200 y 450 USD/TN. En contraste, el etanol de caña tiene un costo ínfimo (se mueve entorno al punto C de la gráfica anterior) originado en su alto potencial de reducción y su bajo costo de producción. También merece ser destacado el potencial futuro del etanol de celulosa,

sobre todo en el escenario Post-2010, que será cuando esté efectivamente disponible en los mercados (en rigor después de 2015).

La conclusión a obtener de este breve análisis de costos es que los mismos son congruentes con los datos previamente presentados sobre el potencial de reducción de emisiones de los distintos feedstocks: aquellos con mayor potencial (caña y celulosa) presentan los menores costos asociados al ciclo de reducción. Si bien a priori esta relación parece trivial, no necesariamente lo es, pues aquellos feedstocks que posee un alto potencial de reducción pueden tener en ciertos casos un elevado costo de adquisición y/o procesamiento, lo cual hace que el costo final por TN eliminada no sea tan bajo como pudiera esperarse (caso del etanol de celulosa en la actualidad).

Esta conclusión no hace más que confirmar la alarma de largo plazo que suena para Argentina: si se estructura un sector productivo basado fundamentalmente en maíz, no siempre se contará con el apoyo de las instituciones que promueven y desarrollan el mercado. Una vez que la industria se encuentre madura y la oferta consiga abastecer el total demandando, los precios comenzarán a bajar por la acción natural de la competencia. Ante esta situación, solo sobrevivirán aquellos productores que cuenten con bajos costos y que posean el mayor potencial para mejorar el ambiente y la seguridad energética (los más eficientes en cuanto a balance energético y balance de GHG), ya que dicho potencial les permitirá acceder a subsidios, exenciones impositivas, créditos blandos, y otras tantas herramientas de promoción industrial dadas por los gobiernos e instituciones que promueven el uso eficiente de los biocombustibles.

Paralelamente, existe otra situación no menos alarmante a tener en cuenta. No hay que olvidar que la reducción neta de GHG depende no solamente del feedstock seleccionado sino también de las técnicas empleadas tanto para cultivarlo como para obtener el etanol; y del escenario base a tener en cuenta para el análisis (escenario base = emisiones y secuestro de CO₂ sin que hubiese producción de bioetanol).

Para ejemplificar como estas variables pueden modificar el balance a ciclo completo, analizaremos 3 casos particulares que tranquilamente podrían darse en la realidad.

En el primer caso, una porción de bosque natural es desmontada para utilizar la leña como combustible en una refinería que produce etanol carburante. En este caso, es altamente probable que las emisiones netas del etanol generado sean aun mayores que las que se hubiesen obtenido utilizando naftas comunes en lugar de dicho etanol. Desde un punto de vista ambiental, no hay justificación para la existencia de un proyecto como este, y aunque es poco probable que una refinería de etanol utilice leña como combustible para sus procesos, sí es algo común en muchas centrales eléctricas que utilizan biomasa como combustible, energía que es destinada para emprendimientos industriales, como son las plantas de etanol.

En el segundo caso, consideremos una porción de bosques que es desmontada para dar lugar a una plantación cultivos energéticos. La misma es administrada de forma tal que permite abastecer completamente a una refinería de etanol, proveyéndole en forma continua del feedstock necesario para su funcionamiento. El carbono secuestrado por el bosque a lo largos de los años será liberado a la atmósfera, en cantidades que dependerán del tipo de bosque en cuestión, pero supongamos un valor conservador de 300 toneladas métricas de carbono por hectárea. A medida que los cultivos plantados crecen y se cosechan en ciclos, fijarán parte de ese carbón en el suelo, compensando así el efecto de pérdida. Si tomamos un valor promedio de fijación en el suelo de 30 toneladas métricas por hectárea, significa que el proyecto ha liberado a la atmósfera unas 270 toneladas métricas por cada hectárea desmontada. Si el bioetanol elaborado es utilizado para sustituir naftas, la reducción neta de GHG que producirá dicha sustitución compensará esas 270 toneladas métricas que fueron liberadas, recién después de 45 años de funcionamiento de la planta (datos del IPCC). Además de estar más allá del límite de vida de cualquier proyecto, esto muestra como una mala utilización de la tierra puede transformar a un proyecto que en un principio parecía “ecológico”, en uno que a duras penas podría llegar a catalogarse como “ambientalmente neutro”.

En el tercer y último caso, un cultivo energético destinado a la producción de etanol es producido en una tierra que hasta el momento era considerada marginal o improductiva, como por ejemplo tierras semiáridas o degradadas. Dichas tierras, además de beneficiarse del proceso de revegetación, seguramente tenían una menor capacidad de secuestrar carbono antes de que fuesen cultivadas, tanto en su suelo pobre como en su vegetación originaria. En este caso, el cambio en el uso de la tierra no acarrea sólo los beneficios derivados de la reducción de GHG por desplazamiento de combustibles fósiles, sino también un mejoramiento a nivel de los ecosistemas.

El desafío es entonces lograr que los proyectos Argentinos sean económicamente aptos, desde el punto de vista de poder atraer inversiones, y que a la vez tiendan a lograr una posición ambiental similar a la del tercer caso.

Emisiones de las mezclas etanol-naftas.

Es conocido que las mezclas etanol-nafta más utilizadas (entre 5% y 10% en vol.) reducen muchas de las emisiones contaminantes que surgen de la combustión de naftas ordinarias (ej. de CO) principalmente debido a la dilución de las naftas, que son quienes las emiten. Sin embargo, se sabe que dichas mezclas también son responsables de incrementar las emisiones de otros tantos compuestos.

Cuando el etanol es agregado a las naftas, incrementa las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) debido a un aumento en la presión de vapor de la mezcla resultante (ORNL, 2000). En la mayoría de los casos, el efecto de incremento en la volatilidad se dispara con el agregado de un pequeño porcentaje (ej. 2%) y luego la mezcla no cambia demasiado su comportamiento al seguir elevando la concentración; razón por la cual las mezclas al 2%, 5% y 10% se comportan de un modo similar en cuanto a dicho efecto. En aquellos países donde la legislación ambiental es avanzada, las emisiones de COVs deben ser controladas para poder alcanzar los estándares ambientales fijados (por ej. en Canadá, las regulaciones requieren que la volatilidad de las mezclas de etanol sea como mínimo igual a la de las naftas ordinarias). Para lograr esto, los distribuidores de combustible disminuyen la presión de vapor de las naftas empleadas en las mezclas, con el objetivo de combatir este efecto. Esto se logra eliminando algunas de las fracciones más ligeras que forman las naftas, o agregando aditivos especiales. Si bien constituyen una solución al problema de los COVs, estas operaciones encarecen al producto final, volviéndolo menos competitivo y en consecuencia retrasando los potenciales beneficios derivados de su uso.

En un principio se creía que la utilización de mezclas de baja concentración de etanol no incrementaba, en general, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx). La evidencia provenía de analizar sólo las emisiones en los vehículos, donde se observaron variaciones en torno a un rango de 10% de disminución a un 5% de aumento con respecto a la nafta normal. Sin embargo, este es un caso similar al de las emisiones de CO₂, en el cual se debe analizar la emisión neta a ciclo completo y no sólo lo que sale por el caño de escape del vehículo. Si se tienen en cuenta las operaciones para la producción del etanol y para la producción y preparación del feedstock, se observa un aumento significativo de las emisiones netas (ORNL, 2000). Esto es debido al NOx liberado a la atmósfera a través de los fertilizantes empleados en la agricultura.

Por otro lado, las emisiones de acetaldehído, formaldehído y peroxiacetil-nitrato (PAN) se ven incrementadas (ORNL, 2000). Los dos primeros no son componentes naturales de los combustibles, sino que son subproductos que se generan por una combustión incompleta de los mismos. Algo similar sucede con el PAN, que es un contaminante secundario (se forma en la atmósfera por interacción de la misma con un contaminante primario o emitido en forma directa). Sin embargo, para este conjunto de contaminantes los estudios disponibles no son tan pesimistas como sucede con los COVs y los NOx, pues sugieren que la mayoría de las emisiones producto de la combustión de mezclas nafta-etanol son tolerables y/o pequeñas en comparación con otras fuentes, y además son fácilmente eliminables con el agregado de un convertidor catalítico al vehículo.

Los estudios con respecto a mezclas de alta concentración (ej. E85) son escasos, pero los mismos muestran efectos similares a los mencionados para las mezclas de baja concentración.

Efectos globales de la industria sobre los ecosistemas.

El surgimiento de los numerosos proyectos en etapa de estudio, sumados a los ya existentes y sus potenciales ampliaciones, generan una sumatoria creciente de efectos sobre diversos factores ambientales: bosques y selvas, suelos, cuerpos de agua, atmósfera. Para centrar el análisis en un caso típico y de alta probabilidad de ocurrencia en nuestro medio, se describen a continuación las acciones que tenderá a ejercer sobre el medio una planta de etanol de maíz, con una capacidad típica de entre 60 y 80 MM litros al año, utilizando la tecnología de molienda seca para su proceso productivo.

Durante el proceso de construcción de la planta, el desmonte y desmalezado del terreno natural forman el impacto principal, causando un aumento de la precipitación efectiva por disminución de la capacidad de retención de agua del suelo lo que puede generar una expansión de las zonas anegables.

Durante la etapa de construcción se generarán otros elementos nocivos como ser:

- Emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) a la atmósfera, causadas por los vehículos utilizados.
- Partículas suspendidas en el aire debido a las operaciones de compactación y relleno, y por el paso de los vehículos sobre los caminos de acceso o brechas.
- Residuos sólidos domésticos provenientes de la actividad humana cuyo volumen será variable de acuerdo al número de trabajadores y al tiempo de operación.
- Residuos líquidos provenientes de la fase de limpieza de las tuberías y durante las pruebas hidrostáticas efectuadas sobre la misma.

En referencia ya al proceso productivo en sí, en la fabricación de etanol se consume gas natural para proveer las calorías que requieren los procesos de licuefacción, sacarificación, fermentación y demás, generándose los siguientes efluentes gaseosos:

- compuestos orgánicos volátiles (COVs)
- monóxido de carbono (CO).
- dióxido de azufre (SO₂)
- óxidos del nitrógeno (NO_x).

Asimismo, otro agente contaminante importante que se genera es el material particulado (PM). Este proviene fundamentalmente del procesamiento del maíz (descargas y molienda), y en menor medida también de los procesos de combustión.

Las vinazas, el material residual obtenido después de la destilación del etanol a partir del mosto fermentado, contiene tanto material soluble como suspendido y tiene altos valores de demanda biológica de oxígeno ($\text{DBO}_5 = 30.000 - 60.000 \text{ mg/l}$) y de demanda química de oxígeno (DQO). Ambos indicadores miden el contenido de materia orgánica en un efluente. Aproximadamente, se producen más de 20 litros de vinazas ligeras por cada litro de etanol obtenido.

En el caso de la operación de las diferentes máquinas del proceso se obtienen residuos sólidos como contenedores de sustancias químicas utilizadas, restos de aceites y lubricantes, filtros utilizados en los equipos de limpieza, etc. Todos estos constituyen residuos sólidos industriales especiales y se les debe dar el tratamiento correspondiente según las leyes nacionales y provinciales.

Finalmente se encuentran los ruidos y vibraciones estructurales provenientes de la planta, fundamentalmente de los procesos de molienda. Los mismos afectan predominantemente a los operarios en el área de trabajo inmediata, a los vecinos de la zona y también a las construcciones aledañas, pudiendo llegar a dañar sus estructuras si no se amortiguan correctamente las vibraciones mecánicas del proceso.

Existen otros efectos no directos que surgen de la fuerte expansión de este tipo de agro-industrias: agotamiento del suelo y/o degradación del mismo por un mal uso de la tierra (monocultivos), incremento de la demanda de agua y polución de los acuíferos, deforestación, pérdidas de biodiversidad y contaminación genética, entre los principales.

El uso de cultivos energéticos que requieren suelos de alta fertilidad (el caso del etanol, el cultivo en cuestión sería maíz), implica una mayor demanda por agroquímicos como fertilizantes y pesticidas. Dicha demanda, además de reducir la eficiencia energética y el potencial de reducción de GHG del etanol, también modifican el equilibrio natural de los suelos y el agua. Las precipitaciones, vientos y otros factores meteorológicos generan la migración de los compuestos nitrogenados (principales componentes de los fertilizantes) hacia los cuerpos de agua cercanos, tanto subterráneos como superficiales. Esto genera un doble efecto sobre los mismos: por un lado, afectan la potabilidad del agua y producen el fenómeno de eutrofización (exceso de materia orgánica que genera desequilibrio en las poblaciones vegetales y animales); y por el otro se produce un aumento de la acidez de los cuerpos de agua y los suelos, que genera un desbalance adicional sobre las poblaciones animales (ej. un PH bajo en el agua afecta la reproducción de los peces).

La intensificación de la actividad agrícola, manifestada a través de una extensión de la superficie cultivada como así también de una mayor presión sobre cada hectárea de suelo utilizado, genera dos efectos principales sobre el ambiente natural. En primer lugar, la deforestación o tala de los bosques nativos para dar lugar a cultivos energéticos

como el maíz o la caña de azúcar, genera una inmediata pérdida de la biodiversidad y una modificación radical del paisaje. A esto debemos sumar otros efectos no tan inmediatos pero igualmente peligrosos, que se manifiestan en el corto y mediano plazo, como ser: inundaciones, porque el suelo pierde su capacidad natural para retener agua; pérdida de biodiversidad o desequilibrios en las poblaciones animales de ambientes vecinos o conectados a la zona de tala (ej. a través de las inundaciones antes mencionadas); y pérdidas materiales y económicas tanto para las comunidades nativas (que subsisten directamente de lo que extraen del bosque) como para el resto de los pobladores que viven de otras actividades relacionadas con el medio natural, como ser el turismo, la ganadería extensiva de monte, o la extracción de leña y madera en ciclos. Luego, y con el paso del tiempo, comienzan a manifestarse los efectos de largo plazo: erosión de los suelos por la pérdida de cubierta vegetal y exposición a los agentes atmosféricos, agotamiento de los mismos por sistemas de monocultivos y mala administración del recurso; hasta que finalmente la tierra se vuelve improductiva y lo único que se logró luego de varios años de explotación es un avance de la desertización. Estos problemas potenciales revisten principal importancia en el noroeste de Argentina, donde miles hectáreas de bosque nativo (selva Tucumano-Oranense) son deforestados año a año, principalmente en las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy. Un fenómeno similar se da en otras provincias norteafricanas con importantes extensiones de bosques en retroceso, como ser Chaco, Formosa, Corrientes y Misiones. La razón de esta actividad es la búsqueda de terrenos libres para extender los cultivos de alto valor y demanda asegurada, fundamentalmente soja. En paralelo con esto, si tenemos en cuenta que el maíz se comporta en muchos casos como una especie de “subproducto” de la actividad sojera (por cultivarse en esquemas de rotación en conjunto con esta última) y que su valor se ha incrementado notablemente en los últimos años -parcialmente por el alza de precios debido al efecto etanol- no es difícil pensar que el desarrollo de una fuerte industria del etanol de maíz en Argentina aumentará aún más la presión sobre las superficies cubiertas por bosque nativo. En las provincias del oeste de la región pampeana, como La Pampa y San Luis, la presión podría trasladarse en forma indirecta hacia los montes de Caldén (el árbol más abundante de la región pampeana en toda su extensión) que si bien no se encuentran mayoritariamente en zonas aptas para cultivos como la soja, si lo son para la cría de ganado, y al extenderse la agricultura hacia el Oeste la ganadería tiende a ser desplazada hacia terrenos donde antes no existía demanda para pastoreo o en algunos casos para ningún tipo de actividad agropecuaria (zonas casi vírgenes que se agregan al circuito productivo).

Por otra parte, una ampliación de la frontera agrícola trae aparejado la proliferación de cultivos genéticamente modificados, ya que la introducción de los mismos es uno de los factores clave que ha permitido el fuerte incremento de la productividad en los últimos 10 años. El problema con estas semillas, es que los genes que les son introducidos para mejorar su resistencia a las plagas y a la sequía, y para aumentar el volumen de granos por planta, pueden trasladarse desde los cultivos implantados hacia la vegetación

autóctona y generar desbalances en las poblaciones tanto vegetales como animales. Este fenómeno se produce cuando ciertas variedades de cultivos se cruzan con la vegetación del ambiente, dando origen a híbridos que portan los genes introducidos en los cultivos y que pueden diseminarlos en el resto de la población nativa.

El tema del agua es un factor clave, sobre todo en aquellas zonas donde escasea y además se practica la agricultura bajo riego. Aquí el potencial para que los agroquímicos lleguen a las fuentes de agua potable o a los ríos se maximiza, como así también el requerimiento de agua para riego podría volverse crítico si la demanda del cultivo en cuestión creciera explosivamente, afectando con ello la disponibilidad de agua para otros usos, tanto humanos (ganadería, fruticultura, consumo y recreación) como naturales. Esta es una alarma para el sudoeste de la Región Pampeana y el norte de la Patagonia, donde ya se han desarrollado establecimientos productivos de soja y maíz bajo riego.

La demanda por superficies destinadas a la caña de azúcar no debe desestimarse, ya que si bien su potencial es limitado, la misma ya ha tenido múltiples efectos negativos en el pasado sobre áreas del noroeste argentino y misiones. Esta situación, en parte ya irreversible, podría deteriorarse aún más o repetirse en otras zonas, si se desarrollan fuertes políticas de promoción del cultivo de caña para etanol. Sobre todo si se tiene en cuenta que se trata de un cultivo típicamente tropical, es decir, propio de aquellas zonas donde naturalmente no suele haber terrenos libres sino una importante biomasa de vegetación autóctona. Incluso si no se diera el escenario de cambio tecnológico, y se siguiera produciendo etanol mayoritariamente como un subproducto del azúcar, el peligro se mantiene latente. Esto es así pues los ingenios azucareros son industrias con importantes efluentes líquidos orgánicos y están sujetos a escaso control por parte del estado. Tal es así, que el vertido indiscriminado de los mismos durante años ha llevado a un incremento tal de la DBO y DQO en los principales ríos de la región, por ejemplo en gran parte de la cuenca del Salí-Dulce (que abarca las provincias de Jujuy, Tucumán, Salta y Santiago del Estero) ha sufrido impresionantes mortandades de peces (sobre todo en el embalse de Río Hondo, principal centro turístico de la zona) y aumentado los casos de afecciones a la piel y problemas digestivos a quienes alguna vez entraron en contacto con el agua contaminada.

BALANCE ENERGÉTICO ETANOL-FÓSILES.

Como se mencionara al inicio de este capítulo, uno de los criterios básicos que deben cumplir los biocombustibles para ser aceptados como fuente de energía viable es su eficiencia energética positiva. Es decir, la energía contenida en los productos finales (etanol, biodiesel y biogás, así como sus subproductos) debe ser mayor que la energía necesaria para elaborarlos. Tal como se analizó con las emisiones de GHG, lo que interesa es el balance energético neto del ciclo completo del negocio, desde que se cultiva el feedstock hasta que el combustible es quemado en los motores de los vehículos. Si bien ya se han mencionado las principales operaciones que intervienen durante el ciclo productivo, se efectuará a continuación un análisis más detallado al respecto con el objetivo de dictaminar bajo que circunstancias la producción de etanol carburante podría tener un balance energético negativo y cuales son las posibilidades de que ello ocurra en los potenciales escenarios de producción de Argentina.

Parte de la energía inyectada en los distintos procesos que forman ciclo productivo completo puede provenir de fuentes renovables, pero la mayor parte continua siendo obtenida de los mismos combustibles fósiles que se pretenden sustituir. Se listan a continuación los principales consumos del ciclo completo (“del pozo a la rueda”) del etanol carburante:

- Uso de combustibles para la maquinaria agrícola empleada en la preparación de la tierra, siembra, atención de los cultivos, irrigación, cosecha.
- Uso de hidrocarburos empleados en la producción de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc.) insumidos en el ciclo de cultivo.
- Uso combustibles para el transporte, tanto al momento de movilizar los granos hacia los centros de almacenaje y consumo (plantas de etanol), como en la distribución del etanol producido, y sus subproductos.
- Consumo de energía por parte de la planta de etanol, en dos formas básicas:
 - Directo: para generar el calor necesario en los procesos de licuefacción, sacarificación, fermentación, destilación, etc. En el caso particular de Argentina, el principal combustible a utilizar por razones económicas sería el gas natural.
 - Indirecto: los combustibles (gas natural y FO) utilizados para generar gran parte de la electricidad que consumen las plantas de etanol.
- Consumo de químicos en el proceso de elaboración de etanol: muchos de ellos derivados directos de hidrocarburos, principalmente nafta que se utiliza en el proceso de desnaturalización del etanol mezclada en un 3% en volumen.

Existen otras muchas fuentes menores de consumo de energía fósil, como ser toda la energía insumida en los procesos no industriales del ciclo (ej. para el funcionamiento de las oficinas de la empresa) o la energía insumida en los procesos de fabricación y adaptación de los motores para que funcionen con mezclas de alto contenido de etanol.

Algunos autores llevan este análisis al extremo, al tener en cuenta la energía necesaria para construir la planta y fabricar sus materiales y equipos. Sin embargo, esta es una posición un tanto extremista e incluso impráctica, pues el volumen energético necesario para construir una planta es despreciable comparado con la energía que dicha planta es capaz de generar, en forma de etanol, a lo largo de toda su vida útil, y de la energía que consume día a día en sus procesos productivos.

Asimismo, también existen factores que favorecen la eficiencia, como ser el uso de ciertos subproductos como el bagazo de la caña de azúcar o los restos vegetales de maíz y trigo, que puede ser empleados como combustibles para la generación eléctrica.

Para tener una idea del orden de magnitud de estos consumos en la Argentina, se adjuntan datos provenientes de un estudio de factibilidad elaborado por el autor en 2006, al momento de dimensionar una planta de etanol de maíz. En el mismo se estimaron los siguientes consumos energéticos para una planta de entre 55 y 70 millones de litros anuales, con valores estimados por cada litro de etanol obtenido:

<u>Combustible</u>	<u>0,25 m3 de gas natural.</u>
<u>Fuerza motriz</u>	<u>0,03 Kwh. *</u>
<u>Transporte de maíz</u>	<u>0,0007 litros de GO.</u>
<u>Transporte de etanol</u>	<u>0,0035 litros de GO.</u>
<u>Desnaturalizante</u>	<u>0,03 litros de nafta.</u>

(*): Tener en cuenta que alrededor del 57% de la energía eléctrica generada en Argentina proviene de centrales térmicas que queman combustibles fósiles.

Y no hay que olvidar que a estas cifras deben agregarse los consumos de las operaciones incluidas en la etapa de producción y preparación del feedstock, mencionadas en la hoja anterior.

Demás está decir que existe una relación directa entre la eficiencia energética y la eficiencia en la mitigación de gases de invernadero, pues justamente las fuentes de energía no renovable que insume el ciclo son las principales productoras (luego de la quema del etanol en los vehículos) de GHG. Los estudios efectuados corroboran esta deducción, observándose las mayores reducciones de GHG en aquellos procesos que poseen las mejores eficiencias energéticas (ver Anexo IV).

Uno de los factores determinantes de la eficiencia energética de un ciclo productivo es la eficiencia en la conversión del feedstock en etanol, pues esto determina cuanto feedstock deberá ser cultivado, transportado y procesado (todas operaciones que requieren combustibles) para obtener un volumen dado de etanol.

Más allá de este factor existen otros potencialmente importantes, aunque el análisis de algunos de ellos es muy complejo pues la mayoría de los estudios al respecto no proveen resultados claros ni se basan en suposiciones precisas. Por ejemplo, es útil conocer los llamados “créditos de los subproductos”, esto es la energía y las emisiones de GHG ahorradas al sustituir productos convencionales por sus equivalentes obtenidos como subproductos de la elaboración de etanol (ej. los granos deshidratados que sirven como alimento animal o la energía eléctrica que es generada a través de la quema de los desperdicios).

Otro factor importante es el tipo de energía empleada en el proceso industrial de conversión. En la mayoría de los estudios de balance energético analizados (ver Anexo IV y siguientes páginas de la presente sección) se asume como combustible principal al gas natural, utilizándose muy pocos derivados del petróleo (GO y FO) y muy poco carbón. Esta suposición es consistente con la matriz energética de la industria en Argentina, tanto actual como en su proyección para el corto y mediano plazo. También consistentemente con lo que sucede en Argentina, se supuso el uso de derivados del petróleo (fundamentalmente GO) como combustible a emplear en las actividades agrícolas y el transporte. Los valores típicos de energía fósil quemada a lo largo del ciclo de producción en base a maíz en encuentran entre 60% y 80% de la energía generada en forma de etanol, es por ello que se dice que para producir una unidad de energía en forma de etanol se deben utilizar 0,8 o menos unidades equivalentes de energía.

Finalmente, otro ítem a considerar es la economía del vehículo que utilizará el etanol (por ej la cantidad de energía consumida en MJ por kilómetro). Esto se debe a que un vehículo con una mala eficiencia relativa consumirá más energía (o sea más combustible) para recorrer la misma distancia que otro que sea más eficiente (o económico). El rango típico en el que varían la mayoría de los estudios va desde asumir la misma eficiencia entre los vehículos normales y los adaptados (GM y ANL) hasta asumir una ganancia del 10% a favor de los vehículos adaptados para utilizar mezclas E85 (Wang). No debe confundirse este concepto con aquel que enuncia que el etanol contiene 2/3 de la energía contenida en la nafta: con esto último se está diciendo que 1 lt de etanol contiene 2/3 de la energía química (en MJ) contenida en 1 lt de nafta ordinaria; mientras que con el concepto de “economía del vehículo” se hace referencia a la capacidad que tiene el vehículo para transformar una cantidad dada de energía química (“xxx” MJ, sea que estén contenidos en 1 lt de nafta o 0,67 lt de etanol) en potencia desarrollada, o sea kilómetros recorridos.

Los estudios desarrollados en la UE para etanol de trigo tienden a dar resultados similares a los conducidos en EEUU para el etanol de maíz. Centrando la atención en el balance energético neto del etanol de maíz, por su potencial desarrollo en Argentina, se puede decir que este ámbito aun no ha sido explorado ya que no se detectaron estudios

efectuados en el ámbito local al momento de la redacción del presente trabajo. En cuanto a los estudios internacionales, se muestran a continuación los más destacados:

	Energy content ^a	Corn crop yield	Conversion efficiency	Ethanol produced per acre of corn crop	Nitrogen fertiliser energy	Ethanol conversion process	Total energy used to produce litre	Co-products energy credits	Net energy value	Energy in/ out (with co-product credit)
	Btu/litre	bushels / acre	litres/ bushel	litres/acre (000)	MBtu/ litre	MBtu/ litre	MBtu/ litre	MBtu/ litre	MBtu/ litre	ratio
Ho, 1989	287.7	90	n/a	n/a	n/a	215.7	340.7	39.7	-15.1	1.04
Marland and Turhollow, 1990	317.8	119	9.46	1.13	50.3	189.6	279.8	30.8	68.7	0.80
Pimentel, 1991	287.7	110	9.46	1.04	70.3	278.9	495.9	81.4	-126.9	1.34
Keeney and DeLuca, 1992	287.7	119	9.69	1.15	63.7	183.5	345.2	30.6	-31.9	1.08
Shapouri <i>et al.</i> , 1995	317.8	122	9.58	1.17	34.0	201.7	313.5	57.0	61.3	0.84
Lorenz and Morris, 1995	317.8	120	9.65	1.16	42.0	204.2	306.9	104.4	115.8	0.73
Wang <i>et al.</i> , 1999	287.7	125	9.65	1.21	32.8	154.6	259.1	56.6	85.2	0.75
Agri-Food Canada, 1999	287.7	116	10.18	1.18	n/a	190.8	259.1	53.2	112.9	0.76
Pimentel, 2001	287.7	127	9.46	1.20	51.6	284.3	496.1	81.4	-127.0	1.34
Shapouri, Duffield and Wang, 2002	317.8	125	10.07	1.26	27.0	196.0	292.3	54.4	79.9	0.79

Tabla 2.13

Tal como se dijo, varios de los supuestos empleados en los estudios efectuados en EEUU y la UE son consistentes con lo que sucede en nuestro país (caso de los combustibles usados en el agro y en el transporte). Sin embargo, hay muchas otras variables que influyen sobre el resultado final y que por su importancia merecen un análisis para saber si son compatibles o no, como ser los rendimientos de maíz por hectárea, la energía contenida en los fertilizantes empleados, o los supuestos acerca de la eficiencia en la conversión maíz-etanol.

Para verificar si efectivamente existe potencial como para extrapolar estos resultados al contexto de Argentina, se efectuó un análisis comparativo entre los supuestos de los últimos estudios efectuados en EEUU y las variables proyectadas para la futura industria del etanol de maíz en Argentina.

Supuestos de cálculo para el estudio del USDA (Shapouri, Duffield y Wang) de 2002 vs. supuestos del negocio en Argentina a 2007.

<u>PRODUCCION AGROPECUARIA</u>		<u>DATOS EEUU</u>	<u>ESTIMACION ARG</u>
Rendimiento maíz		7,85 TN/ha	6,3 TN/ha
<u>Fertilizantes empleados</u>			
	Nitrógeno	146 Kg/ha	145 Kg/ha
	Potasio	67 Kg/ha	120 Kg/ha
	Fosfato	54 Kg/ha	25 Kg/ha
	Cal	17 Kg/ha	19 Kg/ha
Herbicidas		0,88 lt/ha	0,17 lt/ha
Insecticidas		1,45 lt/ha	0,65 lt/ha
<u>Energía</u>			
	Diesel	80 lt/ha	33 lt/ha
	Nafta	29 lt/ha	14 lt/ha
	GLP	59 lt/ha	5 lt/ha
	Electricidad	191 Kwh/ha	40 Kwh/ha
	GN	14 m3/ha	60 m3/ha
<u>PRODUCCION DE AGROQUIMICOS</u>			
Nitrógeno			
	GN	1 m3/Kg	0,9 m3/Kg
Acido Fosfórico			
	GN	0,03 m3/Kg	0,04 m3/Kg
Potasio			
	GN	0,033 m3/Kg	0,03 m3/Kg
Herbicidas			
	Diesel	4,46 lt/Kg	4,87 lt/Kg
	GN	1,54 m3/Kg	3,9 m3/Kg
Insecticidas			
	Diesel	4,59 lt/Kg	5,01 lt/Kg
	GN	1,58 m3/Kg	4,3 m3/Kg
<u>TRANSPORTE DE MAIZ</u>			
Distancia media de los centros de acopio a la planta (transporte del campo al acopio incluido arriba)		65 Km	50 km
<u>CONVERSION MAIZ-ETANOL</u>			
Molienda seca			
	GN	0,26 m3/lt	0,27 m3/lt
	Electricidad	0,29 Kwh/lt	0,31 Kwh/lt
	Eficiencia de la conversion	430 lt/TN	410 lt/TN
<u>GENERACION ELECTRICA DEL PAIS</u>			
Energía eléctrica generada a partir de combustibles fósiles			
	Carbón	50 %	1,5 %
	Gas	10 %	50 %
	Petróleo	2 %	5,5 %
	Total	62 %	57 %
<u>DISTRIBUCION DE ETANOL</u>			
Distancia media de la planta a las distribuidoras de combustible		780 Km	850 Km
Distancia media de las distribuidoras a las estaciones de servicio		200 Km	250 Km

Tabla 2.14

Comparando los datos para ambos escenarios, se observa un rango aceptable en las diferencias de los supuestos tomados para el análisis. El rendimiento promedio de maíz por hectárea supuesto en los EEUU es un 20% mayor al promedio de la Argentina, lo cual explica un consumo levemente mayor de fertilizantes en nuestro país, si bien el consumo de herbicidas e insecticidas es bastante menor. A priori, esta diferencia en rendimientos agrícolas podría favorecer la eficiencia energética de etanol americano contra el argentino. Esto suena lógico si se tiene en cuenta que a mayor necesidad de

hectáreas para lograr el mismo volumen de etanol, se requiere mayor demanda por energía y agroquímicos. Sin embargo, esto no necesariamente es así pues el sector maicero argentino requiere un menor consumo de energía por hectárea (para las tareas de labranza, mantenimiento del campo y cosecha) lo cual compensa la diferencia en rendimientos. Otro factor de importancia es el proceso industrial, tanto en su eficiencia en la conversión como en el uso de energía fósil para el proceso. Estos valores se encuentran relacionados, ya que una menor eficiencia en la conversión supone una mayor necesidad de energía (y de MP) para lograr el mismo volumen de etanol. Sin embargo podemos ver que no existe una gran diferencia en los valores estimados, siendo la eficiencia en los EEUU aproximadamente 5% mayor a la supuesta para las industrias locales (430 contra 410 lts por TN). Esto podría deberse al hecho de que se trata de una industria altamente estandarizada a nivel mundial, y que copian muchos de sus parámetros de diseño del modelo norteamericano el cual posee varias décadas de perfeccionamiento. Igualmente se debe tener en cuenta que este es un parámetro altamente dependiente de la curva de maduración de la industria, lo cual lleva a pensar que el valor de 410 lt/TN estimado para Argentina será alcanzado algunos años después de que la planta en cuestión sea puesta en marcha; mientras que al momento del inicio de operaciones se estima un valor aproximado de 380/390 lt/TN.

La conclusión obtenida es que los últimos estudios disponibles para los EEUU (2002) son asimilables a los posibles escenarios de producción de etanol en base a maíz que se analizan para Argentina hacia 2007. Por lo tanto, si los supuestos tenidos en cuenta para dichos estudios se cumplen a la hora de construir las plantas en Argentina, la industria del etanol local tendrá altas probabilidades de poseer un balance energético positivo ($IN/OUT < 1$). En conclusión: la verdadera amenaza no es fomentar el desarrollo de una industria energéticamente ineficiente, como sostienen muchos, sino que el verdadero peligro latente reside en que por razones diversas (de costos, tecnología, infraestructura o política) los parámetros que rigen la eficiencia energética se aparten radicalmente de los valores necesarios para que el balance siga siendo positivo.

Traduciendo esto a un ejemplo, supongamos que se dieran las siguientes situaciones:

- Por un lado, si el sector maicero argentino adquiere las características del estadounidense (producción intensiva en superficies menores, con alta tecnificación y consumo elevado de agroquímicos) aumentaría la demanda energética para la producción de maíz.
- Si por otro lado la diferencia cambiaria fomentara una baja inversión tecnológica en los procesos de transformación físico-química, esto reduciría la eficiencia de la conversión aumentando la demanda de maíz.

El resultado de la combinación de estas situaciones podría generar un escenario que atente contra la eficiencia energética positiva de la producción de etanol, bajo circunstancias cuya ocurrencia no es imposible.

Volviendo nuevamente a los resultados de los estudios internacionales, la tendencia observada muestra que mientras más reciente sea el estudio, más favorable son los resultados obtenidos, tanto en cuanto a eficiencia energética como en cuanto a reducción de GHG. Si esto es así, ¿porque muchos autores sostienen lo contrario? La confusión puede atribuirse al hecho de que gran parte de la energía química contenida en el etanol es energía que se encuentra contenida en los cultivos, es decir se trata de energía solar (libre de todo costo y esfuerzo) que fue capturada por las plantas en su proceso de crecimiento a través del proceso de fotosíntesis. De hecho, si se tuviera en cuenta dicha energía como un consumo en el cálculo del balance energético, entonces es cierto que se requieren entre 1,5 y 2 unidades de energía a inyectar para producir una unidad de energía en forma de etanol... pero ya que la energía solar es gratuita, renovable y ambientalmente óptima, no es correcto considerarla dentro de los cálculos.

Los resultados positivos de los trabajos presentados pueden atribuirse a las mejoras recientes en los rendimientos de los cultivos energéticos y en los rendimientos de los procesos productivos en planta. Otro factor que favorece sobre todo a la eficiencia energética es el uso crecimiento de bioenergía en las plantas de etanol. Se denomina bioenergía tanto a la energía eléctrica generada por centrales que queman bagazo u otros restos de cultivos, como así también al calor obtenido por la quema directa de estos restos orgánicos. Sin embargo, esta práctica no es una característica común en las plantas de etanol de granos a gran escala, sino que es utilizada mayoritariamente en la industria del etanol de caña de azúcar o en algunas plantas que producen etanol de cereales en pequeña escala.

Estos hechos ponen de manifiesto una singular oportunidad de mejora para la futura industria del etanol argentino, ya que el criterio de la eficiencia energética sin dudas tenderá a favorecer a las industrias de etanol de caña, que por otro lado son aquellas que presentan el menor potencial de desarrollo bajo las condiciones económicas y ambientales que imperan en el país. Esta paradoja obligará a todos aquellos que fomentan el desarrollo de la industria de etanol de maíz a planificar dentro de sus proyectos opciones tecnológicas y de abastecimiento energético que contemplen el uso de bioenergía, junto con el desarrollo de mejoras en la producción de maíz y en la elaboración de etanol que permitan lograr la máxima eficiencia energética posible en estos dos subprocesos claves para el balance del ciclo total. Si estas condiciones no se dan, es posible que los productores sea vean perjudicados tanto por las probables situaciones de desabastecimiento energético que se puedan dar en escenarios futuros (similares o más agudas que las actuales), como así también por quedar excluidos de las

políticas de fomento que busquen inclinar la balanza a favor de los más eficientes (como se señaló al analizar la cuestión del balance de GHG).

Para concluir con esta sección, se hará un breve comentario acerca de la eficiencia energética del etanol de caña de azúcar, otra potencial opción productiva para la industria del etanol en Argentina. El hecho de que el análisis no sea tan exhaustivo como en el caso anterior se basa en que la eficiencia energética del etanol de caña es mucho mayor que la del maíz, tanto en términos relativos (un feedstock vs. el otro) como en valores absolutos. Por lo tanto, y tal como se demostrará a continuación, la posibilidad de llegar a tener valor negativos de eficiencia energética en este tipo de industria es prácticamente nula, aún en Argentina.

Tal como sucede con el maíz, no existen estudios certeros acerca de la probable eficiencia energética del etanol de caña en la Argentina. A diferencia de lo que sucedía con el maíz, no es porque no se produzca etanol sino porque la industria se encuentra en una etapa de transformaciones tecnológicas (migrando parcialmente desde la producción de azúcar como producto principal a la producción de etanol como producto neto) que aún no se sabe hasta donde llegará, y también porque se han logrado considerables mejoras en los rendimientos en los últimos años, que vuelven obsoletos los estudios hechos hace 10 años o más. Debido a esto, tomaremos como referencia los estudios hechos en Brasil, donde continuamente se monitorea la industria del etanol, y posteriormente se analizarán si las hipótesis empleadas son compatibles con los potenciales escenarios de producción para la Argentina.

Las plantas de etanol de caña en Brasil hacen excelente uso de la biomasa y de la energía, y es por ellos que la demanda por energía fósil es muy inferior a la que poseen las plantas de etanol de granos. A continuación se muestran los resultados de un estudio realizado por Macedo et. al. (2003) que detalla la energía consumida en cada uno de los procesos del ciclo, y la compara con la energía contenida en los productos finales (etanol y bagazo) para obtener el balance energético neto.

	Energy requirement (MJ / tonne of processed cane)	
	Average	Best values
Sugar cane production	202	192
Agricultural operations	38	38
Cane transportation	43	36
Fertilisers	66	63
Lime, herbicides, etc.	19	19
Seeds	6	6
Equipment	29	29
Ethanol production	49	40
Electricity	0	0
Chemicals and Lubricants	6	6
Buildings	12	9
Equipment	31	24
Total energy input	251	232
Energy output	2 089	2 367
Ethanol	1 921	2 051
Bagasse surplus	169	316
Net energy balance (out/in)	8.3	10.2

Tabla 2.15

Fuente: Macedo (2003).

El balance tiene en cuenta la energía usada durante la producción de la caña (incluida la producción de agroquímicos), el transporte del feedstock, la conversión del etanol, la distribución de los subproductos, e incluso la energía necesaria para la construcción de la planta y el equipamiento. Los resultados obtenidos para el balance energético neto OUT/IN oscilan en valores entre 8 y 10, ya que se plantean para la situación productiva promedio y para la mejor situación posible. Esto significa que por cada unidad de etanol producida, sólo se requieren entre 0,1 y 0,13 unidades de energía fósil, mucho mejor que las 0,6 a 0,8 que insume la producción del etanol de maíz o trigo.

Las principales razones que justifican estos resultados son las siguientes:

- ✓ Los rayos solares son muy intensos en las regiones tropicales donde se cultiva la caña, y a su vez la productividad de los suelos también es alta, lo cual permite obtener elevados rendimientos en la producción cañera con relativamente poca necesidad de fertilización.
- ✓ Prácticamente todas las plantas utilizan el bagazo de la caña de azúcar como fuente de energía, tanto como combustible en forma directa como también en la generación eléctrica. Esto permite satisfacer los requerimientos eléctricos de las plantas casi por completo, y de hecho muchas de ellas generan un exceso de electricidad que se inyecta al resto del parque de generación. En ciertos casos, dicha energía exportada es incluso mayor a la energía fósil que insume el proceso, con lo cual los requerimientos energéticos sería negativos (no se consume energía).

En cuanto a los supuestos del estudio en cuestión, se utilizaron rendimientos que oscilaron entre los 70 y 85 litros por hectárea (promedio y mejor valor, respectivamente para el año 2003) para Brasil, mientras que en la Argentina aproximadamente el 65% de la superficie cultivada rinde 63 litros y el 35% restante entre 85 y 90 litros, dando un promedio ponderado de 72 litros por hectárea (valores a fines de 2005). Estos rangos de valores podrían considerarse comparables y por lo tanto darían la validez que el estudio de Macedo requiere para ser extrapolable al contexto nacional. Por otro lado, la mayor diferencia la encontramos en los rendimientos de alcohol por tonelada de caña procesada, ya que como se mencionara oportunamente la industria Brasileira se encuentra fuertemente orientada hacia la producción de alcohol como producto principal y realizando constantes investigaciones en la mejora de los procesos productivos. Esto se traduce en los números: mientras Argentina recién comenzó a trasladarse a la nueva tecnología de 85lt/TN a fines de 2006, a través del Ingenio La Florida que representa menos del 10% de la producción local de caña, la mayor parte del resto de los ingenios mantuvo su producción dirigida al azúcar con lo cual sólo se obtienen 11 litros de etanol por tonelada; en cambio en Brasil ya se lograban en 2003 rendimientos del orden de 90 litros de alcohol por tonelada de caña. Y es aquí donde entran a jugar las conjeturas posibles acerca de cuantos ingenios cambiarán sus procesos para orientarlos netamente al etanol, y cuantos seguirán produciendo como hasta ahora. El hecho es que mientras mas toneladas de caña se procesen con el nuevo sistema, más aplicabilidad tendrán los resultados de los estudios de Brasil en la futura industria Argentina.

Lamentablemente, el estudio en cuestión no cuenta con un análisis de sensibilidad que permita ver en cuanto se modificarían los resultados al introducir valores de rendimiento menores a los supuestos. Sin embargo, es posible adaptar los cálculos de Brasil a la Argentina con el siguiente razonamiento:

- 1) Si el rendimiento promedio para Argentina en 2006 (16 litros/TN) es 5,6 veces menor al de Brasil (90 litros/TN) esto significa que se requiere 5,6 veces más caña de azúcar para obtener el mismo volumen de alcohol.
- 2) Por lo tanto, si asumimos una relación lineal entre el volumen de caña a producir y la energía necesaria para su cultivo y transporte, se requerirá 5,6 veces más energía -por parte del proceso de obtención del feedstock- en Argentina que en Brasil.
- 3) Esto lleva la conclusión de que una primer forma de aproximar los resultados del modelo de Macedo a la Argentina sería multiplicar los requerimientos energéticos de la producción cañera por un factor estimado en 5,6.

Efectuando los cálculos correspondientes, se obtiene un resultado corregido para el balance energético neto (OUT/IN) de 1,77 para la situación promedio y 2,12 para la situación más favorable. Estos valores siguen siendo mayores a su equivalente para el último estudio de etanol de maíz, que arroja 1,26 OUT/IN (o 0,79 si se calcula como IN/OUT). Si bien esto dejaría a la actual industria del etanol de caña en Argentina bien

parada en términos absolutos y también al compararla con su equivalente en base a maíz, al compararla con su equivalente de Brasil las diferencias son amplias. La conclusión es que si bien esta industria se puede catalogar como energéticamente eficiente, existe aún un mucho trabajo por hacer por parte de quienes fomenten el etanol de caña en la Argentina. Los resultados indican que deberían dirigirse los esfuerzos en forma prioritaria a promover el desarrollo de emprendimientos que utilicen (o incorporen) las nuevas tecnologías que permiten aprovechar mejor la caña cultivada y, por ende, los recursos energéticos destinados a ese sector del agro. En pocas palabras, debemos diseñar la industria del etanol de caña en Argentina de forma tal que se asemeje lo más posible a la de Brasil, al menos en términos de la eficiencia de sus procesos.

LOS PROBLEMAS LEGALES Y LAS TRABAS AL COMERCIO INTERNACIONAL DEL ETANOL: SU IMPACTO EN ARGENTINA.

Existen una serie de razones para sospechar que el mercado mundial del etanol carburante no es un mercado quimérico sino que está destinado a prevalecer y desarrollarse. Informes elaborados por la ONU y por consultores privados independientes aseguran que el precio del petróleo no volverá a caer hasta niveles de 30 USD/barril como sucedió en 2003. Entre los argumentos que sostienen dicha afirmación, se encuentran: el creciente y rápido desarrollo de los países Asiáticos, la capacidad mundial de refinación cercana a su máximo y con ello un aumento de los márgenes de refinación, el riesgo creciente de catástrofes climáticas, y finalmente y no menos importante las tensiones geopolíticas que son una constante en muchas de las naciones productoras. Si bien individualmente estas fuerzas no generan cambios drásticos en los mercados, actuando en conjunto se potencian de forma tal de producir aumentos significativos de precios, los cuales a su vez también han sido alimentados por posiciones especulativas de parte de los sectores productivos. Y con altos precios del petróleo los fenómenos de sustitución comienzan a hacerse cada vez más fuertes, con alternativas como el reemplazo de los combustibles fósiles por electricidad y, más recientemente, por biocombustibles como el etanol. Brasil ha demostrado que la producción de etanol carburante es competitiva con las naftas aún para precios del crudo tan bajos como 35 USD/barril. Si bien los últimos cambios en el mercado han llevado a una baja de 80 a 60 USD, las acciones de la OPEC tendientes a reducir la oferta ponen de manifiesto una clara intención para evitar que los precios caigan demasiado. Finalmente, la creciente preocupación por el deterioro ambiental ha llevado a muchos países desarrollados a tomar conciencia de cuán destructiva puede llegar a ser para el planeta la adicción al petróleo.

Todos estos puntos han generado un crecimiento sostenido del mercado mundial del etanol, augurando un fuerte potencial para los años venideros. Sin embargo, se trata de un mercado aún en desarrollo y pobremente estructurado a nivel global. Existen importantes barreras que frenan el crecimiento del comercio internacional del etanol, y vacíos legales que no dan el suficiente empuje como para que naciones recientemente ingresadas en la industria, como Argentina, aprovechen todo el potencial que tienen para transformar -en forma equitativa y sustentable- sus ventajas comparativas en ventajas competitivas. En esta sección se buscará determinar cuales son estas trabas comerciales y legales, y de que manera afectan el potencial de Argentina como nación productora y demandante de etanol.

Barreras a la importación en países desarrollados: un freno al crecimiento de la industria global del etanol.

Como se mencionara en la etapa introductoria, las principales regiones del mundo donde el etanol es fuertemente demandado como combustible se encuentran dentro de los llamados países desarrollados, muchos de los cuales son importantes productores de etanol (caso de EEUU). Sin embargo, muchas otras naciones de esta categoría poseen condicionantes tanto naturales como económicos que limitan su eficiencia para la generar etanol en las cantidades y costos que se requieren para poder satisfacer su voraz demanda. Esto ha llevado a las empresas del sector a implementar dos tipos básicos de soluciones:

- 1) Importar el etanol de firmas radicadas en otros países.
- 2) Destinar parte de sus inversiones a radicar plantas productivas en aquellas regiones donde los costos operativos son menores y los feedstocks más abundantes y económicos

Por otra lado, para evitar que el grueso del etanol demandado provenga de la importación, atentando con ello contra su industria local, los gobiernos han establecidos barreras comerciales al etanol proveniente de los países en desarrollo.

La forma más simple y directa de reducir la competitividad del etanol foráneo son los impuestos o tasas que se aplican por cada litro de etanol que ingrese al país.

Se adjunta a continuación una lista de los aranceles impuestos por lo principales países importadores:

<i>País importador</i>	<i>Impuesto aplicado</i>	<i>Porcentaje sobre el precio</i>
Australia	5 %	5 %
Brasil	20 %	20 %
Canadá	0,0492 USD/litro	5,5 %
UE	0,0192 €/litro	34 %
Japón	20,4 %	20,4 %
EEUU	2,5 % + 0,54 USD/galón	2,5% + 20 %
Fuente: UNCTAD 2006		

Tabla 2.16

Puede observarse como los principales países importadores, entre los cuales se encuentran Japón, EEUU, Canadá, y los miembros de la UE, aplican importantes tarifas para la protección de su industria local frente a los menores costos del resto del mundo. Una acción similar efectúa Brasil, que si bien es un país con fuerte exportación de etanol también debe abastecer una importante demanda interna que debe ser alimentada con una producción altamente estacional (como es el caso de la caña de azúcar). Cabe señalar que Japón, un país netamente importador tanto de bioenergía como de alimentos, tiene intenciones de reducir sus aranceles al 10% para 2010.

En muchos casos, estos aranceles no sólo perjudican la exportación de bioetanol por parte de los países pobres, sino que producen un efecto inverso sobre las materias primas de la industria. Esto se debe a que alientan fuertemente la exportación de feedstocks sin procesar, como melazas y granos, lo cual traslada las operaciones de agregado de valor -y por ende las riquezas y el trabajo que estas generan- hacia los países importadores.

Paralelamente, existen barreras no arancelarias que también dificultan el comercio internacional del etanol. Las importaciones a los EEUU se ven limitadas no sólo por el arancel de 54 centavos de dólar por galón (14,3 centavos de dólar por litro) + el 2,5% *ad valorem*, sino también por los elevados estándares de calidad que el país del norte exige los cuales imponen fuertes restricciones para el contenido de hidrocarburos en el etanol. No obstante, muchos de los tanques usados para embarcar el etanol son los mismos que se utilizan para transportar otros productos que sí son derivados del petróleo, con lo cual se debe utilizar un proceso muy complejo y costoso para eliminar las trazas de los mismos. Y si se tiene en cuenta que gran parte del etanol importado se emplea para la elaboración del ETBE, para lo cual se lo debe mezclar necesariamente con isobutileno u otros productos petroquímicos, la existencia de este tipo de estándares sería técnicamente cuestionable desde este punto de vista.

Por otro lado, los países desarrollados tienden a dar fuertes incentivos a sus productores locales de biocombustibles, en forma de exenciones impositivas y subsidios a la producción, tal como sucede en el sector agrícola. Se mencionan a continuación algunos ejemplos:

- En la UE, los países miembros ofrecen la posibilidad de obtener la exención a todos los impuestos nacionales a los combustibles. El porcentaje de exención varía entre 0% (Dinamarca) al 100% (Alemania y Suecia). En Francia, cualquier mezcla de nafta con etanol está exceptuada del “Impuesto General a las Actividades Contaminantes” que sufren casi todas las industrias, y además se beneficia de una reducción en el “Impuesto Interno a los Productos Petroleros” de hasta el 50%.
- Aquellos productores que dediquen su tierra a la producción de cultivos energéticos en la UE, reciben un subsidio de €45 por hectárea. Adicionalmente, existe otro subsidio único por emprendimiento (denominado SAP o *Single Area Payment*) que los productores reciben por dedicar más del 10% de sus tierras a cultivos no alimentarios.
- En los EEUU, los productores de etanol reciben un crédito impositivo de 1,42 centavos de dólar por cada galón de etanol que se destina al transporte, el cual puede deducirse del impuesto original a los combustibles líquidos de 0,184 dólares por galón al cual están sujetos. A su vez, existe fuertes subsidios en el sector agrícola que tienden a transformarse en subsidios energéticos a través de

la cadena del etanol; por ejemplo si tomamos el período 1995-2003 el sector maicero de los EEUU recibió casi 38 millones de dólares en subsidios.

Aún así, estas medidas no son suficientes para que dichas naciones puedan alcanzar sus metas ambientales y de uso de biocombustibles utilizando sólo su producción interna (fundamentalmente en Europa). Y es por ello que deben acudir a la importación, que si bien existe y es importante, podría desarrollarse aún más si el mercado funcionara en forma libre y sin distorsiones.

Un informe elaborado para la Conferencia sobre Comercio y Desarrollo de la ONU en Noviembre de 2006 concluye que tanto los subsidios a la producción como los aranceles a la importación de bioetanol impuestos por los países desarrollados están distorsionando fuertemente el mercado global y los precios internacionales del etanol, manteniendo estos últimos artificialmente bajos, tal como sucede con los productos agrícolas. Estas medidas comerciales son contraproducentes pues no sólo socavan la competitividad de los países en desarrollo, sino que dañan el potencial del etanol como generador de desarrollo económico y agente para combatir la pobreza.

A su vez, dichos subsidios tienden a proteger una industria que en muchos casos es relativamente poco eficiente, tanto términos energéticos como económicos: tal es el caso de la industria del etanol en base a granos en Europa. Esto refleja un inconveniente adicional que se comparte con muchas otras industrias poco desarrolladas: la falta de criterios de sustentabilidad para sus productos y servicios. Se denomina criterios de sustentabilidad a una serie de condiciones que deben cumplir los productos y sus ciclos de elaboración y comercialización, referentes a su impacto en el ambiente, en la sociedad y en el uso de recursos. Aquellos que cumplan con las condiciones fijadas tendrán acceso preferencial a determinados mercados y obtendrán mejores precios y condiciones de negociación que aquellos que no cumplan.

En relación con la sustentabilidad, se puede afirmar que las mencionadas trabas al desarrollo del comercio bajan el retorno global de las inversiones, y con un menor retorno se tiene una menor inversión total y un retraso en el crecimiento de la industria a nivel mundial, lo cual no hace otra cosa que retrasar las metas ambientales, de seguridad energética y de desarrollo social que se pretenden alcanzar.

Finalmente, existe un problema adicional que es la falta de una clasificación clara para los biocombustibles dentro del sistema multilateral de comercio internacional o del sistema internacional de codificación de commodities (HS). Al presente, no existe un acuerdo acerca de si los mismos son bienes industriales o bienes agropecuarios. Mientras el biodiesel ha sido clasificado como un bien industrial por el HS, el etanol es considerado un bien agropecuario y se comercializa bajo el rubro “Alcoholes”, el cual tiene sus propias reglas de comercio dictadas por la OMC las cuales se aplican

indistintamente para los alcoholes carburantes como para los no carburantes. Durante la Ronda de Doha se intentó acordar un criterio que permita categorizar a estos y otros productos como “bienes y servicios ambientales” para que los mismos gocen de ciertos beneficios comerciales. Sin embargo, a pesar de las prolongadas negociaciones que se han efectuado al respecto, no existe aún consenso acerca de cual debería ser dicho criterio. El estado al día de hoy es que no existe un foro común y único para regular el comercio internacional del etanol carburante. Y si bien en los últimos meses se han firmado acuerdos que buscan la creación de dicho foro, los protagonistas de tales relaciones han sido primordialmente Brasil, EEUU, la UE, China, India y Sudáfrica, quedando fuera por cuestiones políticas otras naciones con prominente futuro como Argentina. Esto sin dudas deja a Argentina mal parada de cara al comercio mundial del etanol, ya que si no logra participar como miembro activo de las negociaciones en torno a las reglas del futuro mercado global, tendrá luego que someterse a disposiciones que puedan serle comercialmente adversas. Por otro lado, el foro contribuirá al desarrollar un fuerte intercambio tecnológico entre los países miembros, lo cual los ayudará a mejorar sus costos y eficiencias con respecto al resto de las naciones productoras.

Algo similar ocurre con las materias primas utilizadas para la elaboración del etanol: las mismas son *commodities* agrícolas que pueden ser utilizados para muchos otros fines, por lo tanto se hace difícil rastrear cuales son empleados para producir bioenergía y cuales no, dificultando la asignación de beneficios que estimulen el comercio de las primeras frente al resto. En relación a este tema y a los mencionados criterios de sustentabilidad, se espera que en los próximos años se dicten normas tendientes a exigir ciertos requerimientos de sustentabilidad (ambientales, económicos y sociales) que deberán cumplir los biocombustibles que desee ingresar a ciertos bloques económicos (por ahora se habla de la UE). Si bien en principio esta es una medida que tiende a volver a la industria más eficiente respecto al uso de recursos (energía y materiales) y potenciar sus beneficios sociales y ambientales, existe temor de que se convierta en otra norma no arancelaria para restringir el acceso del etanol importado a dichos mercados.

La no discriminación de productos similares: cuando las reglas del comercio rozan la ilegalidad.

En relación con la cuestión de los bienes y servicios ambientales y a sus criterios de sustentabilidad, existe cierta controversia acerca de si este tipo de distinciones entre productos que son físicamente similares está dentro de las leyes del comercio internacional, o si se trata de acciones que sin bien suenan justas, podrían ser ilegales. Existe un principio de validez internacional que fue incorporado al Artículo III del GATT, el cual llama a la no-discriminación entre bienes importados y nacionales. Esto significa que el país importador no está autorizado para aplicar a los productos extranjeros medidas más onerosas que las aplicadas a los productos “similares” de su

industria local. En el contexto de este artículo, la determinación de cuáles bienes son considerados “similares” es un asunto crucial y que ha generado extensos debates, dado que dicha norma sólo es aplicable en el caso de que dos productos cumplan esa condición. En la búsqueda de una definición precisa para este término, la principal controversia gira en torno a si el análisis debe considerar sólo las características físicas de los productos o debería también tener en cuenta los procesos y métodos de producción bajo los cuales fue elaborado. Si no fuera así, el tema de los criterios de sustentabilidad para el bioetanol carburante sería un concepto legalmente inaplicable ya que dichos criterios examinan, precisamente, los materiales y procesos a partir de los cuales se produce el combustible en cuestión.

Por otro lado, la cuestión acerca de los productos “similares” también adquiere relevancia al analizar los impuestos y aranceles que recaen sobre el bioetanol y otros biocombustibles. Dicha relevancia incluye cuestionamientos de dos tipos: 1) ¿Son legales los aranceles que los gobiernos de países industrializados aplican al etanol importando, teniendo este las mismas características físicas que el producto local?; y 2) ¿Son legales los beneficios impositivos de los que goza el etanol frente a otros carburantes de origen fósil que poseen sus mismas características? Después de todo, de acuerdo con el artículo III.2 del GATT, las normas comerciales y otras medidas impositivas no deberían discriminar entre dos productos que compiten entre si en un mismo mercado.

No hay dudas que mientras el primero de los cuestionamientos busca destrabar el comercio internacional del etanol y liberalizarlo, el segundo tiende a proteger a sus competidores naturales, los combustibles fósiles. Afortunadamente, existen ciertas excepciones a la regla que pueden aplicarse para evitar que se cuestione la legalidad de los beneficios otorgados al etanol y otros biocombustibles. Las mismas se encuentran detalladas en el artículo XX del GATT, incisos b) y g), y hacen referencia a casos específicos en los que se busque el bien común y la salud de las personas, los animales y las plantas, o la protección ambiental. Estas razones son las usualmente utilizadas para justificar porqué los biocombustibles gozan de diferentes regímenes impositivos respecto a sus pares, los combustibles fósiles “similares”. Sin embargo, un informe reciente de la Conferencia de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Comercio (UNCTAD) advierte que estos argumentos podrían no ser válidos para todas las condiciones productivas bajo las cuales se elabora el etanol, en particular en lo referente al balance energético neto y al balance en las emisiones de carbono a ciclo completo. Concretamente, cita como ejemplo el caso de la producción de etanol de maíz utilizando carbón como combustible, cuya contribución a la reducción de las emisiones es fuertemente cuestionable.

El punto de esta observación es el siguiente: si bien el marco bajo el cual se fomenta el uso del bioetanol como combustible busca alcanzar metas que son beneficiosas para

toda la humanidad, el empleo de prácticas de discriminación impositiva como instrumento para alcanzar dichas metas podría no ser siempre una forma de acción legalmente consistente con las reglas de la OMC. Y quienes diseñen las políticas que regularán la producción y el comercio del etanol en Argentina deberán estar al tanto de esto, para evitar caer en situaciones que sean ambiental y legalmente cuestionables, como sucedió en los EEUU con la citada planta de etanol de maíz que utilizaba carbón como combustible, cuyas exenciones impositivas fueron cuestionadas por su escaso aporte al bien común.

Deficiencias del margo legal en Argentina.

La versión actual de la Ley 23.096 y su Decreto Reglamentario, el 109/2007 (se adjuntan ambos en el Anexo V) muestran una serie de falencias que deberían ser corregidas, en orden de asegurar la transparencia y seguridad jurídica necesaria para efectivizar las inversiones necesarias en plantas de etanol. Se puntualizan a continuación las principales deficiencias observadas:

- Indeterminación en cuanto a la demanda y los precios del mercado local:

Tanto en el artículo 8 de la Ley como en el artículo 10 de su Decreto reglamentario, se le concede a la Autoridad de Aplicación (Secretaría de Energía) la facultad para modificar los porcentajes obligatorios de corte de etanol con naftas, de acuerdo con las situaciones de mercado y condiciones de escasez. Asimismo, el artículo 12 del Decreto faculta a la Autoridad de Aplicación para fijar los precios bajo los cuales será comercializado el etanol localmente, utilizando para ello como único criterio la “obtención de ingresos suficientes por parte de los productores, para poder hacer frente a los costos operativos, impuestos, amortizaciones, y lograr una rentabilidad razonable, de acuerdo con los riesgos de la actividad y la eficiencia en la prestación del servicio”. Finalmente, la ley en su artículo 14 establece que, buscando favorecer a las economías regionales, la Autoridad de Aplicación podrá fijar cuotas de distribución que restrinjan la oferta de aquellos proyectos que sumen más del 20% de la demanda interna de bioetanol.

Este conjunto de disposiciones, que en principio estarían orientadas a favorecer las economías regionales, controlar los precios y asegurar el abastecimiento interno, en la práctica sólo contribuyen a desalentar la inversión y poner en riesgo las metas a lograr. Esto se debe a que las mismas restringen fuertemente el libre y natural funcionamiento del mercado, dejando el control absoluto sobre los precios y las cantidades comercializadas por cada empresa en manos del Estado, y basando dicho control en criterios que no están claramente especificados.

- Limitaciones al acceso de los beneficios promocionales:

Si bien la ley otorga varios beneficios impositivos a las industrias de etanol y otros biocombustibles, el acceso a los mismos está limitando por varias disposiciones. En primer lugar, para poder acceder a dichos beneficios la empresa debe pertenecer mayoritariamente al Estado o a productores agropecuarios, según lo establecen el artículo 13 de la Ley y el artículo 18 del Decreto. El punto conflictivo de esta disposición es que si bien el Decreto aclara que dichas firmas deberán tener “la capacidad técnica y económico-financiera que determine la Autoridad de Aplicación”, no especifica en que consiste dicha capacidad. Y este es precisamente el problema: para que efectivamente sean dichas empresas quienes comanden el sector, se debe crear un marco económico y un clima de atracción de inversiones muy especial, que permita que este tipo de firmas –pertenecientes al Estado o a PyMES agropecuarias, que en Argentina suelen ser por naturaleza financieramente débiles y operativamente poco eficientes- se desarrollen, y sobre todo, que puedan acceder al capital y al know-how necesario como para adquirir y manejar las tecnologías que el sector requiere para ser eficiente y ecológico (las dos condiciones necesarias para sobrevivir y prosperar en esta industria). Por ende, el riesgo es que en un país con alta inestabilidad política y baja seguridad jurídica como Argentina, sea muy difícil crear ese “clima especial” que se requiere para que dichos actores inviertan y la industria del etanol se desarrolle exactamente como se busca en la ley. Muchos expertos internacionales reconocen que la probabilidad de alcanzar esa situación ideal planteada en la ley es peligrosamente baja, al punto de señalar que existe la posibilidad de que no se alcancen las suficientes inversiones como para poder cumplir con el requisito del 5% de mezcla exigido para 2010 (Lamers, 2006). Por otro lado, se está excluyendo de los beneficios a las medianas y grandes empresas químicas, petroquímicas y agroindustriales que cuentan con el potencial tecnológico y financiero como para entrar en forma rápida, segura y eficiente en el negocio, generando rápidamente los empleos que se necesitan y alcanzando las metas ambientales propuestas.

En segundo lugar, la Ley claramente establece en su artículo 14 (reglamentado en el artículo 3 del Decreto) que existirá un cupo fiscal (o sea un monto máximo) para el otorgamiento de los beneficios promocionales, el cual será fijado por el Ministerio de Economía y Producción al momento de confeccionar el Presupuesto Nacional, y distribuido entre los distintos proyectos por el Poder Ejecutivo. Para poder efectuar dicha distribución se confeccionará un ranking para los proyectos que aspiren a obtener estos beneficios, el cual estará basado en las condiciones mencionadas en el párrafo anterior: ser preferente una PyME, y en manos del Estado o de productores agropecuarios. La falencia de este punto de la norma es que se condiciona los beneficios a obtener, no a la cantidad de proyectos ni al total de dinero invertido en

el sector, sino a una decisión de política presupuestaria del Gobierno de turno, quitándole seguridad y credibilidad a los beneficios promocionales que tanto se enuncian.

- Limitaciones técnicas y económicas de los beneficios:

Además de limitarse el acceso a los beneficios promocionales, también se limita la forma en que los mismos pueden efectivamente mejorar las finanzas de los proyectos. Por ejemplo: si bien el artículo 15 de la Ley habla sobre la posibilidad de obtener una devolución anticipada del IVA en los bienes de capital y de poder practicar la amortización acelerada de los mismos a la hora de calcular el impuesto a las ganancias, el Decreto claramente enuncia en su artículo 20 que se deberá optar por optar por 1 sólo de estos beneficios, “no pudiendo acceder a los DOS (2) un mismo proyecto”. Aquí se observa como una redacción poco precisa de la ley ha posibilitado la salida de un Decreto mucho más restrictivo de lo que se pretendía en la norma primaria, un defecto muy común en la normativa Argentina.

Por otro lado, el mismo artículo enumera las formas posibles para efectuar la amortización acelerada del impuesto a las ganancias, las cuales tienen un alcance temporal máximo de tres años a partir de la fecha de aprobación del proyecto. Esto significa que todas las inversiones en bienes de capital que se efectúen en fechas posteriores no serán alcanzadas por este beneficio, algo a remarcar si se tiene en cuenta que en frecuentes ocasiones estos proyectos requieren sucesivas ampliaciones importantes de capacidad a lo largo de su vida útil.

Una situación “cronológicamente contraria” pero igual de desfavorable se da con la devolución de IVA: dicho beneficio sólo podrá hacerse efectivo, como un crédito fiscal, luego de transcurridos como mínimo tres períodos fiscales a partir del momento en que se realizaron las inversiones que les dieron origen.

- Falta de incentivos a la exportación:

Tanto la Ley en su artículo 15 como el Decreto correspondiente en su artículo 11 enuncian que todos aquellos proyectos que resulten alcanzados por los beneficios promocionales, deberán destinar el total de su producción al mercado interno. Consistentemente con esto, obligan a todas las empresas dedicadas a la mezcla y distribución del etanol carburante a comprarle en forma prioritaria a los sujetos promovidos, hasta agotar su producción. Luego, el artículo 19 del Decreto aclara que si quedase algún excedente luego de satisfecha la demanda interna, el mismo podrá ser exportado previa autorización de la Autoridad de Aplicación, pero sin

gozar de los beneficios promocionales. Estas medidas no sólo desalientan a todos aquellos inversores que planean destinar su producción en forma parcial o total al mercado externo, sino que además dejan nuevamente un manto de incertidumbre al no aclarar específicamente cual será el mecanismo para determinar qué porcentaje de la producción de una empresa debe destinarse al mercado nacional y cual puede exportarse (en el caso de que la oferta local superara la demanda). Asimismo, tampoco aclara de que manera se le quitarán (o no) a la empresa que exporte los beneficios ya otorgados y que no sean directamente asignables al volumen exportado (como si lo es, por ej, el I.T.C.), o sea los créditos fiscales por devolución anticipada de IVA o la amortización acelerada en el I.G.

- Ausencia de una visión de la industria a largo plazo:

Es necesario que la Secretaría de Energía especifique cuál será su rol a largo plazo en el mercado local del etanol carburante, así como también cual será la participación del etanol en la matriz energética Argentina a mediano y largo plazo. Esta es una deficiencia de información que es fundamental precisar, pues **todos** aquellos que planean invertir en el etanol Argentino necesitan saber como será el terreno en el que se moverán y cuáles serán las reglas de juego en un horizonte temporal que vaya más allá de los escasos 3 a 15 años planteados en los artículos de la ley. Esto no es un capricho sino que surge de las características económicas, financieras y tecnológicas que posee este tipo de proyectos: requieren una fuerte inversión tanto en su etapa inicial como a lo largo de su ciclo de vida, con períodos de recupero que oscilan entre 5 y 8 años, y una vida útil de entre 15 y 20 años como mínimo. Por otro lado, la participación de los biocombustibles en la matriz energética Argentina a mediano y largo plazo debe ser un asunto de alta prioridad, no sólo para quienes deseen invertir en el sector, sino para asegurar el abastecimiento energético de la nación en dicho horizonte temporal, teniendo en cuenta que el país se convertirá en un importador neto de petróleo dentro de 10 años.

- Conflictos entre legislación nacional y provincial:

Existe además un problema diferente, que tiene que ver con el solapamiento entre la Ley de Biocombustibles y otras leyes nacionales y provinciales. El primer inconveniente de este tipo radica en que las actividades de exploración y explotación de hidrocarburos, tal como lo regula la Ley 17.319, se encuentran bajo el alcance del Estado Nacional; mientras que los biocombustibles, tal como lo establece la ley 26.093, se consideran una “Actividad Agroindustrial”, razón por la cual caen dentro de la órbita tanto del Estado Nacional como de los Estados Provinciales. Esto significa que las Provincias poseen la autoridad para decidir si adhieren a la ley tal y

como está, o la vuelven más severa, lo cual agrega aún más incertidumbre al ya poco claro marco legal nacional.

LA INDUSTRIA DEL BIOETANOL COMO FUENTE DE EMPLEOS Y DESARROLLO RURAL EN ARGENTINA.

La creación de una nueva industria en un país con serios problemas de desempleo y distribución de los ingresos como Argentina siempre se vislumbra como un suceso de alto potencial para combatir estos males, que ya se han vuelto crónicos en muchos países latinoamericanos. En el caso particular de la industria de los biocombustibles, los promotores de la Ley 26.093 han manifestado, dentro de los argumentos en favor de esta disposición, que el biodiesel y el bioetanol tienen, en conjunto, el potencial para crear hasta 25.000 empleos directos en la Argentina. Si bien dicho potencial existe, es necesario poner bajo la lupa las condiciones que deben darse para que la industria del bioetanol verdaderamente genere pleno empleo, tanto en cantidad como en la calidad de las relaciones laborales que se establezcan. Por otro lado, es un tema no menor analizar la forma en que se distribuirá la riqueza derivada de este nuevo y floreciente sector industrial. Estas dos cuestiones serán los temas centrales a tratar en los párrafos sucesivos, buscando arrojar claridad a las mismas a fin de disminuir la incertidumbre que los caracteriza. Si bien los dos temas poseen puntos en común y mutuas sinergias, se intentará, siempre que sea posible, abordarlos por separado buscando así un mejor ordenamiento de los datos presentados.

Comenzaremos entonces por analizar el potencial del bioetanol carburante como reductor del desempleo en Argentina. Si bien existen estimaciones acerca de cuál sería dicho potencial, las mismas no son del todo claras ya que, como sucede con otras cuestiones, se basan en modelos existentes en otros países (industrializados o no) y en las políticas y normas que se han implementado hasta el momento para diseñar la industria en Argentina, las cuales -como se mencionara en la sección precedente- además de ser insuficientes son poco claras y contradictorias. Sin embargo, hay ciertos aspectos del mercado del etanol que pueden extrapolarse de un país a otro sin grandes variaciones, ya que no dependen de la legislación laboral ni de las condiciones particulares de mano de obra de la región, sino más bien de las características intrínsecas de la industria. Entre ellas se pueden mencionar:

- El grueso de los empleos que se crean suelen generarse dentro de los sectores menos calificados de la población, sobre todo en zonas rurales. Este efecto es particularmente notorio cuando se utilizan feedstocks que requieren de mano de obra intensiva para su producción (caña de azúcar, remolacha).
- Dicho volumen de empleo suele mostrar una relación de proporcionalidad indirecta con el volumen de etanol producido, y directa con el volumen de feedstock requerido para alcanzar dicha producción. En este sentido, se observa una similitud con otras agroindustrias y con varias industrias petroquímicas similares.
- Como muchas otras industrias manufactureras de envergadura, las plantas de etanol también generan una demanda por personal altamente capacitado, que si bien no es importante en cuanto a cantidad, si tiene un fuerte impacto sobre el éxito de los

proyectos que se lanzan al mercado. Esto se debe a que se necesita de profesionales como ingenieros, técnicos, analistas, contadores, abogados, investigadores, y otros expertos, para aportar sus conocimientos en campos que son clave para el negocio como ser: logística, procesos productivos, análisis de mercados, comercio internacional, administración de recursos humanos, legales, medio ambiente, impuestos, negociaciones con el gobierno y otros centros de poder, etc.

- Por tratarse de una industria del sector combustibles, y que a su vez interactúa en forma directa con el sector agroexportador, la rentabilidad del negocio está fuertemente vinculada con las disposiciones que dicta el Estado para controlar estos sectores. Por ende, si la rentabilidad y los ingresos del sector están condicionados a políticas de Estado, también lo están los costos, y entre ellos el volumen de dinero destinado a la mano de obra, sobre todo la indirecta. Dicho de otro modo: el volumen de empleados y sus correspondientes salarios, depende fuertemente de como las políticas de Estado puedan contraer o expandir el negocio de las empresas en forma súbita e inesperada.

Partiendo de estos hechos que son comunes a la industria del bioetanol en cualquier países subdesarrollado, efectuaremos ahora un acercamiento más profundo hacia cuestiones que puede variar según la región, el feedstock empleado, o la legislación predominante, y los problemas potenciales que podrían surgir al aplicar dichas condiciones a la Argentina.

Como ya se mencionara en un principio, existen a priori dos grandes feedstocks a partir de los cuales se puede desarrollar el sector de la alconafta en Argentina: caña de azúcar y maíz. Esta distinción no sólo es importante a la hora de los costos sino que tiene un fuerte impacto sobre la calidad y el volumen de los empleos que se generan. En el caso de la caña de azúcar, el modelo por excelencia que se toma a nivel mundial es el de Brasil, no sólo por el tamaño de su industria sino por los años que lleva impuesta, atravesando sucesivos periodos de crisis y crecimiento. En dicho país la industria del etanol carburante emplea más de 1 millón de personas (Moreira, 2005), y se espera que crezca un 20% en los próximos 5 años. Como se explicó más arriba, la mayoría de estas posiciones son ocupadas por trabajadores pobres y escasamente capacitados proveniente de áreas rurales (Macedo, 2005) en donde las tasas de desempleo son mucho más elevadas que en áreas urbanas. Estas condiciones, sumadas al mínimo control y aplicación de las leyes laborales por parte de las autoridades y sindicatos, llevan a que un porcentaje importante de dichas personas trabajen bajo condiciones insalubres, exponiéndose a riesgos en su salud y seguridad. Incluso se han detectado múltiples casos de trabajo infantil y de trabajo forzoso o semiesclavitud. Esta situación no es muy diferente de la que actualmente se registra el sector azucarero del noroeste Argentino, donde predominan los bajos salarios y las condiciones insalubres de trabajo, amparados por el desempleo y la inoperancia de los organismos de control. Por lo tanto, por más que la industria azucarera se volcara netamente al etanol, no se vislumbran (al menos en

el corto plazo) cambios significativos en estas condiciones. Si bien una apertura del producto hacia la exportación podría aumentar la rentabilidad del sector notablemente, esto no necesariamente resultaría en un incremento de salarios o mejora en las condiciones de quienes cosechan la caña en los campos, pues son los últimos eslabones de una cadena que tradicionalmente ha funcionado mal, sin importar la época, el país, o los productos y precios que se manejen en el otro extremo. Además, no hay que olvidar que se trata de un trabajo puramente estacional, dado que la caña de azúcar no puede ser almacenada y es necesario procesarla al poco tiempo de la zafra. Esto genera un doble perjuicio: por un lado, la inestabilidad del empleo por ser un trabajo temporario; y por el otro el falso argumento que utilizan muchos productores al decir que los salarios que se pagan son altos en comparación con otras actividades agrícolas, cuando en realidad si se ponderan dichos salarios a lo largo de los 12 meses del año no alcanzan para cubrir las necesidades mínimas de subsistencia. Adicionalmente, la tendencia a la mecanización del sector cañero pone en peligro muchos de estos puestos, ya que si bien es algo necesario para que las empresas mantengan su competitividad, debe ser acompañada por una capacitación de los obreros que les permita acceder a las nuevas demandas laborales que la tecnología genera. El problema es que se trata de personas con escasos recursos como para acceder a dicha capacitación, los cuales a su vez se encuentran inmersos en una población que crece mucho más rápido que la demanda por puestos de su categoría.

Por otra parte, el desarrollo de la industria del etanol en base a cultivos energéticos extensivos como el maíz o el trigo requiere de enormes economías de escala, asociadas con métodos de producción que no tienen un fuerte impacto sobre la demanda de mano de obra rural, o al menos no en la magnitud que lo tienen los cultivos de mano de obra intensiva. Este efecto, generado por la diferencia en la demanda de mano de obra de los dos cultivos bajo análisis, podría ser parcialmente compensado si se piensa que se requieren muchas más hectáreas de maíz que de caña, para alcanzar el mismo volumen de etanol. Si bien esto es cierto, no hay que olvidar que la mayor parte de dichas hectáreas ya se encuentran en producción, razón por la cual no se estarían generando puestos de trabajo adicionales. Más aún, si bien el negocio del etanol generará una presión económica que incrementará el área sembrada con maíz, gran parte del abastecimiento de las plantas provendrá de los excedentes exportables que existen en la actualidad. Algo similar podría ocurrir en el caso de la caña de azúcar si los ingenios deciden direccionar parte de la cosecha actual de caña hacia el etanol, en lugar de explorar tierras no cultivadas y extender la superficie cañera. Por otro lado, y en contraste con el sector cañero, el poco personal que se emplea en los establecimientos rurales de grandes dimensiones de la región pampeana suele trabajar en mejores condiciones que sus pares del NOA (mayor estabilidad, mejores salarios y mejores condiciones laborales).

Para que el bioetanol verdaderamente se transforme en una fuente de empleo, es necesario que los feedstocks se cultiven en tierras actualmente no explotadas o

pobremente utilizadas, o reemplazar cultivos extensivos por otros que requieran mayor mano de obra para su obtención y comercialización (UNCTAD). Sírvese como ejemplo el caso de Brasil, en donde miles de hectáreas antiguamente empleadas para pastoreo fueron utilizadas para el cultivo de caña, actividad que demanda 7 veces más mano de obra. El problema es que los gobiernos deben apoyar al sector privado con fuertes inversiones en I&D para poder desarrollar dichos feedstocks alternativos y volver económicamente viable la explotación de esas tierras adicionales, de forma de tal de transformarlos en proyectos viables a la hora de invertir. Esta y otras opciones, como el etanol de celulosa, se analizarán en el capítulo siguiente.

Un hecho que diferencia al etanol de otras fuentes de energía renovable como el biodiesel, el biogás o las fuentes de energía eólica o solar, es su bajo potencial como fuente de electricidad y calor en comunidades rurales pequeñas o aisladas. Esta es una necesidad fundamental de la población Argentina, que ha sido parcialmente atendida durante los últimos años pero no en la medida de lo necesario (aún quedan más de 15 millones de personas con acceso energético por debajo del mínimo necesario para subsistir y desarrollar sus actividades diarias). Las pequeñas economías de escala a las que pueden funcionar los generadores eólicos, solares, a biogás o incluso a biodiesel los transforma en opciones atractivas para mitigar (aunque no para resolver de raíz) el problema de la electrificación y calefacción rural; no así con el bioetanol debido a su mayor costo y al nulo interés por la industria en fabricar generadores que funcionen en base a este combustible.

Finalmente se encuentra la cuestión no menos importante acerca de la distribución de los ingresos del negocio a lo largo de la cadena de valor. Estudios acerca de varios mercados de commodities agrícolas concluyen que los beneficios derivados de la actividad agroexportadora en el mundo subdesarrollado han llevado a un enriquecimiento creciente de los actores en las partes superiores de la cadena, mientras que los productores primarios reciben considerablemente menos. La tendencia mundial muestra que un camino similar están siguiendo los mercados de feedstocks que abastecen la creciente demanda de biocombustibles (UNCTAD), sobre todo con las actuales restricciones al comercio internacional del etanol que fomentan la exportaciones de materias primas desde los países subdesarrollados, mientras las operaciones de agregado de valor se efectúan en las regiones demandantes (esto último también constituye una amenaza importante a la generación de puestos calificados de trabajo). Más aún, la preocupación acerca de cómo los costos y beneficios se distribuyen a lo largo de la cadena de valor se agrava si se tiene en cuenta que tan sólo dos compañías (Cargill y ADM) controlan el 65% del comercio mundial de granos, lo cual hace que una infinidad de pequeños productores dependan de un número muy pequeño de grandes compañías para poder colocar sus productos en el mercado internacional, reduciendo con ello su poder de negociación, su flexibilidad ante los cambios, y sus posibilidades de acceso a posiciones superiores en la cadena de valor.

Un panorama similar se observa en el sector cañero, en donde una infinidad de pequeños productores (sobre todo en Tucumán donde la industria está más atomizada que en otras provincias) prácticamente no tienen poder de negociación frente a los grandes ingenios, principalmente por verse obligados a vender su producción al poco tiempo de ser cosechada.

En este sentido, es loable la intención de la legislación Argentina de buscar que las cooperativas y emprendimientos de productores agropecuarios sean los dueños de las industrias. Sin embargo, y como se mencionó antes, no alcanza con los incentivos que atribuye la ley para poder entrar en un mercado de estas características, sino que también se requiere de expertise, fortaleza financiera y conocimientos técnicos y de comercio internacional que estos agentes no siempre poseen. Por lo tanto, la realidad es que existe un desfase entre la capacidad y las buenas intenciones, que la ley no puede llenar: las compañías que podrían entrar en forma exitosa y desarrollar el sector, no se caracterizan por distribuir equitativamente los costos y beneficios del negocio; y por otro lado quienes tendrían mayores posibilidades de beneficiarse por una mejor distribución de los ingresos, no tienen las fortalezas que se requieren para ingresar al mercado y ser exitosos. El acceso a la tecnología de producción merece una aclaración: si bien las tecnologías empleadas hasta hace algunos años eran consideradas como “maduras” y “relativamente simples”, la tendencia que se viene gestando desde hace un par de años apunta a incrementar los rindes y utilizar nuevos feedstocks y nuevos procesos, que requerirán tecnologías complejas y costosas (UNCTAD 2006), así como una fuerte inversión en I&D.

Además del acceso a la tecnología, la financiación y el expertise, existen otros factores que limitan el ingreso de pequeño productores al negocio. Uno de ellos es la existencia de importantes economías de escala, tanto en el cultivo de los feedstocks como en la transformación de los mismos. Los costos, sobre todo de insumos para la producción y materia prima, se reducen notablemente al pasar de una planta de 30 millones de litros a una de 100 millones de litros (cálculos propios). Y lo mismo sucede con el poder de negociación que dichos emprendimientos tengan sobre otros agentes del mercado, como proveedores, distribuidores, clientes y organismos de regulación. El etanol es particularmente vulnerable a estas barreras, ya que a diferencia del biodiesel, no existen prácticamente chances de construir plantas a pequeña escala para alimentar las necesidades de un grupo pequeño y estable de clientes, como sucede en el caso del biodiesel con los productores agropecuarios que pueden generarlo para abastecer sus propias necesidades y/o vender el excedente a otros productores de la zona.

Haciendo referencia en especial al etanol de maíz, es preciso decir que dos de los problemas mencionados con anterioridad son los más sobresalientes: por un lado, el bajo impacto de la industria de etanol sobre el incremento del empleo rural; y por otro lado la dificultad de acceso a la inversión por parte de los pequeños productores. Esto se

debe a los esquemas de propiedad de la tierra y a la estructura productiva que caracteriza a la región pampeana. Como se explicara anteriormente, la tendencia en los últimos años ha sido la extensión de las unidades productivas, muchas de ellas ahora en manos de compañías internacionales que han comprado o alquilado grandes extensiones de tierra en sus inversiones en la región. Sirvan como ejemplo las siguientes cifras: en 1998 existían más de 196.000 productores con una superficie promedio por establecimiento de 390 has.; mientras que 5 años después había menos de 136.000 con una superficie promedio de más de 530 has. De acuerdo con investigaciones llevadas adelante por Lattuada y Neiman en 2005, este incremento en el tamaño y volumen de las estructuras productivas ha llevado a una exclusión de los pequeños y medianos productores de la región, llevando a la consiguiente migración de la población rural a las ciudades en busca de trabajo. Esto último es un hecho importante si se tiene en cuenta que la región pampeana concentra el 40% de la población rural de la Argentina.

Paralelamente, las principales cooperativas de agricultores como la ACA y la FACA han visto debilitada su posición dentro del sector agrario Argentino debido a la introducción de estos megaemprendimientos agropecuarios, y también debido a que muchas de sus asociados han migrado hacia cooperativas y asociados más pequeños de productores especializados (Lamers 2006). Además, dichas cooperativas tienen un interés preferencial por el desarrollo del biodiesel antes que por el etanol, dado el gran consumo del sector agrícola por parte de este tipo de combustible; y a su vez dentro de las mismas no existe unanimidad acerca de si prefieren volcarse al mercado interno (como promueve la legislación actual) o exportar.

Similares características se observan en los productores nucleados bajo la Sociedad Rural Argentina (la cual “hace lobby” en favor de los grandes productores) o bajo la Federación Agraria Argentina (ídem pero en favor de los pequeños productores). Por lo tanto, quienes cuentan con el mayor potencial para luchar en favor del desarrollo de la industria del bioetanol son las asociaciones que promueven directamente el uso de feedstocks particulares, como ser el Centro Azucarero Argentino (CAA), Asociación Maíz Argentino (MAIZAR), y la Asociación Argentina Pro Trigo (AAPROTRIGO). Dados los costos y posibilidades del maíz en Argentina, MAIZAR se vislumbra como la asociación dominante en este sentido, hecho que se corrobora a través de su presencia en conferencias recientes y sus estudios publicados acerca del potencial del etanol de maíz en Argentina. Por el contrario, ni el CAA ni APROTRIGO parecen interesados en desarrollar sendas industrias del etanol. Esto probablemente se deba a que ambos gozan de mercados de exportación relativamente seguros donde colocar el total de su producción; por otro lado MAIZAR cuenta con el apoyo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación que también promueve el desarrollo de una industria del etanol.

Todos los datos presentados en esta sección nos llevan a pensar que no será fácil incluir dentro de la industria del bioetanol a quienes tienen mayor urgencia por beneficiarse de ello, sobre todo en el noroeste de nuestro país. Tal como ha sucedido con muchos otros sectores productivos que se han desarrollado en las últimas décadas, parece que aquellos miembros de la sociedad con las mayores necesidades por trabajo e ingresos seguros serán nuevamente excluidos de los procesos de modernización que se llevarán adelante en nuestro país en los próximos años, en este caso será en la futura industria de los biocombustibles.

OTRAS CUESTIONES IMPORTANTES.

Además de los citados inconvenientes, existen otros factores que ponen en riesgo el desarrollo de una industria sustentable y fuerte del etanol carburante en Argentina, y con ello las metas ambientales, sociales y de seguridad energética que se pretenden alcanzar. Estos factores están asociados directamente con la viabilidad económica y financiera de los proyectos en el largo plazo, incrementando el riesgo y la incertidumbre de los actores y frenando las inversiones en plantas de etanol. Los principales son:

- Volatilidad en el precio del crudo y congelamiento en los precios de los combustibles en Argentina.
- Posición superior en cuanto a costos y madurez tecnológica por parte de la industria brasilera.
- Canibalización de las inversiones en biocombustibles por parte del sector de biodiesel.

A continuación se hará una breve reseña para cada una de estas cuestiones, en forma sucinta y acotada, dado que no representa el objetivo fundamental del presente trabajo.

Volatilidad en los precios del crudo y congelamiento de los combustibles en Argentina.

A pesar de que en muchos casos se trata de productos cuya demanda está garantizada por ley, la competitividad de los biocombustibles líquidos como el etanol está fuertemente ligada a los valores de mercado de sus principales competidores, los combustibles y oxigenantes de naftas de origen fósil, y por lo tanto en forma indirecta ligados al precio internacional del crudo. Y debido a que se trata de una industria relativamente nueva -y en términos generales aún poco desarrollada- en muchos casos los biocombustibles (y en particular el etanol) no alcanzan una estructura de costos que los haga competitivos con los combustibles fósiles. La excepción a la regla es Brasil, en donde ha quedado probado que el etanol puede ser competitivo con las naftas con precios del crudo tan bajos como 30 USD por barril. Sin embargo, en muchas otras naciones, particularmente en aquellas donde el costo del feedstock es elevado y se utilizan materiales con relaciones de conversión poco eficientes, la brecha entre costos es tan grande que hace necesaria una profunda intervención del estado para financiar sus industrias y poder así alcanzar las metas propuestas. Muchas de estas medidas ya se han citado en párrafos anteriores, razón por la cual no se profundizará más en el tema, y sólo a modo ilustrativo podemos mencionar que muchos analistas sostienen que para que el etanol sea competitivo el precio del crudo debería alcanzar valores cercanos a los 100 USD por barril en la UE (IEA 2006) y 55 USD por barril en los EEUU (dado que en este último caso el costo del feedstock es un poco menor). Estos números muestran

claramente el impacto que los biocombustibles tienen sobre las finanzas públicas de las grandes naciones consumidoras de energía.

Se listan a continuación los principales factores que originan variaciones en los precios del etanol carburante:

- Por el lado de los costos, el precio del precio del maíz.
- Por el lado de la demanda internacional, las compras efectuadas por las grandes naciones importadores, principalmente Japón.
- La competencia con las naftas, con las mezclas de etanol-nafta y con otros elevadores de octanaje como el METBE, dentro de mercados específicos (aquí es donde se manifiesta en forma indirecta el precio del crudo).
- El lanzamiento de legislaciones que fomentan su uso (*Clean Air Act*, leyes de corte obligatorio, porcentaje mínimo de oxígeno en las naftas, etc.)
- El fomento de productos complementarios (caso de los autos flex en Brasil) y la prohibición de los sustitutos (caso del MTBE en EEUU).
- Los estándares de calidad fijados para el producto, los cuales limitan el acceso a ciertos mercados internacionales.
- Los aranceles a las importaciones aplicados por grandes consumidores como la UE y los EEUU.
- Las temperaturas y la época del año (en verano aumenta el costo de producción porque se hace mas difícil controlar la volatilidad del producto).

Es importante resaltar que dentro de los mercados locales los factores con mayor peso son el precio y la disponibilidad de productos sustitutos y complementarios, y las leyes que fomentan el uso del etanol; otros factores como el precio del maíz sólo se ponen de manifiesto cuando el resto no ejerce una mayor influencia. Para el caso de los mercados internacionales, se deben agregar los aranceles a la importación y los estándares de calidad exigidos como fuentes adicionales de influencia.

Esto pone de manifiesto la elevada volatilidad a la que están expuestos los productores y comercializadores de etanol. Y el efecto se acentúa aún más si tenemos en cuenta que tanto los precios finales de los biocombustibles como los subsidios otorgados por el estado, están fuertemente influenciados por los precios internacionales del crudo y por el nivel de madurez de la industria. Esto significa que los productores de etanol están sujetos a una doble volatilidad: por el lado de los costos, se encuentran expuestos a las oscilaciones en los precios de commodities agrícolas tradicionalmente volátiles como el maíz (que representan alrededor del 70% de los costos de producción del etanol); mientras que por el lado de los ingresos deben atenerse a las fluctuaciones en el precio y la demanda de los combustibles fósiles y también a las fluctuaciones en los porcentajes de corte que pueden ser modificados en cualquier momento por las autoridades de control. En relación a esto, no debemos olvidar que en países como Argentina tanto los

precios de las naftas como los futuros precios del etanol estarán fuertemente controlados por el Estado, lo cual en lugar de acotar el riesgo lo que se hace en la práctica es incrementarlo, ya que dicho control siempre tiende a la baja y lleva el producto final a valores muy por debajo de los que se manejan en el resto del mundo.

Estos argumentos explicarían la reticencia por parte de los grupos económicos a invertir en proyectos de alta envergadura para el sector de biocombustibles, junto con la falta de claridad del marco legal ya tratada. Pero no son los únicos factores que agregan incertidumbre a los números del proyecto, como se verá en la sección siguiente.

Brasil, el gigante a superar.

La competitividad superior del etanol brasilero ya fue analizada a la hora de dimensionar el probable mercado de exportación de la Argentina. Los datos mostraron que los costos de producción de Brasil serían aproximadamente entre un 25% y un 30% menores que los valores estimados para Argentina. Dicha diferencia se explica fundamentalmente por lo barato de sus feedstocks (no sólo a la hora de comparar caña vs maíz, sino porque además su sector cañero es mucho más eficiente que el nuestro) y por el grado de madurez de su industria que le ha permitido aumentar radicalmente la eficiencia en sus procesos de conversión. Ante esta situación, el futuro de Argentina como nación exportadora de etanol depende fuertemente de la incapacidad de Brasil para abastecer el creciente mercado mundial. En otras palabras, deberá alimentarse de las sobras del gigante, que si bien es factible que existan, no es lo ideal a la hora de desarrollar un mercado de exportación fuerte y sustentable en el largo plazo. Esto tiene un doble efecto sobre las inversiones: por un lado hace dudar a los inversores acerca de si instalar o no proyectos de etanol para exportación en Argentina; y por otro lado vuelve sumamente atractiva a la industria brasilera, canalizando las mejores inversiones hacia su sector. No se trata de nada más que del natural juego de la oferta y la demanda, plasmado no a nivel de los productos sino del mercado de capitales. Por lo tanto si el gobierno desea que se desarrolle una industria de escala importante, eficiente y sustentable a largo plazo, es fundamental que aplique medidas tendientes a inclinar la balanza en favor de Argentina.

Etanol vs Biodiesel: ¿Cuál es más atractivo en Argentina?

A continuación se resumen brevemente las razones por las cuales el biodiesel es un combustible mucho más atractivo que el etanol en Argentina, y como ello impactará sobre las inversiones futuras en plantas de etanol.

Por empezar, debemos referirnos al interés que tienen los principales actores de las industrias cereales y petroleras en producir ambos biocombustibles. En cuanto al sector agroexportador, es notable el interés creciente que han mostrado sus empresas por integrarse a la cadena del biodiesel, sobre todo aquellas dedicadas a la producción de aceites en gran escala. Esto se justifica en la disponibilidad abundante y a bajo precio de las materias primas (tanto las oleaginosas como los aceites derivados), y a la existencia de una capacidad de procesamiento suficiente como para poder abastecer el futuro mercado del biodiesel. Además, sus instalaciones actuales ya están orientadas al atractivo mercado externo, ubicándose en la cercanía de los puertos; este hecho sumado a los atractivos precios del mercado internacional los lleva a dirigir su pequeña pero creciente producción de biodiesel aduanas afuera. Además dado que para ellos las inversiones a efectuar son marginales (ya cuentan con la etapa de extracción del aceite), puede “jugar con las canillas”, esto es decidir que porcentaje del aceite se destina a biodiesel y cuanto se exporta directamente, según como estén los precios al momento. Por otro lado, el hecho de volcarse a la exportación les permite acceder a mercados más grandes y menos controlados que el futuro mercado Argentino, que poseerá tanto precios como demanda atados al consumo y los precios del gasoil, estos últimos muy regulado por el Estado, y con la etapa de distribución bajo el control de unas pocas petroleras. Finalmente, y tal vez el hecho fundamental por el cual es más rentable que el etanol, es la competitividad en cuanto a costos con respecto al resto del mundo. Para instalaciones de gran escala, la Argentina posee uno de los costos de producción de biodiesel más bajos del mundo, lo cual la transforma en un mercado sumamente atractivo en ese sentido.

En cuanto a instalaciones de pequeña escala, es decir menos de 10 MM de litros por año, la rentabilidad disminuye drásticamente, más aún si se piensa destinar el volumen producido al autoconsumo (este hecho se origina en los elevados precios internacionales de los aceites, y el precio del G.O. congelado internamente). Aún así, existen varios emprendimientos de pequeña escala iniciados por productores agropecuarios o empresas industriales con consumos importantes de G.O. (ejemplo constructoras) por razones estratégicas, dado el alto riesgo de desabastecimiento.

Tanto la competitividad en costos con respecto a Brasil como su falta de atractivo para el mercado del autoconsumo, y la necesidad de producirlo a mayor escala, transforman a las inversiones en plantas de etanol como una opción poco interesante frente a la alternativa del biodiesel. Algo similar ocurre con las grandes petroleras, quienes tienen toda su industria de refinación orientada para maximizar la cantidad de diesel a obtener por cada barril de petróleo procesado. Esto se debe a la existencia de un desbalance en la matriz de combustibles líquidos en Argentina, en donde más del 50% de la demanda está integrada por el gasoil. Debido a que las naftas, el diesel y muchos otros derivados del petróleo son co-productos de un mismo proceso de refinación, la satisfacción de esta matriz de demanda desbalanceada lleva a producir un exceso de naftas, el cual se

exporta. Si se tiene en cuenta que el bioetanol es un sustituto de las naftas, entonces el interés por producir etanol por parte de las petroleras debería ser bajo, puesto que el combustible que se pretende sustituir se produce en exceso. Paralelamente, el mercado local de naftas ha desacelerado notablemente su crecimiento desde la entrada del GNC (a pesar de que la tasa de conversión de vehículos a gas se ha estancado), mientras que no existe un fenómeno similar que frene el crecimiento del mercado del gasoil.

Por otro lado, sí existe una razón estratégica para invertir en etanol: si dichas compañías están obligadas a adquirir el etanol por ley, entonces probablemente les sea conveniente producirlo en sus propias instalaciones antes que importarlo o aún comprarlo a otros proveedores locales. Y una vez dentro del negocio, podrían bajar sus costos de producción vendiendo los excedentes exportables a mercados de fuerte demanda como la UE y el sur de Asia, que Brasil y otros productores de bajo costo no podrán cubrir totalmente. Pero aquí nuevamente entra a jugar la incertidumbre de costos con respecto a Brasil: ¿es verdaderamente conveniente construir una planta de etanol de maíz para autoabastecerse a la hora de la mezcla, o es más conveniente comprarle a Brasil o incluso a los productores cañeros locales? Y en el caso de que la petrolera construya su propia planta, ¿podrá colocar sus excedentes exportables con un margen suficientemente alto como para justificar la inversión, teniendo en cuenta que sólo podrá acceder a los mercados que no cubra Brasil?

Finalmente, y para agregar un grado de complejidad mayor al asunto, se encuentra el mencionado tema del congelamiento de los precios internos de los combustibles, que si bien es algo que afecta tanto al diesel como a las naftas, en el caso particular del biodiesel este cuenta con un mayor “colchón” para soportar las caídas de precios que su primo el bioetanol, debido a sus menores costos (sobre todo a la hora de analizar negocios para autoconsumo en el sector agropecuario).

CONCLUSIONES Y ASPECTOS CLAVES A TRATAR.

Se han presentado a lo largo de estas líneas los principales inconvenientes potenciales o aspectos a mejorar para que la industria del bioetanol tenga un desarrollo pleno y sustentable, el cual permita alcanzar las metas ambientales y sociales perseguidas a través del desarrollo de los biocombustibles, pero a la vez fomentando la inversión y el crecimiento a largo plazo del sector. La siguiente parte del estudio tendrá por finalidad el análisis de las posibles soluciones y/o mejoras para direccionar la futura industria del etanol hacia dicho crecimiento sostenido y sustentable. Pero antes de dar inicio al estudio de dichas recomendaciones, es necesario establecer, en base a la información expuesta, cuales son los inconvenientes prioritarios sobre los cuales se deberían focalizar las políticas a instituir.

En cuanto al tema de Food vs Fuel, si bien el problema del encarecimiento de los alimentos y crecimiento del hambre en el mundo no se pueden achacar en forma directa y exclusiva a la incipiente industria de biocombustibles (la razón se detallará en el Capítulo siguiente), sí es verdad que los mismos tienen y tendrán una cierta incidencia sobre los precios de los commodities agrícolas. Y si bien dicha incidencia se manifestará a nivel del consumo global de maíz u otros cereales, con relativamente poca participación de la Argentina (al menos en el corto y mediano plazo), el traslado del alza de dichos commodities a la industria local de la proteína (carnes y lácteos) podría tener un efecto considerable sobre los precios. Paralelamente, la incertidumbre en cuanto al surgimiento de nuevas tecnologías y mejores cultivos hace imprescindible la inversión en I+D junto con la diversificación de feedstocks, no sólo para bajar el consumo de maíz sino para agregar flexibilidad y tecnología al conjunto de la industria. Por otra parte, siendo que uno de los objetivos fundamentales de la promoción de los biocombustibles es el desarrollo rural y de las economías regionales, la diversificación de los materiales y los procesos ayudará a extender la industria tanto en su volumen como su capacidad, ayudando a generar pleno empleo en diversas regiones del país. En este sentido, y para que dicha expansión sea posible, es necesario mejorar el marco legal para fomentar la seguridad jurídica y lograr el acceso a los grandes capitales que se requieren, buscando un equilibrio entre la atracción de fondos para inversiones de gran escala (orientada en parte hacia la exportación), y el desarrollo de una producción de menor escala a nivel de comunidades y regiones individuales (orientada hacia el consumo local). Aquí también juega un rol preponderante el Estado en cuanto al cumplimiento de las leyes, no sólo para dar seguridad jurídica a las inversiones, sino también para asegurar condiciones aptas para el trabajo rural y para el cumplimiento de las normativas de seguridad, higiene y medio ambiente de las plantas. En cuanto a la política ambiental, no alcanza con efectivizar el control sobre las instalaciones productivas, sino que también se deben favorecer (y sobre todo en el largo plazo) aquellos proyectos que sean más eficientes en cuanto al uso de la energía y la reducción de gases de efecto invernadero. Esta medida será de vital importancia, y sobre todo en

el largo plazo, para reducir costos y a la vez lograr un mejor acceso a los mercados internacionales. Una vez que la industria global se encuentre plenamente desarrollada y se empiecen a implementar esquemas que certifiquen la sustentabilidad del producto, el etanol que provenga de los proyectos más sustentables gozará de mejores precios, beneficios promocionales y acceso a mejores fuentes de financiación. Finalmente, si la Argentina desea meterse de lleno en el negocio del etanol, es fundamental el intercambio tecnológico con las naciones líderes del sector y la participación activa en el diseño de las políticas que regulan el comercio internacional del producto, sobre todo apoyando la eliminación de las barreras arancelarias y otras medidas que frenan el desarrollo de la industria en países subdesarrollados.

CAPÍTULO III: POLÍTICAS PARA EL DISEÑO DE UNA INDUSTRIA EFICIENTE Y SUSTENTABLE A LARGO PLAZO

DIVERSIFICACIÓN DE FEEDSTOCKS

A lo largo del presente trabajo se ha mencionado en reiteradas oportunidades que el verdadero valor de los biocombustibles reside en su elevado potencial para diversificar la matriz energética del mundo. Dicho potencial se basa en cuestiones económicas, estratégicas y ambientales, y si bien no se conoce con exactitud cual será su límite a largo plazo, lo que verdaderamente importa aquí es el significado de la palabra “diversificar”. Es decir, la importancia de los biocombustibles como una fuente adicional de energía sustentable, sin pretender con ello que sustituyan por completo las fuentes agotables tradicionales, lo cual sería virtualmente imposible.

Y así como es necesario diversificar las fuentes de combustibles líquidos, también es preciso trasladar dicha diversificación a sus fuentes de abastecimiento y generación, en particular a los feedstocks a partir de los cuales se obtienen dichos biocombustibles. En el caso del etanol, existen muchos otros cultivos que puede ser utilizados exitosamente, además de los ya conocidos (maíz, trigo, caña de azúcar y remolacha). La reducción en el consumo de cultivos alimenticios no es la única ventaja de la diversificación, sino que se trata de un conjunto de razones que buscan volver al etanol más competitivo y sustentable, a saber:

- ✓ Ampliar el universo de materias primas utilizables, con el objetivo de asegurar el abastecimiento del feedstock a largo plazo.
- ✓ Extender la producción de etanol hacia diversas regiones del país, y con ello la generación de empleos en todos los eslabones de la cadena (diversificación de polos productivos).
- ✓ Transformar tierras inutilizadas en tierras productivas, y paralelamente reducir la presión sobre los bosques y las tierras tradicionales de cultivo.
- ✓ Reducir costos de MP, mejorar la eficiencia en la conversión y en la retención de carbono.
- ✓ Introducir nuevos co-productos de alto valor en la cadena del etanol.

Como se puede ver, el potencial de mejora es enorme. Sin embargo, como sucede con muchos otros avances de la ciencia, aquí es necesario efectivizar las promesas hacia beneficios concretos y alcanzables. Es por ello que a lo largo de esta sección se emplearán criterios técnicos y económicos para analizar los diferentes feedstocks alternativos que existen, y su viabilidad para producirlos y procesarlos en Argentina.

Para ello no sólo se tendrán en cuenta los pros y contras de los feedstocks alternativos analizados, sino también las conclusiones obtenidos en secciones anteriores respecto del uso de los feedstocks tradicionales.

Los cultivos actualmente en uso.

Antes de analizar la posibilidad de utilizar feedstocks que actualmente se encuentran en estado experimental, es razonable poner a prueba la aplicabilidad de una gama de cultivos y/o materiales que ya se emplean en otros países para producir etanol a escala industrial. Si bien no han alcanzado el mismo grado de popularidad que el maíz o la caña de azúcar, son numerosos en cuanto a su variedad. A priori se los puede diferenciar entre cultivos sacaríferos o azucareros (contienen en forma natural los azúcares fermentables) o cultivos almidoneros (naturalmente contienen almidón, el cual luego debe ser transformado en azúcares fermentables a través de la sacarificación). Entre los últimos, el más popular después del maíz es el trigo, aunque también se utiliza la cebada en una proporción notable; mientras que entre los azucareros se utiliza ampliamente la remolacha dulce, y en menor medida algunos subproductos de la industria vitivinícola.

Trigo.

Alrededor del 50% del etanol elaborado en la UE proviene de almidón de trigo fermentado. También es empleado en una proporción mayoritaria en otros países como Canadá (360 MM de litros por año) y Australia (60 MM de litros al año). El proceso es muy similar al empleado en el caso del maíz, tanto en su etapa física (molienda) como química. Sólo cambian ciertos parámetros de reacción como la temperatura, el tipo de enzimas empleadas y el tiempo de permanencia en el reactor (entre otros), pero la ingeniería básica del proceso es similar. Sin embargo, el etanol de trigo producido en Europa está dentro de los más caros del mundo, lo cual plantea un interrogante acerca de cuál es la razón de su elección como feedstock preponderante en el viejo continente. Los principales argumentos que lleva a seleccionar una materia prima para la elaboración del etanol en una determinada región del planeta parecieran ser la abundancia y precios relativos de cada cultivo. Este factor no sólo tiene una incidencia directa en el precio local de los granos, sino que a su vez impulsa a los productores a buscar nuevos usos para los excedentes de aquellos cultivos más abundantes. Tal es así que en los EEUU, donde la producción de maíz es varias veces mayor a la del trigo o cebada, han sido los productores de este cereal quienes han tenido la mayor influencia en la creación de una industria local del etanol. En cambio en la UE, donde la producción de trigo es tres veces mayor que la de maíz, este se ha transformado en el feedstock por excelencia, junto con la remolacha azucarera en ciertos países como Francia.

Pero, ¿por qué el etanol de trigo es tan caro? Existen varios factores que explican el fenómeno, algunos asociados a las diferencias en costos y otros relacionados con la escala de producción y la curva de aprendizaje. Un estudio llevado adelante por F. O. Lichts en 2003 comparó los costos de producción de plantas alemanas de diversa capacidad que utilizan trigo, con la estructura de costos de plantas similares en base a maíz en los EEUU. Los resultados mostraron que el costo del feedstock es hasta un 50% más caro en la UE, aunque no es lo único que incide sobre el resultado final pues los costos operativos y de energía muestran incrementos de hasta el 80% (si bien estos últimos tienen menos peso sobre el costo total). Esto podría explicarse, en parte, debido a diferencias en las tasas de conversión de los cultivos, ya que mientras el maíz rinde entre 380 y 440 litros por TN, el rendimiento del trigo oscila entre los 330 y 390 litros de etanol por TN, es decir entre un 10% y un 15% menos. Otro factor mencionado por la IEA es la diferencia en escalas de producción y la falta de experiencia: la cantidad de plantas existentes en la UE es inferior a las que hay en EEUU o Brasil, y la mayoría son relativamente pequeñas y recientes, razón por la cual no cuentan con el suficiente avance en la curva de aprendizaje como para alcanzar el nivel óptimo de aprovechamiento del feedstock, la energía y otros inputs claves del proceso. Esto se verifica al observar el rango de variación de costos del etanol de trigo, más amplio que en caso de otros cultivos, y también al comparar el balance energético y de GHG entre trigo y maíz (0,9 vs. 0,6-0,8 para la energía IN/OUT “del pozo a la rueda”; y 29% vs. 25-38% en la de reducción de GHG a ciclo completo).

En relación a esta diferencia de costos, cabe aclarar que la misma podría ser aún mayor si no fuese por los fuertes subsidios que implementan los gobiernos europeos para sustentar la industria del etanol. Si bien en los EEUU también existen subsidios, no tienen la misma fuerza que en la UE, justamente por tratarse de una industria madura y eficiente en costos.

El trigo como feedstock en Argentina.

El trigo es el tercer cultivo del país, detrás de la soja y el maíz. La producción de la campaña 2006/2007 fue de 14 MM de toneladas, y se estima que la próxima rondará los 13 millones. Estas cifras coinciden con la leve declinación del trigo observada en los campos, donde cada vez se siembran más hectáreas con soja y maíz. El esquema tradicional de rotación de 2 años “trigo/soja-maíz-soja”, o “soja a temporada completa-maíz a temporada completa”, ha sido reemplazado por monocultivos de soja, sobre todo a nivel de los pequeños y mediano productores. Y si bien los grandes productores continúan utilizando los esquemas de rotación maíz/trigo-soja, el maíz ha ido ganándole terreno lentamente al trigo en dichos esquemas. Esto último se debe a que el maíz es un cultivo que demanda mucho nitrógeno, mientras que la soja tiene la propiedad de fijar

nitrógeno en el suelo. Y obviamente esta situación se acentúa debido a las fuertes alzas que han experimentado estas dos especies.

Pero aún así el trigo sigue generando importantes excedentes exportables. Argentina consume aproximadamente 6 MM de toneladas por año, lo cual dejó un saldo exportable de unas 7 MM de toneladas durante la campaña 2006/07. El problema es que este excedente al consumo interno suele ser muy volátil, ya que la producción fluctúa año a año (debido a variaciones en las condiciones climáticas y en los precios del maíz y la soja), y no así el consumo interno que tiende a mantenerse. Por lo tanto, si la producción esta decayendo lentamente y el consumo interno permanece estable, es lógico pensar que el saldo exportable continuará bajando con el tiempo.

De todas formas, los principales analistas del mercado sostienen que el encarecimiento del maíz y la soja, junto con el decaimiento en la producción de trigo y su demanda adicional para etanol, generarán un efecto de suba de precios del mismo que logrará, eventualmente, revalorizar el producto hasta alcanzar un equilibrio. Estas apreciaciones son consistentes con los modelos de incremento de precios analizados en el capítulo anterior, según los cuales el trigo incrementará su valor entre un 11% y un 30% antes de 2010, sólo por la demanda adicional para etanol carburante.

Ante este panorama surge la pregunta: ¿es factible diversificar la producción de etanol argentino a través de la inversión en plantas que utilicen trigo? Sin duda que muchos de los hechos mencionados son importantes para responder al interrogante, fundamentalmente:

- Consumo energético del proceso.
- Tasa de conversión.
- Disponibilidad relativa del cereal y precios relativos en Argentina (del feedstock y de los subproductos).
- Madurez y flexibilidad de la tecnología.
- Balance energético.

El nivel de inversión inicial es levemente mayor para el proceso en base trigo pues se consume más energía y se procesa un volumen de líquidos y sólidos mayor debido a la menor tasa de conversión. Sin embargo, los factores que más influyen en la rentabilidad del negocio son los costos e ingresos del proyecto. Para obtener una estimación de cómo cambia la rentabilidad de un proyecto al utilizar trigo en lugar de maíz, se simuló un caso de negocios utilizando un modelo de planta de etanol de entre 55 y 70 millones de litros elaborado por el autor en 2006. Dicho modelo fue originalmente estructurado para estudiar la factibilidad de producir etanol de maíz en Argentina, pero se modificaron los parámetros del mismo para adaptarlo a un nivel de producción similar en base a trigo. En el Anexo VI se encuentra el detalla de cuáles parámetros fueron modificados y cuales se mantuvieron en su valor original.

Los indicadores del negocio muestran que, debido a los altos costos del trigo en relación con el maíz en Argentina, y a su menor rendimiento, el proyecto deja de ser rentable al cambiar de feedstock. El negocio sólo se vuelve factible si se incrementan los precios del etanol en un 50% respecto de la situación con maíz, y se alcanzan los mismos valores que para el maíz con un incremento superior al 60%. Dichos aumentos podrían ser todavía mayores si no fuese porque se registra un alza en los ingresos por ventas de los subproductos: con trigo se obtiene una mayor cantidad de DDGS por tonelada de cereal, y a su vez estos DDGS se comercializan a un mejor valor que los de maíz por ser de mejor calidad. Aún así, los incrementos en el precio del etanol necesarios para lograr un recupero aceptable suponen, de acuerdo al modelo de negocios utilizado, un alza en los precios de las naftas en el surtidor del alrededor del 5%. Y esta es una variable que encierra un alto riesgo político, dado el fuerte control que el gobierno ejerce sobre los precios de los combustibles líquidos en Argentina (el caso en base a maíz se simuló proyectando un incremento de tan sólo el 1,5%, con respecto al escenario sin corte de la nafta con etanol).

Por lo tanto, la simulación del negocio utilizando trigo como feedstock arroja la siguiente conclusión: la producción de etanol en base trigo conlleva un incremento importante de costos que encarecen el producto final, a tal punto que el negocio sólo se torna rentable si se vuelca lo producido al mercado externo (preferentemente la UE). A pesar de una mejora en los ingresos por ventas de subproductos, la opción de inclinarse por el mercado local queda en principio descartada, dado que el etanol en base maíz es mucho más competitivo y puede adaptarse mejor a los posibles escenarios de control de precios y márgenes acotados.

Sin embargo, no hay que olvidar que estos números son sólo estimaciones y que los resultados futuros dependerán del comportamiento real de una serie de variables muy difíciles de estimar, entre ellas el precio del litro de etanol y la relación de costos entre trigo y maíz. Teniendo en cuenta la potencial volatilidad de esta relación, la recomendación pasa a ser la siguiente: considerar al trigo como el mejor feedstock sustituto para el maíz, y tener en cuenta la posibilidad de un futuro abastecimiento mixto de las plantas. Esto implica que si bien se deben dimensionar los proyectos apuntando al uso de maíz como feedstocks principal, es fundamental introducir en dichos diseños una flexibilidad tecnológica que permita rotar entre trigo y maíz con relativa facilidad y a un costo aceptable. Esto le dará a los proyectos la suficiente flexibilidad en su abastecimiento como poder utilizar un feedstock u otro de acuerdo a los precios de mercado y las condiciones de disponibilidad. En EEUU ya existen plantas que funcionan con esta modalidad, lo cual les permite localizarse más cerca de los consumidores de etanol (ubicados en las costas del país) y no tan próximos al *corn belt* (región del medio-oeste) como las instalaciones que funcionan exclusivamente en base a maíz.

Como toda medida mitigante del riesgo, esta flexibilidad tendrá sus costos asociados, tanto a la hora de la inversión inicial como al momento de la puesta en marcha y posterior mantenimiento del sistema. Pero dada la similitud entre ambos procesos y los beneficios que otorga, el costo debería poder justificarse. Cabe destacar que se trata de una industria incipiente en nuestro país y por lo tanto todas aquellas inversiones que conlleven a minimizar el riesgo deben ser analizadas. Por lo tanto, no se recomienda aplicar esta sugerencia en forma indiscriminada a todos los proyectos, pues cada uno tendrá connotaciones económicas y de riesgo propias de ese negocio, pero si considerarla como una opción más a la hora de efectuar los estudios de factibilidad correspondientes.

Cebada.

La cebada es otro cereal con el cual se obtiene bioetanol carburante en Europa, el etanol producido con este cereal representa aproximadamente un 20% del total. El rendimiento obtenido se ubica en un rango intermedio entre el trigo y el maíz, aproximadamente 390 litros de alcohol por tonelada.

Es importante distinguir entre las dos variedades principales de esta especie, la cebada cervecera y la forrajera, ya que no sólo tienen distintos usos sino también diferentes precios y composición nutricional. En nuestro país, el 95% de la cebada cultivada es cervecera, a contraposición del resto del mundo en donde esta especie no alcanza al 15% de participación en la producción mundial total.

La producción local de esta variedad durante la última campaña fue de 900.000 toneladas, 10% mayor al año anterior. Aún así, es notable la diferencia con el trigo (14 veces menos) y el maíz (25 veces menos). El consumo interno representa alrededor del 60% de la producción, destinándose el grano a la elaboración de malta para la industria cervecera.

Por el lado de los costos, si bien la cebada forrajera puede llegar a ser un 30% más barata que el maíz en aquellas regiones de fuerte producción como las costas de los EEUU o la UE, en nuestro país el precio esta generalmente vinculado al precio del trigo. Se trata de contratos entre el productor y la maltería, donde el productor se hace responsable de entregar la mercadería al industrial y éste a pagar el equivalente al 90% del precio del trigo de enero (para entregas anteriores a este mes); si la misma es con posterioridad a enero, el precio es el 90% del trigo disponible. El productor se hace cargo del flete corto y el industrial del flete largo, constituyendo una ventaja sobre la comercialización del trigo, en la que ambos fletes corren por cuenta del productor.

En principio podría parecer que la cebada cervecera es más atrayente que el trigo, dado que posee un rendimiento levemente mayor y un costo por tonelada levemente menor.

Sin embargo el costo del etanol de cebada es también muy elevado, debido principalmente a ciertos componentes del grano que dificultan su procesamiento, como la cáscara (que dificulta el proceso de molienda) y algunos compuestos químicos que la hacen muy viscosa y encarecen su fermentación y posterior destilación. Si bien se están desarrollando nuevas variedades para mejorar su rendimiento, los resultados son aún experimentales. Esta la razón fundamental por la cual casi no existen plantas que funcionen exclusivamente en base a cebada, sino que la gran mayoría de las instalaciones europeas utilizan una proporción variable entre trigo y cebada, que se modifica según las condiciones de abastecimiento imperantes. Incluso existen plantas en los EEUU que pueden procesar cualquiera de los tres cereales mencionados (maíz, trigo o cebada).

Pero esta flexibilidad operativa es un factor que debe manejarse con sumo cuidado, sobre todo en aquellas regiones donde la cebada no es un cultivo masivo en relación con su consumo interno, como en Argentina. Particularmente en el caso de la cebada cervecera, su fuerte demanda industrial para consumo local hace que su precio sea muy sensible ante cambios en la demanda (commodity de alta elasticidad). Situaciones como esta ya se han registrado en países como Alemania y España, en donde la fuerte demanda de cebada para etanol ha disparado su precio rápidamente, con el consiguiente impacto no sólo en la industria cervecera sino también en la propia industria del etanol. Es decir, se trata de un commodity agrícola cuya elasticidad puede ser, en ciertos casos, superior a la del trigo o el maíz. Este fenómeno se da cuando la producción es relativamente pequeña en comparación con la demanda local, y a su vez dicha demanda gira en torno a un único uso específico (en este caso, hacer cerveza). Estas circunstancias llevan a que el efecto de alza de los precios debido a una mayor demanda se manifieste en forma más rápida que en el caso del maíz o el trigo, poniendo en peligro la rentabilidad de los proyectos de etanol que tienen a la cebada cervecera como feedstock principal.

Por lo expuesto, la utilización de cebada es una opción válida para diversificar el abastecimiento de las plantas de etanol sólo en aquellas regiones en donde el trigo es el feedstock preponderante y la cebada forrajera es la más cultivada. Pero en el caso de Argentina, dada la baja producción y el fuerte consumo local de la variedad cervecera, se recomienda utilizarla sólo en aquellos casos en los que el maíz y el trigo se vuelvan opciones antieconómicas, ya sea por picos de precios o por su falta de disponibilidad. La instalación de plantas con flexibilidad triple (capaces de utilizar maíz, trigo o cebada) no pareciera recomendable en el corto plazo, aunque podría tratarse de una opción interesante a largo plazo, en el caso de que la industria del etanol de cereales se desarrollara explosivamente en Argentina y la demanda de maíz y trigo para etanol tuviera una participación importante respecto de la demanda interna total de estos granos.

Remolacha azucarera.

Esta variedad de remolacha es ampliamente utilizada para la elaboración de azúcar y alcoholes en la UE, en donde el 30% del etanol carburante es elaborado a partir de este cultivo. Si bien tiene un mayor rendimiento de alcohol por hectárea cultivada que los cereales, el elevado costo del feedstock (550 USD/TN) hace que el etanol de remolacha que se produce en Europa sea casi tan caro como el que se produce en base a trigo. Su uso esta dado por la abundancia relativa del cultivo, muy difundido por su empleo inicial como materia prima para la industria azucarera. También es utilizada, aunque a menor escala en Chile, donde los costos del feedstock son mucho menores (entre 300 y 400 USD/TN).

En nuestro país la producción de remolacha es muy baja, y se trata de variedades diferentes a la remolacha empleada para azúcar, razón por la cual no se vislumbran posibilidades de desarrollar una industria del etanol de remolacha en el corto plazo. Sin embargo, desde principios de 2007 se encuentra en desarrollo un estudio experimental del INTA para ensayar el cultivo de variedades azucareras en cuatro departamentos de la provincia de San Juan, con el objetivo de analizar la factibilidad de producir etanol. Las semillas fueron traídas desde Chile y Alemania, y proporcionan un rendimiento de entre 100 y 140 Tn por hectárea. El proyecto tendrá una duración de un año, y al final del mismo se medirá el contenido de azúcares de las diferentes variedades ensayas con el objetivo de determinar su capacidad de adaptación y su potencial para producir etanol. Si el mismo arroja resultados positivos, podría existir entonces la posibilidad de producir etanol de remolacha a escala industrial en el mediano y largo plazo.

Pero para que este escenarios sea viable, hay que tener en cuenta que la remolacha azucarera debería ganarle amplias zonas de cultivo a otras hortalizas tradicionales. Suponiendo un rendimiento similar al obtenido en Chile, de aproximadamente 8.000 litros de etanol por hectárea, sería necesario plantar al menos 330 hectáreas sólo para abastecer el consumo de etanol que tendrá la provincia de San Juan hacia 2010 (estimaciones propias en base a modelos econométricos, ver Anexo VII), y al menos 1.250 hectáreas si se deseara exportar un volumen comercial mínimo de 10 millones de litros por año. Estas cifras pueden parecer insignificantes pero son importantes con respecto al área total de hortalizas de nuestro país, unas 600.000 hectáreas en las cuales se cultivan más de 115 especies, representando la superficie dedicada al cultivo de la remolacha tan sólo el 1% de dicha área (menos de 6.000 has, concentradas mayoritariamente en Santa Fe y Buenos Aires).

Etanol vínico.

Tanto en Francia como en España existen plantas de etanol que utilizan, además de cereales, los alcoholes de baja calidad provenientes de la industria vitivinícola, llamados alcoholes vínicos. En Francia, la planta de la firma Abeongoa Bioenergy France consume alrededor de 40.000 toneladas anuales de alcoholes vínicos para producir etanol deshidratado. En España existen al menos otras 3 plantas, dos de ellas de similar capacidad ubicadas en Galicia y Murcia, y otra en Castilla con una capacidad de 33 millones de litros por año. Esta última planta requirió una inversión de 8 millones de euros, y creó 20 puestos de trabajo directos y 30 indirectos. El alcohol entrante llega con una pureza del 92% e inicialmente es deshidratado utilizando filtros moleculares, para luego ser purificado mediante destilación hasta alcanzar el 99,9% de pureza. El etanol obtenido por este proceso se utiliza mayormente para la elaboración de ETBE, compuesto muy demandado tanto en Francia como en España.

El costo operativo resulta mucho menor que en el caso del proceso tradicional en base a granos, ya que no se parte de azúcares ni almidones sino de alcoholes de elevado contenido de etanol. Por lo tanto, los costos finales de producción dependen del costo de adquisición de dichos alcoholes y de su disponibilidad en áreas circundantes a la planta. En España, los alcoholes de baja calidad provienen de subastas que los organismos de intervención efectúan para controlar la sobreproducción en el sector vitivinícola. El alcohol de vino de Europa es exportado cuando se desea mantener la calidad de los vinos, produciendo etanol a partir de los vinos de peor calidad.

En Francia, el costo del etanol vínico ronda los 0,5 USD/litro.

Argentina cuenta con una industria vitivinícola extensa y mundialmente reconocida. En 2006 se produjeron más de 15 millones de hectolitros de vinos, junto con más de 6 millones de hectolitros de mostos. La producción se concentra principalmente en las provincias de Mendoza, San Juan y La Rioja, pero también se elaboran vinos en el norte de la Patagonia y el NOA. Aproximadamente el 75% se destina al consumo local, mientras que el resto se exporta.

El alcohol vínico se obtiene como un subproducto en la destilación y rectificación de vinos y otros productos similares, en una proporción aproximada de 1 litro de alcohol cada 12 litros de vino. Posteriormente, parte de dicho volumen es reincorporado a los procesos de la industria vitivinícola, principalmente para ajustar la graduación alcohólica de los vinos. Pero aún así existen importantes excedentes, estimados en unos 9 millones de litros al año, la mayoría de los cuales se exportan. Y este volumen podría ser aún mayor si se destinara una mayor proporción de mostos y vinos de mala calidad a la producción de alcohol vínico (un proyecto de estas características ya se encuentra bajo estudio en Uruguay), dado que actualmente se exportan 1,2 millones de hectolitros de mostos.

En la Provincia de Mendoza se expendieron el año pasado casi 144 millones de litros de naftas. De acuerdo con estos datos, utilizando sólo los alcoholes vínicos que actualmente se exportan, se podría cubrir la demanda de etanol carburante que tendrá Mendoza a partir de 2010, cuando entre en vigencia el corte obligatorio de la Ley 26.093. Y si se emplearan parte de los mostos que actualmente se exportan, se podría generar suficiente etanol como para abastecer a todo Cuyo e incluso a otras provincias vecinas que no pudieran desarrollar su propia producción de etanol.

El potencial para abastecer la demanda interna de bioetanol carburante de la región vitivinícola está dado, el desafío está en lograr que la cadena sea rentable y atractiva, en dos sentidos:

- Por un lado, tratar de direccionar las exportaciones de alcohol vínico y mostos hacia la industria del etanol carburante, para lo cual habrá que competir con los precios que paga el mercado de exportación para estos subproductos.
- Por otro lado, si se apunta a elaborar el etanol para el autoconsumo de la región, los precios del producto final no podrán ser demasiado elevados pues de lo contrario perderán mercado ante el etanol de cereales o azúcar, y deberán orientar su producción hacia Europa o Asia.

Estos objetivos suenan en principio contradictorios, pues si se quiere usar los mostos y alcoholes vínicos para producir etanol localmente habrá que adquirirlos a precios internacionales, lo cual encarecerá el producto final haciéndolo prohibitivo para el mercado local. Actualmente, el precio al que se exportan los alcoholes vínicos (datos de UN COMTRADE y del Ministerio de Economía) es un 20% superior al costo de producción de etanol de maíz, lo cual los vuelve poco competitivos como fuente de abastecimiento alternativa. Pero aquí es donde entran a jugar los costos de distribución y transporte, tanto del producto final como de las materias primas. Depende de cómo se desarrollen las estructuras de costos, puede que a provincias como Mendoza o San Juan les convenga producir su propio etanol en lugar de traerlo desde otras provincias como Buenos Aires o Santa Fe. Y si este no fuera el caso, le corresponderá a la Autoridad de Aplicación de la Ley permitir a Mendoza exportar su etanol de vino sin perder los beneficios promocionales que otorga la ley, de esta forma tendrán una industria segura y rentable que no competirá con el alcohol de cereales o azúcar en el mercado interno, y si podrá en cambio competir con el etanol producido en Europa. Por otro lado, se estarían creando nuevos empleos y se agregaría valor a una variedad de productos primarios que de otra forma abandonarían el país con un bajo grado de aprovechamiento. Teniendo en cuenta el potencial de Argentina como exportador de vinos, no sería ilógico pensar en una industria que pudiese también elaborar etanol vínico a precios accesibles para el mercado internacional.

Los cultivos energéticos que se vienen: oportunidades para Argentina.

Sorgo dulce.

Es similar al sorgo granífero pero tiene un crecimiento más rápido, mayor producción de biomasa y una mejor adaptabilidad. Esto se debe a que puede ser cultivado con menor irrigación y menor requerimiento de lluvias que la caña, y con insumos menos costosos. El contenido de azúcar en el jugo que se extrae de sus tallos puede variar entre 16% y 23% (Brix), lo cual le otorga un singular potencial para la producción de etanol. Y el material remanente puede ser utilizado como combustible en la generación de electricidad, en forma similar al bagazo de la caña de azúcar.

Esta variedad de sorgo ha sido ampliamente estudiada en la India por el *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* (ICRISAT), en donde su uso fue inicialmente sugerido en la década de los 80 para diversificar la producción de alcohol y permitir un mejor aprovechamiento de las plantas de procesamiento de caña, las cuales operan con una eficiencia del 50% por estar paradas durante 6 meses al año (o sea, fuera de la época de zafra). Por otro lado, también se buscaba introducir un nuevo cultivo de alto aprovechamiento industrial que pudiera ser producido en las zonas tropicales semiáridas del país, tradicionalmente poco utilizadas.

Los estudios efectuados en el país asiático muestran que esta especie crece 4 veces más rápido que la caña (4 meses contra 12-16 meses) y requiere 3 veces menos agua (450 mm frente a 1.200 mm anuales para la caña), además de tener costos de producción 3 veces menores. Más aún, se cree que es particularmente útil para la producción de etanol dado que contiene una mayor proporción de azúcares fermentables, lo cual previene la cristalización y le otorga una eficiencia en la fermentación del 90%. Los rendimientos obtenidos fueron de 70 toneladas de tallos por hectárea y 40 litros de alcohol por tonelada de tallos procesados, resultado en un rendimiento final de 2.800 litros por hectárea y por cosecha, contra los 850 litros en el caso de las melazas y 6.500 por tonelada y por cosecha en el caso de usar directamente la caña (en India). En cuanto a estas cifras, cabe decir que se han realizado ensayos similares en España, conducidos por el Instituto para la Diversificación y la Energía. Los mismos arrojaron un rendimiento similar al de la remolacha azucarera, unos 6.000 lts/ha, con un rendimiento en campo de 90 Tn/ha y en planta de 67 litros por tonelada de tallos procesados.

También en India, expertos del ICRISAT calcularon el costo de producción por litro de etanol obtenido, siendo el mismo un 12% menor en el caso del sorgo dulce (0,29 vs 0,33 dólares por litro).

Una ventaja adicional es que se trata de un cultivo dual: además de los tallos ricos en azúcares, produce entre 3 y 6 toneladas por hectárea de granos que pueden ser utilizados como forraje. Incluso los propios desechos orgánicos del procesamiento de los tallos también pueden emplearse como alimento animal, y tienen un mayor valor nutricional

que el bagazo de la caña de azúcar. Este efecto contribuiría a incrementar la oferta de alimento para el ganado y con ello compensar parcialmente la falta de maíz o trigo forrajeros. En cuanto a su contenido celulósico, ambos materiales son igual por lo cual el residuo de los tallos de sorgo también puede ser utilizado para elaborar pastas para la industria papelera.

Cabe aclarar que no se trata necesariamente de un cultivo destinado a sustituir a la caña de azúcar, sino más bien a complementar su uso como materia prima para la elaboración de etanol, aprovechando la capacidad ociosa de los ingenios azucareros fuera de la época de zafra. Los estudios realizados en India demuestran que mezclar el jugo extraído de los tallos de sorgo con el jugo de caña, en una proporción de hasta el 10%, no sólo no afecta la cristalización de los azúcares obtenidos sino que reduce los efluentes contaminantes. Esto se debe a que los líquidos remanentes del proceso de obtención del jugo de sorgo dulce contienen una DBO que es 4 veces menor a su equivalente del proceso en base a caña; por su parte la DQO de los efluentes también disminuye. La obtención de bioetanol a partir de sorgo dulce evidencia un grado de eficiencia energética (5kgcal) muy cercano al óptimo conocido, es decir al de la caña de azúcar (7kgcal), y muy por encima de otros cultivos como la remolacha azucarera (1,3kgcal).

La amplia heterogeneidad es una característica de casi todos los parámetros del sorgo dulce, sobre todo su contenido de azúcares y su rendimiento en el campo. Esto indica la existencia de un alto potencial para la mejora genética, en búsqueda de variedades diseñadas específicamente para la industria del etanol carburante. En los últimos años se han llevado adelante estudios de este tipo en la India, donde en sólo 2 años se lograron identificar 15 variedades con alto potencial para producir etanol. Las mismas demostraron una excelente capacidad para producir etanol: rendimientos de hasta 50 Tn de tallos por hectárea, con un porcentaje de azúcares en los tallos de entre 18 y 23%, y hasta 2,8 toneladas de granos por hectárea.

En Uruguay existen actualmente 16 proyectos piloto para plantar sorgo dulce destinado a la producción de etanol, entre ellos la firma Gulf Ethanol que ya posee plantas de este tipo en Texas, EEUU.

Áreas de mejora.

A pesar de sus excelentes connotaciones como feedstocks, quedan muchas áreas para ampliar el estudio del sorgo dulce como materia prima, entre ellas:

- ✓ La relación entre las prácticas de cultivo y el porcentaje de azúcares en los tallos.
- ✓ La capacidad para mejorar el nivel de azúcares en los tallos a través de la hibridación.

- ✓ El desarrollo de procesos productivos a amplia escala que sea eficientes en costos y con métodos estandarizados que permitan alternar competitivamente entre la caña azucarera y el sorgo dulce.
- ✓ La calidad de los subproductos (granos y residuos del procesamiento), tanto en su uso como alimento para ganado como también en la generación eléctrica.

Experiencias de I+D en conjunto con la industria y el gobierno.

El ICRISAT ha apoyado numerosos emprendimientos basados en la utilización del sorgo dulce como materia prima básica para la obtención de etanol en India, ofreciendo servicios de consultoría tanto a nivel técnico como en el desarrollo de negocios. Parte de estos proyectos provienen de emprendedores o inversores independientes, mientras que otros surgieron por interés de las mismas empresas azucareras. Por ahora, la mayoría de los proyectos se encuentran en su fase experimental, realizando ensayos de cultivos y de procesos tecnológicos a partir de las variedades desarrolladas por el ICRSAT. Aún así, ya se han reportado ensayos exitosos a escala industrial en varias plantas. Asimismo, también se han formalizado acuerdos de investigación con empresas privadas del sector agrícola interesadas en lanzar variedades comerciales del producto. Por su parte el gobierno de la India, a través de su Programa Nacional de Etanol Combustible, distribuye gratuitamente semillas para aquellos granjeros que estén interesados en experimentar con este nuevo cultivo, en vistas de su inminente desarrollo comercial. Otras instituciones de la India también investigan activamente en este campo. El *Nimbkar Agricultural Research Institute* (NARI), construyó recientemente una planta de destilación solar para procesar tallos de sorgo dulce, que consiste en 38 metros cuadrados de placa solar conectados a un tanque de 2.150 litros de agua. Esta planta operó durante 4.000 horas entregando de 30 a 40 litros por día de alcohol al 95% de pureza y con un costo de \$0,30 USD el litro, demostrando la viabilidad del feedstock aún a una escala muy pequeña. Además, cerca del setenta por ciento de la energía anual de destilación provino del sol.

Su aplicabilidad en Argentina.

Teniendo en cuenta el alto potencial del sorgo dulce como feedstock para la producción de etanol, se hace necesario extrapolar los datos obtenidos en India y España a las características de nuestro país, tanto a nivel del campo (potencial de producción del sorgo) como a un nivel tecnológico (existencia de capacidad ociosa y tecnología para procesarlo).

Como primera medida, se calculó cual es la capacidad ociosa actual de los ingenios azucareros argentinos. Si bien la capacidad instalada es una constante que depende de los equipos en cuestión, su utilización a lo largo del año es variable pues depende en

gran medida de cuando comience y termine la zafra de la caña de azúcar, ya que esta debe ser procesada al poco tiempo de ser cosechada para evitar la pérdida de sacarosa y la consecuente baja en los rendimientos. Típicamente, la época de zafra en el NOA va desde Mayo a Agosto, pero por cuestiones climáticas (como ser heladas o inundaciones) la maduración de los cultivos puede retrasarse en distintas zonas geográficas. Por lo tanto, si bien los ingenios se encuentran a su máxima capacidad entre Junio y Agosto, es habitual que continúen procesando parte de la producción (que se cosechó en forma tardía) hasta el mes de Noviembre. En virtud de esto, se plantea las siguientes opciones para un aprovechamiento integral de la capacidad productiva, utilizando como complemento el sorgo dulce:

- ✓ Utilizar el sorgo dulce como complemento de la caña, mezclando los jugos extraídos de ambos materiales en una proporción de hasta el 10%. La época ideal para efectuar este mix productivo sería al inicio y al final de la zafra, es decir en Abril/Mayo y luego de Septiembre a Noviembre.
- ✓ Durante los meses donde se registre una productividad nula o escasa de los ingenios, dada la falta de caña, se recomienda alimentar el proceso utilizando únicamente sorgo dulce. Esto sería en los meses de Diciembre a Marzo.

Si bien algunos ingenios utilizan parte de su equipamiento para procesar otros materiales fuera de la época de zafra, se trata de un negocio marginal y de baja rentabilidad. Por lo tanto, la utilización de cualquiera de los dos esquemas, y sobre todo de ambos en conjunto, permitiría elevar sustancialmente la productividad de las instalaciones y con ellos reducir la estacionalidad propia de la industria azucarera. Teniendo en cuenta dicha cantidad de meses al año en los que se procesaría sorgo dulce, y la capacidad anual total de procesamiento de caña que tienen los ingenios, se estimó una capacidad ociosa potencial de hasta 32 MM de toneladas (ver cálculos en Anexo I). Claro que esta capacidad está referida a toneladas de caña y no a toneladas de tallos de sorgo, por lo cual habría que efectuar la corrección correspondiente según las implicaciones de procesar cada material. De todas formas, el punto de dicha estimación grosera fue demostrar que el cuello de botella no se encuentra entonces en la capacidad del sector azucarero para procesar los tallos de sorgo, sino en cultivar suficiente sorgo como para poder aprovechar dicha capacidad. Por lo tanto, el problema pasa por lograr una disponibilidad de sorgo dulce acorde con dichos requerimientos. Es importante tener en cuenta que este cultivo se siembre durante la primavera y se cosecha durante el verano, por lo cual las instalaciones de los ingenios recién estarían se utilizarían a partir de Febrero, plantando el sorgo en Octubre.

El problema es que este cultivo ha sido escasamente estudiando en nuestro país. Si bien se los siembra en ciertas regiones junto con el sorgo granífero, el objetivo principal sigue siendo su destino para forraje, razón por la cual no se han investigado las condiciones óptimas para su producción que maximizarían el desarrollo de azúcares fermentables en sus tallos. En nuestro país, a pesar de disponer de una importante

amplitud ecológica para el cultivo de todas las variedades de sorgo (su zona ecológica se extiende aproximadamente entre los 22° y 40° de latitud sur, delimitada hacia el oeste por la isohieta de 500 mm. de precipitación anual), la superficie dedicada a la producción de sorgo para forraje experimentó a partir de la década del 80 una etapa de franca disminución debido a los bajos precios percibidos por el productor al momento de su venta, aunque esta no fue la única causa de su paulatino retroceso. Es por todos conocido que en años recientes se produjo un desplazamiento de la isohieta de los 700 mm hacia el oeste del territorio nacional, por cambios en el régimen de lluvias, por lo que se comenzó a sembrar maíz en áreas en las cuales anteriormente sólo se podía cultivar sorgo. Su resurgimiento se inicia a partir del ciclo 1995/96, con un pico de hectáreas sembradas en la campaña 1997/1998 (920.000), tras lo cual fue cayendo en los últimos cinco años hasta llegar a las 544.000 hectáreas implantadas en la campaña 2003/04. Mientras se registró este decrecimiento del área nacional, ocurrieron aumentos en provincias como Santa Fe, donde la superficie sembrada se triplicó desde la campaña 1994/95 (60.000 hectáreas) hasta la última campaña (180.000 hectáreas).

Las posibilidades futuras de este cereal se centran en aprovechar su mejor adaptabilidad a condiciones ecológicas poco favorables para el cultivo de otros cereales, en particular en zonas de bajas precipitaciones y suelos salino-alcálinos (la presencia de carbonato cálcico aumenta el contenido de sacarosa en los tallos). Su cultivo incluso tiene algunas posibilidades ciertas en zonas tradicionalmente no sorgueras, como el área núcleo de la pampa húmeda, para iniciar el proceso de recuperación de suelos muy degradados en combinación con un conjunto de prácticas conservacionistas, entre ellas la siembra directa y la rotación de cultivos.

Posibles áreas de cultivo.

Además de los requerimientos propios del cultivo (lluvias, suelos, temperaturas, etc.), se tuvieron en cuenta los siguientes criterios para la determinación de áreas con alto potencial para el desarrollo del sorgo dulce:

- ✓ Áreas que no se destinen a la producción primaria o secundaria de soja, maíz, trigo o girasol; ni a la producción primaria de algodón.
- ✓ Proximidad a los ingenios azucareros que existen actualmente (no más de 100 Km.).
- ✓ Áreas donde actualmente se cultivan otras variedades de sorgo, o contiguas a las mismas.
- ✓ Existencia de suelos salino-alcálinos.
- ✓ Existencia de tierras poco productivas no cubiertas por bosques naturales.

En base a estos criterios y a las condiciones ecológicas necesarias para el crecimiento del sorgo dulce, se identificaron 4 regiones con alto potencial para su desarrollo económico con destino a la producción de bioetanol:

- Zona centro-oeste de Santiago del Estero (A).
- Zona noreste de Santa Fe (B).
- Zona este de Salta (C).
- Zona sureste de Entre Ríos (D).
- Zona sureste de San Luis y centro-norte de La Pampa (E).

Para determinar cual es la zona mas apropiada, se utilizó una matriz de decisión en donde se ubicaron los distintos factores (obligatorios y deseables), y se ponderaron los criterios deseables de acuerdo con su importancia relativa.

NECESIDADES			ALTERNATIVAS					
			A	B	C	D	E	
OBLIGATORIA	Distancia a los ingenios azucareros menos a 200 Km		si	si	si	no	no	
DESEABLES	Proximidad a concentración de ingenios	10	9	90	7	70	6	60
	Areas no destinadas a prod. de soja, maíz, trigo o algodón	9	7	63	10	90	8	72
	Proximidad a zonas donde actualmente se cultiva sorgo	8	9	72	6	48	5	40
	Existencia de suelos salino-alcalinos	7	8	56	7	49	7	49
	Existencia de tierras poco productivas no boscosas	6	6	36	5	30	10	60
			227		217		221	

Tabla 3.1

Para el impulso inicial del cultivo, se considera imprescindible la demanda por parte de los ingenios azucareros para promover su desarrollo. Por lo tanto, este criterio se considera mandatario en el corto plazo, lo cual elimina a priori las dos últimas zonas listadas.

De acuerdo a la información ponderada en la matriz, la alternativa A (centro y oeste de Santiago del Estero) parece la más conveniente, razón por la cual se la sugiere como zona de producción primaria en donde iniciar el cultivo de esta especie. Una vez que el mismo se encuentre desarrollado, podría entonces extenderse las zonas B y C, consideradas áreas de producción secundarias.

El área potencial de producción para la zona primaria se estima en unas 400 mil hectáreas aproximadamente. Sin embargo, buscando priorizar el uso suelos salinos y minimizar el impacto sobre los bosques naturales, dicho valor podría reducirse a unas 50.000 hectáreas, concentradas al oeste del área delimitada. Utilizando sólo esta pequeña porción de tierras, y en base a los rendimientos de alcohol por hectárea antes discutidos y a un coeficiente de seguridad por razones de experimentación, se estimó una producción de etanol de entre 200 y 250 millones de litros para el corto plazo (rendimiento de entre 5.000 y 6.000 litros de etanol por ha, con una probabilidad de éxito del 80% en un área cultivada de 50.000 has).

Coeficientes similares pueden aplicarse al área C, obteniéndose una superficie cultivable potencial para el largo plazo de entre 20.000 y 30.000 has, con una producción total de entre 100 y 180 millones de litros por año. El principal obstáculo para el desarrollo de esta área es que para producir sorgo azucarado a una distancia menor a 80 Km. de los ingenios, habría que competir con zonas de producción secundaria de soja.

En el caso del área B, la misma presenta menos restricciones boscosas razón por la cual se estimó un potencial de cultivo de 100.000 has con una producción anual de entre 500 y 600 millones de litros de etanol. Sin embargo, el desarrollo de esta última zona es el menos probable debido a que sólo se encuentra próxima a 2 ingenios azucareros y que cuentan con menor capacidad que los existentes en Tucumán, Salta y Jujuy. Por lo tanto, para explotar el verdadero potencia de dicha área se recomienda la construcción de nuevos ingenios que trabajen exclusivamente en base a sorgo azucarado. Por otro lado, sucede un fenómeno similar que en el caso del área B: para cultivar el sorgo a una distancia que haga rentable su transporte a los ingenios, habría que utilizar zonas de producción secundaria de girasol.

A continuación se muestran la ubicación y extensión potencial de las mencionadas áreas, previo cálculo de la superficie cultivable (zonas A, B y C en toda su extensión). Obsérvese también la localización actual de los principales ingenios azucareros de país, denotada por los puntos azules, y las zonas D y E que fueron descartadas por no cumplir con los criterios mandatorios.



Figura 3.1

Pataca, una opción adicional a largo plazo.

La pataca o tupinambo es otra opción válida para la obtención de etanol. Si bien se trata de una especie de tubérculo, los que produce esta planta no almacenan almidón sino una sustancia denominada inulina, la cual puede transformarse en azúcares fermentables. Esta es una de las razones por las cuales es una fuente importante de fructosa para la industria europea. Es una planta similar al girasol, muy rústica y resistente a plagas y enfermedades. En su parte subterránea desarrolla, después de la floración, tubérculos que contienen la inulina (14% a 16% sobre peso fresco) a partir de la cual se obtienen un 70% a 80% de fructosa y un 15% a 25% de glucosa, por medio de la hidrólisis. El rendimiento en campo está entre 60 y 70 toneladas de tubérculos por hectárea, y en

planta química aproximadamente unos 12kg de tubérculos por cada litro de etanol. Esto arroja un rendimiento final de entre 5.000 y 5.800 litros de etanol por hectárea cultivada. Paralelamente, su parte aérea produce entre 12 y 14 toneladas de tallos secos por hectárea, los cuales pueden ser quemados para generar calor y electricidad.

El inconveniente que presenta es de carácter económico, pues si bien posee rendimientos similares a los del sorgo dulce, tanto su cultivo como su posterior procesamiento en planta son más costosos. Esto se debe fundamentalmente a que se trata de un tubérculo, lo cual lo hace más difícil de cosechar pero sobre todo de procesar. En primer lugar, los mismos deben ser lavados, secados y cortados antes de ingresar al proceso. Luego, la extracción de la inulina es ya mucho más compleja de lo que es, por ejemplo, la extracción del jugo azucarado de los tallos del sorgo. Y finalmente dicha inulina debe atravesar un segundo proceso químico para obtener los azúcares fermentables, material básico para la producción final del etanol.

Es decir, para que el proceso sea realmente eficiente, es necesario desarrollar tecnologías con un grado de complejidad mayor que al procesar tallos de sorgo: procesos de difusión en continuo, depuración por membranas, hidrólisis ácida en continuo, y finalmente la fermentación continua.

Su ventaja reside en su fortaleza y capacidad de adaptación, ya que resiste muy bien los climas fríos e incluso puede cultivarse en latitudes superiores a las del trigo. Las temperaturas mínimas para su crecimiento oscilan entre 6 y 8 grados, aunque el óptimo se encuentre entre los 14 y 18 grados (estas isobaras marcan su zona de cultivo en Galicia, España). En condiciones normales, se siembra durante los primeros meses de la primavera (Septiembre y Agosto, para el hemisferio sur) y se cosecha durante los últimos meses del verano (Febrero y Marzo), siendo las zonas de climas más templados donde el ciclo tiende a adelantarse, y aquellas de climas más fríos donde tienden a postergarse estas fechas. Se cultiva en el norte de España y Francia, en Alemania y en el Reino Unido. En España se la cultiva fundamentalmente para el autoconsumo en la zona de Galicia, donde se estima una área sembrada de 100.000 has.

Por el momento, su aprovechamiento como feedstock para la producción de etanol sólo está siendo estudiando en aquellas regiones en donde su cultivo se encuentra ampliamente desarrollado y existen excedentes al consumo local, y paralelamente existe un mercado de fuerte demanda de etanol con precios elevados que justifiquen sus altos costos de producción (tal es el caso de España y Alemania). Por lo tanto, se descarta su cultivo masivo como feedstock para la industria del etanol en Argentina, al menos en el corto y mediano plazo. Aún así, si a largo plazo se desarrollara un mercado internacional del etanol con fuerte demanda y precios crecientes, y paralelamente se avanzara en el desarrollo de la tecnología necesaria para procesar la patata, se recomienda entonces estudiar su factibilidad para cultivarla y procesarla en zonas de

climas fríos y donde existan tierras poco aprovechadas por otros cultivos, como ser ciertas zonas de la Patagonia Andina y Austral.

Materiales ligno-celulósicos: el feedstock del futuro.

La mayor parte de la materia vegetal no está formada por azúcares ni almidón, sino por celulosa, hemicelulosa y lignina. De hecho, las partes verdes de toda planta están compuestas casi exclusivamente por estas tres sustancias. Tanto la celulosa como la hemicelulosa pueden ser convertidas en etanol, transformándolas primero en azúcares (no en el caso de la lignina). Sin embargo este proceso es mucho más complejo que la transformación del almidón en azúcares para su posterior fermentación.

Hoy en día no existe aún producción industrial de etanol a partir de materiales celulósicos, aunque se están llevando a cabo numerosas investigaciones al respecto, sobre todo en EEUU y Canadá. Esto se debe a que el llamado “etanol de celulosa” presenta una serie de beneficios y ventajas potenciales, como ser:

- ✓ Acceso a una mayor variedad de feedstocks potenciales, incluidos desechos con alto contenido de material celulósico y cultivos específicos como pasturas, arbustos y árboles de rápido crecimiento y gran adaptabilidad.
- ✓ Elevado potencial para disminuir los conflictos entre la alimentación y la energía, ya que muchas de las especies aptas para producir este tipo de material no requieren de tierras cultivables con cereales u oleaginosas.
- ✓ Un mayor potencial de sustitución de los combustibles fósiles por bioetanol, dado que se aprovecha en forma más eficiente la biomasa disponible para biocombustibles.
- ✓ Drástica disminución de las emisiones de GHG a ciclo completo, en comparación con los procesos en base a cereales.

Los tres primeros puntos de listado anterior dependen fuertemente del primero, es decir de la diversidad de feedstocks procesables a partir de esta nueva tecnología. Estos feedstocks pueden incluir:

- Residuos agrícolas: paja del trigo; hojas, tallos y mazorca de maíz; paja del arroz; bagazo de caña de azúcar.
- Residuos forestales: madera de mala calidad; aserrín; desechos de la industria pastera/papelera; árboles muertos o enfermos.
- Residuos urbanos sólidos: como papel, cartón y residuos de poda.
- Cultivos energéticos de alto contenido celulósico: árboles y arbustos de rápido crecimiento; pasturas; híbridos de álamos y sauces.

El contenido celulósico de estos materiales varía entre un 30% y un 70%. El resto es lignina, sustancia que si bien no puede ser convertida en etanol, si puede utilizarse como

combustible sólido dentro del mismo proceso, o bien transformarse en un combustible líquido a través de un proceso de gasificación de la biomasa y su posterior conversión gas-líquido (BTL, *biomass-to-liquid*).

En términos de su potencial como fuente de abastecimiento, los desechos agrícolas y forestales son una fuente vasta y diversa que podría sostener la producción de etanol a largo plazo y elevar su porcentaje de participación en la matriz energética mundial. Incluso pueden darse mejores usos a materiales ya aprovechados. Tal es el caso del bagazo de caña en Brasil, en donde el mismo es utilizado para generar energía eléctrica, cuando en realidad parte de ese material (su contenido celulósico) podría continuar dentro del ciclo de producción como un feedstock adicional, y sólo se quemaría la parte de lignina remanente. De hecho, una gran parte de la caña cortada es dejada en los campos y luego quemada a cielo abierto, volumen que sin dudas podría aprovecharse bajo este nuevo esquema de utilización.

Estos materiales, en conjunto con los desechos domiciliarios, pasarían a ser las fuentes de abastecimiento para el llamado “etanol de segunda generación”, es decir aquel que se obtiene a partir de los residuos de otras industrias. Pero no deben dejarse de lado los cultivos celulósicos destinados especialmente al etanol, como árboles y pasturas. Sobre todo porque estas especies requieren tierras poco aptas para el cultivo y menor requerimiento de agroquímicos que otras especies, además de contribuir a mejorar los ambientes naturales degradados por las actividades agropecuarias tradicionales.

La posibilidad de elegir entre diferentes materiales para utilizar como feedstocks es una diferencia importante con respecto al proceso convencional (basado en caña o granos). Esta posibilidad no sólo le otorga flexibilidad a los proyectos, sino que tiene fuertes implicancias en el balance energético y de GHG del ciclo completo (las mismas se detallan más adelante). En el caso de los procesos en base a cereales, casi toda la energía inyectada al ciclo proviene de fuentes fósiles, ya sea gas natural, derivados del petróleo o carbón, que son utilizados como combustible en las diversas etapas del circuito. Pero para la conversión de celulosa en etanol es posible obtener casi la totalidad de la energía a consumir a partir de la biomasa, en particular de los restos de celulosa no procesada y de la lignina. La vasta cantidad y accesibilidad al feedstock procesable es lo que permitirá este aprovechamiento integral de la biomasa, y a su vez es lo que explica porque no sucede lo mismo con los cereales: sólo un pequeño porcentaje de los componentes sin almidón de los cultivos tradicionales se encuentran disponibles en forma accesible, abundante y a un bajo costo. Es por ello que actualmente sigue siendo mucho más sencillo y barato utilizar energía fósil que intentar aprovechar estos componentes; sin embargo este paradigma no es ambientalmente sano ni sustentable a largo plazo. En cuanto a la caña de azúcar, podríamos decir que se encuentra en una situación intermedia entre ambos casos, ya que parte del residuo es

aprovechado industrialmente para generar calor y electricidad, mientras que otra porción importante es quemada en los campos emitiendo compuestos contaminantes.

A título informativo, se citan a continuación algunas especies vegetales y residuos agrícolas que podrían ser utilizadas para producir etanol de celulosa:

- Switchgrass: Es un pasto salvaje muy abundante en América del Norte. Típicamente se lo cultiva en ciclos rotativos de 10 años y la cosecha puede comenzar entre 1 y 2 años después de plantado. Esta operación implica cortar y acumular los pastos, pero no requiere tareas de arado ni replantar anualmente.
- Híbridos de álamos y sauces: Por tratarse de árboles, estas especies requieren más tiempo de crecimiento que la anterior, debiéndose esperar hasta 10 años para la edad de cosecha (varia según la región).
- Paja del trigo y residuos de la cosecha del maíz: la fracción fibrosa del grano de maíz (que no contiene almidón) puede ser fermentada y con ello incrementar un 10% el rendimiento de etanol por tonelada de maíz, además de mejorar la calidad de los subproductos obtenidos (gluten de maíz y DDGS). Adicionalmente, el resto de la planta de maíz (tallos, hojas y mazorca) también puede ser fermentado a través del procesamiento ligno-celulósico (se obtienen entre 1 y 1,5 Tn de estos materiales por cada Tn de maíz cosechado, según el *National Corn-To-Ethanol Research Center*).

Proceso de conversión.

El primer paso al convertir biomasa ligno-celulósica en etanol es el pretratamiento de la misma, que involucra la limpieza y trituración del material. Luego se aplican típicamente una serie de procesos físicos y químicos (Ej. hidrólisis ácida) que permiten la separación de la biomasa en sus tres elementos fundamentales: celulosa, hemicelulosa y lignina. Parte de la celulosa puede ser ya convertida en azúcares durante este paso, y se removerá toda la lignina.

Luego la celulosa remanente es transformada en azúcares, nuevamente mediante hidrólisis, en el proceso de sacarificación. Los métodos más comunes son la hidrólisis diluida y la hidrólisis ácida concentrada, los cuales constituyen la etapa más cara del proceso y marcan los límites de su rendimiento. Por lo tanto, el grueso de la investigación en torno al etanol de celulosa se centra en desarrollar enzimas que optimicen este proceso. Finalmente, se procede a la fermentación de los azúcares obtenidos, un paso que si bien es menos complejo que el anterior también presenta sus retos pues el material a fermentar es una mezcla compleja de azúcares de 5 y 6 carbonos.

Nuevos avances para optimizar el proceso.

Las primeras aplicaciones de enzimas para mejorar la hidrólisis de celulosa consistían simplemente en reemplazar el proceso de hidrólisis ácida por un proceso denominada hidrólisis enzimática. El proceso final desarrollado fue llamado “de hidrólisis y fermentación separadas” (SHF). Luego se realizó una modificación importante, que buscaba efectuar en forma simultánea la sacarificación y la fermentación (proceso SSF). Este método fue recientemente mejorado para incluir la co-fermentación de múltiples sustratos de azúcares. En el proceso SSF, la celulosa, las enzimas y los microbios para la fermentación son combinados, reduciendo el número de reactores y mejorando la eficiencia total. Al mismo tiempo que los azúcares son obtenidos, los microbios los van fermentando a etanol (Sreenath, 2001).

Finalmente, los investigadores están estudiando la posibilidad de producir todas las enzimas y microbios requeridos en un único reactor, lo cual implica utilizar una única “comunidad microbiana” para producir tanto las enzimas que rompen la celulosa en azúcares, como la fermentación de esos azúcares en etanol. Esto es lo que se ha denominado el “proceso bioconsolidado” (CBP), y que muchos especialistas ven como el punto culminante de evolución de la conversión de biomasa en etanol, por su altísimo potencial para mejorar tanto la eficiencia como los costos totales del proceso.

Potencial para optimizar el balance energético.

Como se mencionó antes, una de las principales ventajas del etanol de celulosa es su “doble valor” como feedstocks para producir etanol y como fuente de combustibles sólidos de origen vegetal (principalmente lignina). Esto sin dudas contribuye a una reducción en la cantidad de energía fósil consumida por el proceso, pero aún así existen otros factores que también contribuyen a mejorar dicha eficiencia. Entre los más importantes, se pueden mencionar:

- La reducción en el uso de fertilizantes durante la etapa agrícola del proceso.
- El uso de los subproductos como combustibles sólidos para la generación de electricidad, desplazando principalmente al carbón.
- La posibilidad de utilizar nuevas especies vegetales que cuenten con mayor capacidad para absorber la energía de los rayos solares (a través de la fotosíntesis) y almacenarla dentro de sus tallos en forma de celulosa.

En base a hipótesis acerca del comportamiento de estos factores, la mayor parte de los estudios disponibles muestran una reducción en las emisiones de GHG (a ciclo completo) de entre 70% y 90%, con respecto al uso de naftas convencionales. Incluso algunos estudios muestran una reducción mayor al 100%, lo cual significaría la posibilidad de capturar mayor CO₂ (por parte de los cultivos) del que luego será

emitido. Si bien esto será algo sumamente difícil de alcanzar en la práctica, la sola existencia de estimaciones teóricas que incluyan esta posibilidad supone que en el futuro se podrá no sólo reducir las emisiones, sino incluso “limpiar la atmósfera de CO₂”. Esto cambia completamente la visión que se tenía hasta el momento acerca del potencial ecológico del bioetanol carburante.

Se muestra a continuación un cuadro resumen que incluye los principales estudios efectuados en Canadá y EEUU.

Costo por tonelada de GHG reducida para diversos materiales celulósicos.

	Feedstock	Ethanol production efficiency (litres/tonne feedstock)	Fuel process energy efficiency (energy in/out) ^a	Well-to-wheels GHG emissions: compared to base (gasoline) vehicle (per km travelled)	
				Fraction of base vehicle	Percent reduction
GM <i>et al.</i> , 2002	wood (poplar plantation)	n/a	1.20	0.49	51%
GM/ANL, 2001	wood- <i>a</i>	288	1.30	n/a	n/a
GM/ANL, 2001	wood- <i>b</i>	371	1.90	n/a	n/a
Wang, 2001a	wood	288	1.52	-0.07	107%
GM/ANL, 2001	grass- <i>a</i>	303	1.00	0.29	71%
GM/ANL, 2001	grass- <i>b</i>	390	1.60	0.34	66%
Wang, 2001a	grass	303	1.37	0.27	73%
Levelton, 2000b	grass	310	1.28	0.29	71%
GM <i>et al.</i> , 2002	crop residue (straw)	N/a	n/a	0.18	82%
Levelton, 2000b	corn residue (stover)	345	1.10	0.39	61%
Levelton, 2000b	hay	305	1.32	0.32	68%
Levelton, 2000b	wheat straw	330	1.12	0.43	57%

Note: Where a range of estimates is reported by a paper, "*a*" and "*b*" are shown in the feedstock column to reflect this.
n/a: not available.

^a Process energy includes both biomass and non-biomass energy sources.

Sources: GM *et al.* (2002), GM/ANL *et al.* (2001), Wang (2001a), and Levelton (2000b).

Tabla 3.2

Como se mencionó en el capítulo anterior, el criterio ambiental básico para que los gobiernos impartan políticas que favorezcan nuevos feedstocks y nuevas tecnologías (como el etanol de celulosa) es el costo por tonelada de GHG reducida (ver fundamentos en la sección “La cuestión ambiental” del Capítulo 2). De acuerdo con este criterio, para un escenario de mediano plazo o post 2010, el etanol de celulosa se ubica como la segunda opción más eficiente en cuanto a costos a la hora de reducir las emisiones de carbono, detrás del etanol de caña de azúcar y muy por delante del etanol de maíz u otros cereales (ver cuadro indicativo en Capítulo 2). Y aún siendo la caña una alternativa levemente más eficiente, podría decirse que la celulosa es una mejor opción dado que posee un potencial de aprovechamiento (tanto en cantidad como en variedad

de especies) mucho mayor. Incluso al nivel actual de madurez de la tecnología, el etanol de celulosa es ya una mejor opción para reducir las emisiones de carbono que el etanol de cereales, al menos en cuanto al costo por tonelada de GHG eliminada. El problema reside en que si bien este argumento lo vuelve atractivo para la comunidad en su conjunto (o si se quiere, para los gobiernos), no lo es para los inversores pues a ellos sólo les interesa (y lógicamente) el costo por litro de etanol vendido, y como se demuestra a continuación dicho valor resulta, por el momento, inaceptable. Después de todo, el principal reto para hacer efectiva estas y otras ventajas del etanol de celulosa es el avance en la optimización del proceso químico y la reducción de sus costos. Y por el momento, los avances logrados en la conversión de celulosa en etanol durante la última década han resultado mucho más lentos de lo que se había predicho originalmente, cuando recién comenzó a investigarse el proceso. Es por ello que los especialistas no vislumbran su aprovechamiento comercial hasta dentro de 10 o 15 años.

Costos de producción estimados.

Como se mencionara anteriormente, la conversión de celulosa en etanol a través del proceso de hidrólisis enzimática requiere un nivel de tecnología mucho más complejo que en el caso de cultivos a base de almidón o azúcares. Sin embargo, el costo de adquisición de la materia prima podría ser mucho menor que para otros materiales, en el caso de utilizar residuos agrícolas o forestales, pasturas o incluso plantaciones de árboles o arbustos destinadas específicamente a la industria del etanol. Por lo tanto, el desafío reside en alcanzar costos de procesamiento suficientemente bajos como para volverlo una opción competitiva en relación con otras fuentes de etanol (más allá de que en el futuro puedan surgir subsidios especiales que se le podrían otorgar, dadas sus óptimas cualidades ambientales y de sustentabilidad). Varios gobiernos y compañías privadas ya están investigando con el objetivo de hacer viable el negocio. Para tener una idea de los resultados que se esperan lograr, se muestra continuación un cuadro con el detalle de los costos de producción estimados para el corto y mediano plazo, bajo tres escenarios posibles: un caso base o neutro a corto plazo, un escenario optimista que supone un importante desarrollo de la industria en el corto plazo, y finalmente un escenario post 2010 (mediano plazo). Las estimaciones suponen el uso de una plantación de álamos híbridos como feedstock principal para alimentar una planta de gran escala en Canadá (IEA, 2001).

*Costos de producción estimados para el etanol de celulosa (planta de gran tamaño
ubicada en Canadá, empleando álamos híbridos como feedstock principal).*

	Near-term base case	Near-term "best Industry" case	Post-2010
Plant capital recovery cost	\$0.177	\$0.139	\$0.073
Raw material processing capacity (tonnes per day)	2 000	2 000	2 000
Ethanol yield (litres per tonne)	283	316	466
Ethanol production (million litres per year)	198	221	326
Total capital cost (million US\$)	\$234	\$205	\$159
Operating cost	\$0.182	\$0.152	\$0.112
Feedstock cost	\$0.097	\$0.087	\$0.059
Co-product credit	(\$0.019)	\$0.029	\$0.0
Chemicals	\$0.049	\$0.049	\$0.028
Labour	\$0.013	\$0.011	\$0.008
Maintenance	\$0.024	\$0.019	\$0.010
Insurance & taxes	\$0.018	\$0.015	\$0.007
Total cost per litre	\$0.36	\$0.29	\$0.19
Total cost per gasoline-equivalent litre	\$0.53	\$0.43	\$0.27

Tabla 3.3

El costo de producción de 0,36 USD por litro estimado para el caso base a corto plazo, es tan sólo un 20% mayor que el costo actual del etanol de maíz en los EEUU. El problema con estos valores, es que al no existir plantas de gran tamaño en la actualidad, no hay aun certezas acerca de si estas metas de costos podrán ser alcanzadas en el tiempo deseado. Como se observa en el cuadro adjunto, los elevados costos de producción se deben a los altos valores de amortización de planta (debido a la complejidad de la tecnología de conversión) y a los relativamente altos costos de operación. Según el *National Corn-To-Ethanol Research Center*, el costo de las enzimas necesarias para la hidrólisis de la biomasa celulósica permanece aún prohibitivo (0,07 USD/litro). Obsérvese también que los costos del feedstock son menores que en el caso de plantas que se alimentan con cereales. Esta es la única ventaja económica que presenta el proyecto, y si bien el caso fue analizado suponiendo al álamo como materia primer principal, se determinó que para un costo de materia prima de 0,1 USD/litro, una gran variedad de otros materiales tendrían la misma viabilidad económica, suponiendo constantes el resto de los costos (IEA 2006).

El segundo caso supone la construcción sucesiva de N plantas de gran capacidad en pocos años, con lo cual el avance en la curva de aprendizaje será mucho más rápido. En este escenario los costos se reducen un 20%, alcanzando valores similares a los actuales costos para el etanol de maíz en EEUU. El valor de estos cálculos reside en mostrar cuán importante es el avance en la curva de aprendizaje para volver a una nueva industria competitiva. El problema es que esta situación se encuentra encuadrada en lo que se conoce como “el problema del huevo y la gallina”. El razonamiento que lo

explica es el siguiente: los inversores no desean invertir en nuevas plantas hasta que los costos se hayan reducido lo suficiente como para volverlas competitivas; pero a su vez para que esto suceda es necesario que la tecnología madure, y una de las principales formas para que dicha madurez se alcance es a través de la experiencia en producción, o sea construyendo nuevas plantas (que alguien debe pagar) y monitoreando y mejorando procesos de producción reales a gran escala... En definitiva, un ciclo que no terminará hasta que los primeros emprendedores se animen a ingresar como pioneros en esta nueva industria.

Finalmente, el escenario post 2010 incluye reducciones en la inversión de planta y mejoras en la eficiencia de la conversión. Si estos supuestos se alcanzaran, el etanol de celulosa podría ser más barato que el etanol de granos. La pregunta esencial es: ¿Cuándo podría darse este escenario? El horizonte de 10 a 15 años a partir de hoy, ¿es una estimación realista y alcanzable? Para responder a esta pregunta no sólo hay que tener en cuenta los posibles avances en el proceso celulósico, sino también en las otras opciones de tecnología, principalmente los granos y el azúcar que son quienes dominan el mercado hoy por hoy y presentan un elevado potencial de mejora de cara al futuro, sobre todo los primeros. La siguiente tabla es una estimación de la probable evolución de estas dos alternativas (granos y celulosa) en los EEUU, y su comparación con los costos de producción de las naftas convencionales (cálculos propios en base a datos de IEA y la Energy Information Administration).

Comparación de costos etanol/ nafta, en base a su equivalente energético.*

Combustible	Costo actual	Proyectado 2010	Post 2020
Nafta	0,54	0,65	0,72
Etanol de maíz	0,48	0,43	0,37
Etanol de celulosa	0,60	0,46	0,28

(*) El costo en equivalente energético se obtiene dividiendo el costo por litro por 0,67 ya que el etanol contiene 67% de la energía contenida en la nafta.

Tabla 3.4

De acuerdo con estos datos, el etanol de celulosa sería competitivo con otros feedstocks en algún momento entre 2010 y 2020. Extrapolando linealmente a partir de los datos de la tabla, el equilibrio se daría alrededor del año 2014, a un costo de 0,40 dólares por litro de nafta equivalente (0,27 USD/litro de etanol). Pero esto se dará siempre y cuando se cumplan las metas de reducción de costos fijadas por los organismos que se encuentran investigando en la materia, lo cual depende fuertemente de la evolución en tecnología de conversión durante los próximos años. De hecho, según estudios de la Agencia Internacional de Energía (IEA), para alcanzar el valor umbral de 0,27 USD/litro de etanol antes de 2015 sería necesario desarrollar a escala industrial la última tecnología de “proceso bioconsolidado” (CBP) descripta en los párrafos precedentes, lo cual sin dudas representa un reto impresionante para el horizonte temporal pretendido.

Finalmente, es de destacar también la diferencia sustancial con respecto al costo de la nafta a partir de 2010, debido principalmente al alza pronosticada en los precios del crudo (*Energy Information Administration*).

Cuantificando su potencial para mitigar el alza de los cereales.

El potencial del etanol de celulosa para minimizar el incremento en el precio de commodities agrícolas a nivel mundial, fue previamente comentado y cuantificado en el Capítulo 2 cuando se presentó el modelo IMPACT. El mismo incluye en uno de sus escenarios la hipótesis de un fuerte desarrollo de la industria del etanol de celulosa hacia el año 2020, lo cual permitiría reducir entre 12 y 18 puntos el alza en los precios del maíz, y entre 9 y 12 puntos en el caso del trigo, con respecto a un caso base de fuerte incremento del etanol pero sin el aprovechamiento de los materiales celulósicos. Los dos valores mencionados para cada cultivo suponen dos escenarios de crecimiento para el mercado de etanol a largo plazo: moderado y agresivo, respectivamente (ver modelo IMPACT, sección “*Food vs. Fuel: ¿Seguridad energética o seguridad alimentaria?*”, Capítulo 2).

El potencial de Argentina para producir etanol de celulosa: cuantificando el feedstock disponible hacia 2020.

La Argentina cuenta con una larga tradición y experiencia en el sector forestal y sus industrias derivadas (principalmente madera y papel). El sector forestal, considerando silvicultura, productos de madera, muebles, papel y cartón representa aprox. el 2% del PBI de nuestro país. Existen numerosas regiones destinadas a la actividad forestal, tanto a base de especies locales (Selva Tucumano-Boliviana, Parque Chaqueño, Selva Misionera, Bosques Andino-Patagónicos, Monte Espinal), como también implantadas (coníferas en Misiones y Neuquén, Eucalipto en Entre Ríos, Salicáceas en el Delta del Paraná). Esta abundancia de tierras y especies para la forestación, sumadas a los bajos costos en comparación con otras regiones del mundo, permiten la obtención de una gran cantidad y variedad de productos. Se muestra a continuación la producción hacia 2005 de los más representativos:

Extracción de productos forestales hacia 2005.

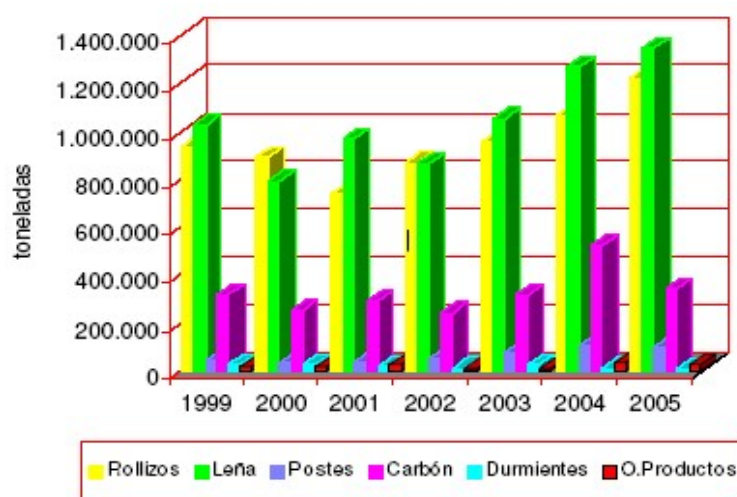


Figura 3.2

Fuente: Dirección de bosques.

Obsérvese el repunte de los dos principales productos de extracción (rollizos y leña) a partir de la devaluación y la crisis energética.

La extracción de rollizos es la principal fuente de materia prima para la industria del papel y la madera, y es por ello que mueve mucho más dinero que la extracción de leña, si bien sus valores en toneladas extraídas son similares. Este rubro es liderado por la provincia de Chaco (40%), Misiones (29%), Formosa (11%) y Tierra del Fuego (5%). En cuanto a los productos elaborados, los principales son los tableros (1,9 MM de m3, sumando tableros de partículas y tableros de fibra), la madera aserrada (1,8 MM de m3), el papel y el cartón (1,5 MM de m3), y las pastas de celulosa (1 MM de m3).

Producción relativa de productos forestales elaborados (2005).

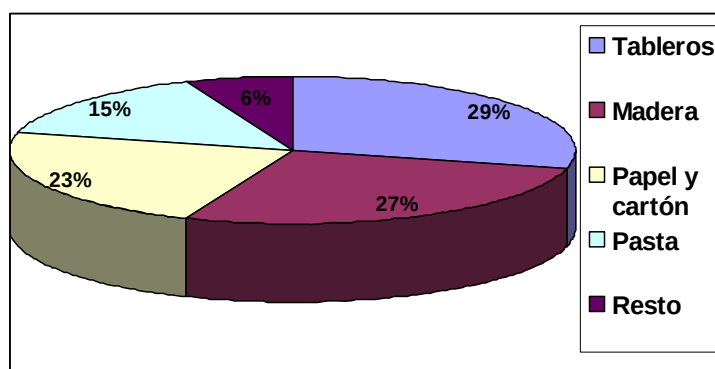


Figura 3.3

Fuente: INDEC.

Pero lo que verdaderamente importa en este estudio es la disponibilidad de residuos forestales para su futura transformación en etanol. Según estimaciones del Foro de

Competitividad para la Madera y el Mueble, en nuestro país se generan residuos forestales que superan los 5 millones de toneladas anuales. La mayoría de los mismos se apilan y se queman cerca de las plantaciones y/ o aserraderos emitiendo a la atmósfera aproximadamente 2,5 millones de toneladas de carbono. Según datos obtenidos de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Informe del Panorama Forestal) sólo el proceso de industrialización de los rollizos para madera genera aproximadamente un 50% de residuos, de los cuales apenas una fracción se reutiliza en la industria del papel, para la fabricación de tableros o simplemente como combustibles sólidos. Si esto lo llevamos a términos económicos, con valores internacionales, nos daríamos cuenta que estamos quemando unos 150 millones de dólares por año. Por esta razón, y teniendo en cuenta que la fuerte presión que existe sobre los bosques nativos y sobre las tierras aptas para la forestación, será cada vez más importante lograr uso integral del árbol.

Dado que la tecnología para transformar la celulosa en etanol no se vislumbra viable hasta dentro de 10 o 15 años, se optó por efectuar una proyección de las fuentes potenciales de abastecimiento hacia dicho horizonte temporal, es decir entre los años 2017 y 2022. Se tomó como fuente principal a los residuos derivados de la industrialización de rollizos en la provincia de Misiones. La elección de los residuos de rollizos se debe a su abundancia relativa en comparación con otros residuos forestales, lo cual permitiría continuar reciclando un porcentaje de los mismos y paralelamente atender otras fuentes innovadoras de demanda para su energía, como ser la obtención de bioetanol y de bio-oil. Por otro lado, se eligió estudiar sólo la producción forestal de la provincia de Misiones por concentrarse en esta región más del 75% de la superficie de bosques implantados, y ser además la segunda en volumen de producción de rollizos (luego de Chaco). A su vez no cuenta con otras posibilidades de cultivos aptos para la producción de etanol (salvo un único ingenio azucarero) a diferencia de lo que sucede en otras cuencas forestales implantadas como Entre Ríos, Corrientes o Buenos Aires que cuentan con una producción importante de trigo y maíz. Teniendo en cuenta la problemática de la tala indiscriminada de bosques nativos, tampoco se tuvieron en cuenta los residuos provenientes de la explotación forestal de especies nativas (por ello no se calculó la producción de rollizos en Chaco).

Para poder estimar el volumen de residuos es necesario conocer dos tipos de datos: por un lado, las proyecciones de plantaciones y la edad de corte de las especies en cuestión; y por el otro el porcentaje de madera cortada que se destina a rollizos. En Misiones, las principales especies son las coníferas (90%, edad de corte de 12 a 18 años) y el eucalipto (5%, edad de corte de 9 a 13 años); y el 95% de la madera cortada se destina a rollizos (Series Estadísticas Forestales, de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable). Teniendo en cuenta las edades de corte promedio de las especies en cuestión, se hace necesario conocer las plantaciones hechas entre 2004 y 2012, para estimar los volúmenes a talar entre 2017 y 2023. A continuación se muestra información sobre la superficie implantada desde 2002 a 2012 (los valores entre 2008 y

2012 se obtuvieron de estimaciones confeccionadas por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable).

Año	Has. Incorporadas
2002	9.000
2003	21.000
2004	6.000
2005	9.000
2006	14.000
2007	21.000
2008	12.000
2009	18.000
2010	26.000
2011	40.000
2012	40.000

Tabla 3.5

Año	Hectáreas a cortar	
	Coníferas	Eucalipto
2017	8.100	700
2018	18.900	1.050
2019	5.400	600
2020	8.100	900
2021	12.600	1.300
2022	18.900	2.000
2023	10.800	2.000

Tabla 3.6

Una vez obtenida la información sobre las hectáreas que serán cortadas, es posible determinar el volumen de rollizos a obtener conociendo el rendimiento por hectárea cortada y el porcentaje destinado a rollizos (95%). Se tomaron los siguientes datos obtenidos de SAGPyA: Coníferas 4.000 m³/ha (0,5 Kg/m³), Eucalipto 7.600 m³/ha (0,7 Kg/m³). Finalmente se aplicó un coeficiente del 50% para determinar el volumen de residuos generados a partir de los rollizos procesados.

Año	Rollizos a obtener		Residuos (toneladas)
	Volúmen (m ³)	Toneladas	
2017	35.834.000	18.927.800	9.463.900
2018	79.401.000	41.216.700	20.608.350
2019	24.852.000	13.292.400	6.646.200
2020	37.278.000	19.938.600	9.969.300
2021	57.266.000	30.510.200	15.255.100
2022	86.260.000	46.018.000	23.009.000
2023	55.480.000	30.628.000	15.314.000

Tabla 3.7

Se observa un volumen de feedstock disponible que es altamente variable, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que el mismo depende de la cantidad de proyectos forestales que vayan surgiendo entre 11 y 15 años antes del año en cuestión, los cuales varían discretamente a través del tiempo. También es necesario aclarar que la volatilidad de los valores se debe a que se tomaron cifras promedio para parámetros como la edad de corte y el volumen de los árboles que se cortan, su variedad (dentro de una misma especie) y su rendimiento en rollos por hectárea. Nótese que la cantidad mínima es de aproximadamente 6,5 millones de toneladas (2019), mientras que el máximo disponible se registra hacia 2022 con 23 millones de toneladas.

El paso final es transformar esta masa de residuos forestales en etanol, tomando valores de rendimiento proyectados para el proceso de conversión. Expertos de la Agencia Internacional de Energía (IEA) estiman una eficiencia de conversión para dicho horizonte temporal de alrededor de 400 litros de etanol por tonelada de feedstock deshidratado. Dado que los valores de densidad anteriormente empleados corresponden a un contenido promedio de 15% de humedad (SAGPyA), se aplicó dicho porcentaje para obtener el peso del residuo seco, y luego efectuar la conversión a etanol.

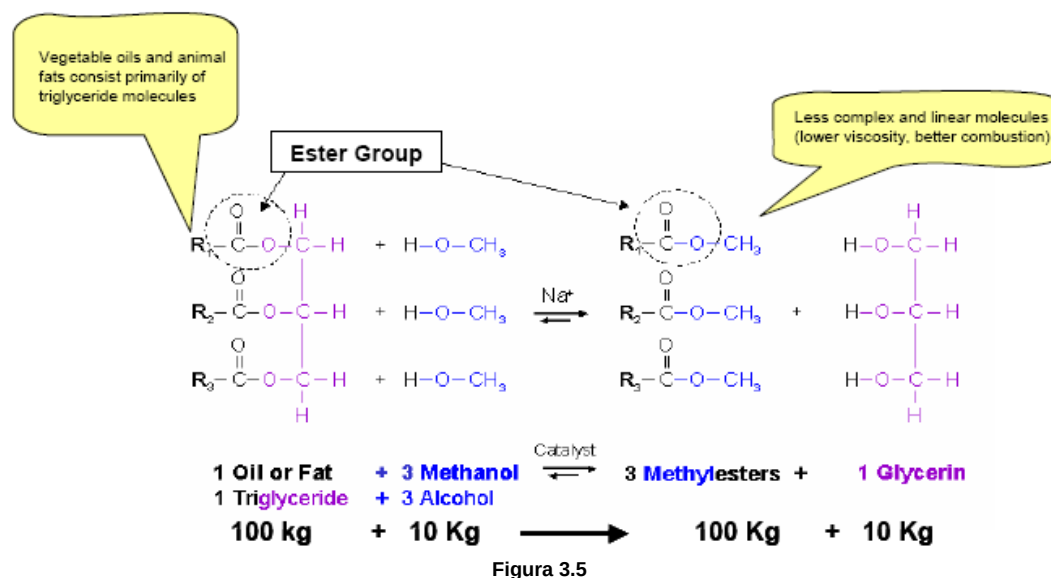
<i>Año</i>	<i>Residuos a procesar (Tn)</i>		<i>Etanol (MM de ls)</i>
	<i>Peso húmedo</i>	<i>Peso seco</i>	
2017	9.463.900	8.044.315	322
2018	20.608.350	17.517.098	701
2019	6.646.200	5.649.270	226
2020	9.969.300	8.473.905	339
2021	15.255.100	12.966.835	519
2022	23.009.000	19.557.650	782
2023	15.314.000	13.016.900	521

Tabla 3.8

Etanol y biodiesel: integrando procesos.

Después del etanol, el biodiesel es el biocombustible líquido más utilizado en el mundo, ya sea como aditivo en motores diesel (1% a 5%), mezclado con el gasoil (B20), o puro (B100). La producción en 2006 se estimó en aprox. 6 millones de toneladas (5.400 MM de litros), concentrándose un 75% en Europa, 21% en USA y el 4% restante en el resto del mundo. El biodiesel puede elaborarse a partir de cualquier tipo de aceite vegetal o grasa animal que contengan una alta proporción de triglicéridos. Estos compuestos reaccionan con metóxido de sodio (metanol + hidróxido de sodio) o en su defecto con etóxido de sodio (etanol + hidróxido de sodio), obteniéndose como productos de la reacción ésteres metílicos (biodiesel) y glicerol, tal como se observa en la figura.

El auge del biodiesel ha producido un exceso de glicerol (glicerina) en los mercados internacionales, reduciendo dramáticamente su precio y complicando la colocación de este subproducto. Esto ha motivado el desarrollo de nuevas aplicaciones para esta sustancia, entre las cuales se destacan su uso como combustible alternativo en calderas de vapor. En estudios recientes también se ha comenzado a evaluar su potencial como materia prima para la obtención de etanol.



En Argentina, un descubrimiento desarrollado en la UBA y patentado por el CONICET puede llegar a cambiar el destino de la glicerina. Se trata de dos nuevas variedades de microbios que permitirían elaborar etanol partiendo de este residuo. La bacteria es de una eficiencia hasta hoy casi desconocida, y también permitirá fabricar un plástico biodegradable (o bioplástico) denominado polihidroxibutirato (o PBH), que se produciría en forma de gránulos dentro del citoplasma de los microorganismos.

Pero la búsqueda por transformar el glicerol en etanol no es nueva. Ensayos similares fueron efectuados por científicos de la Universidad de Hiroshima desde 2005, quienes obtuvieron rendimientos de entre 0,8 y 0,85 mol/mol (0,40 a 0,425 Kg de etanol por Kg de glicerol). A su vez, este proceso también permite obtener cantidades importantes de hidrógeno.

El principal inconveniente, al igual que sucede con el etanol de celulosa, radica en la viabilidad comercial de estos nuevos descubrimientos. No se vislumbra que los mismos sean económicamente viables en el corto plazo, razón por la cual recién se convertiría en una opción aprovechable dentro de unos 10 años (post 2015). Sin embargo, los importantes excedentes de glicerina y sus bajos costos la transforman en un feedstock más que interesante para su estudio, y las primeras naciones que desarrollen esta novedosa tecnología tendrán una fuente de abastecimiento de etanol abundante y de bajo costo.

Para dimensionar su participación en la matriz de abastecimiento de la futura industria del etanol argentino, se optó en primera medida por proyectar la producción de glicerina entre los años 2015 y 2020 en nuestro país. Pero para ello es necesario proyectar la producción local de biodiesel (principal fuente de la glicerina) en el mencionado intervalo temporal, tarea sumamente complicada de efectuar. Ante esta situación, la

solución optada consistió en proyectar la producción de biodiesel para el corto plazo (hasta el año 2010) en base a los datos de capacidad instalada durante los últimos años y a la información vigente al día de hoy sobre proyectos en cartera. Para continuar las proyecciones más allá del 2010, y teniendo en cuenta la incertidumbre existente acerca de la intervención estatal en esta nueva industria, se optó por construir dos escenarios que sirvan como de casos límites de la futura oferta de biodiesel en Argentina. Se detallan a continuación las hipótesis y cálculos efectuados.

Proyección de la oferta de biodiesel a corto plazo (2008-2010).

Al día de hoy existen sólo 5 plantas de mediana y gran capacidad habilitadas para producir biodiesel, que totalizan una capacidad instalada de 800.000 toneladas anuales. Sin embargo, los proyectos que se encuentran en fase de construcción (5 más) sumarán 900.000 toneladas adicionales para fines de 2008 o principios de 2009, totalizando 1,7 millones de toneladas según estimaciones de la AABH. A su vez, esta misma fuente supone que para fines de 2010 dicha cifra llegará a los 2,2 millones de toneladas. Pero a este número se le podrían sumar unos 20 pequeños emprendimientos con una capacidad instalada promedio de 15.000 toneladas anuales con destino al mercado interno, algunos ya en fase de construcción. Si incluimos esta capacidad extra de los pequeños productores, estimada en 300.000 toneladas hacia 2010, entonces se llega a un estimado de aprox. 2.600.000 toneladas anuales para fines de dicho año, valor cercano al que maneja la AABH (2,9 millones = 2,2 millones para exportación + 0,7 millones para consumo local).

Oferta de biodiesel post-2010: escenarios de borde.

El desarrollo de la futura producción local de biodiesel (así como de bioetanol) dependerá básicamente de tres tipos de factores:

- De las condiciones de mercado imperantes en el momento: precio y disponibilidad de materias primas, precio y demanda (sobre todo internacional) de los productos y subproductos, costo y nivel de madurez de la tecnología, disponibilidad de mano de obra calificada.
- Del control estatal sobre los mercados de commodities, tanto del lado del abastecimiento (granos y aceites) como del lado de los productos terminados (biodiesel, bioetanol, DDGS y expeller) y sus productos sustitutos (naftas, gasoil y GNC) y complementarios (vehículos y servicios de autotransporte; generación de proteína animal).
- Del nivel de madurez que logré la seguridad jurídica en nuestro país.

- De las políticas de estado que se apliquen en áreas estratégicas para su desarrollo, como ser: fomento de la inversión en energías alternativas, desarrollo y promoción de la investigación en tecnologías de biocombustibles, políticas de promoción industrial e incentivos fiscales, políticas de integración al mercado mundial de biocombustibles e intercambio tecnológico con las naciones líderes.

El mix resultante de todos estos factores hacia el año 2015 es virtualmente impredecible, sobre todo en lo que hace a las políticas de estado. Ante esta incertidumbre se decidió construir los siguientes escenarios extremos.

NOTA: en todos los casos se asumió una conversión de glicerol a etanol del 40% en masa (valor conservador de los ensayos experimentales en la Universidad de Hiroshima).

Escenario favorable u optimista, basado en las siguientes hipótesis:

- ✓ Mínimo control estatal sobre los precios del biodiesel para exportación (retenciones mínimas o nulas).
- ✓ Obligatoriedad del consumo interno con un precio de venta que permita lograr una rentabilidad cercana al negocio de exportación.
- ✓ Tasa de corte del gasoil creciente en el tiempo (superior al 5% después de 2015 y cercana al 10% hacia 2020).
- ✓ Incrementos a las retenciones aplicadas a aceites y granos, de forma de evitar la fuga de materias primas hacia la industria internacional y volver más competitiva la radicación de plantas en Argentina.
- ✓ Descongelamiento del precio de los combustibles fósiles en Argentina, de forma de equiparlos gradualmente con los precios internacionales, y evitar su encarecimiento por cortarlos con biocombustibles.
- ✓ Tasa de corte creciente y obligatoria en países de fuerte demanda (UE, EEUU, China, India, Japón y Korea).
- ✓ Restricciones a la producción en la UE por encarecimiento excesivo de las materias primas y escasez de tierras disponibles.
- ✓ Restricciones a la producción en base a aceite de palma en el sudeste asiático, por cuestiones ambientales (desmontes de bosques nativos) y competencia por la tierra con usos agrícolas y ganaderos.
- ✓ Baja participación de feedstocks alternativos como la grasa animal, algas o *Jatropha*, con respecto a los feedstocks tradicionales (oleaginosas).

Bajo estas hipótesis, nuestro país se consolidaría como uno de los principales productores y exportadores de biodiesel, principalmente a través de oleaginosas como la soja, girasol y colza. El grueso de la producción estaría destinado a alimentar la

voracidad energética de los grandes consumidores mundiales como la UE y los países del sur de Asia. Por lo tanto, el techo al potencial de producción estaría del lado de los feedstocks disponibles y sus precios internacionales. Analicemos en primer lugar el caso de la soja, principal fuente de biodiesel en Sudamérica.

Exportaciones de aceite de soja por país hasta 2017 (miles de Tn).

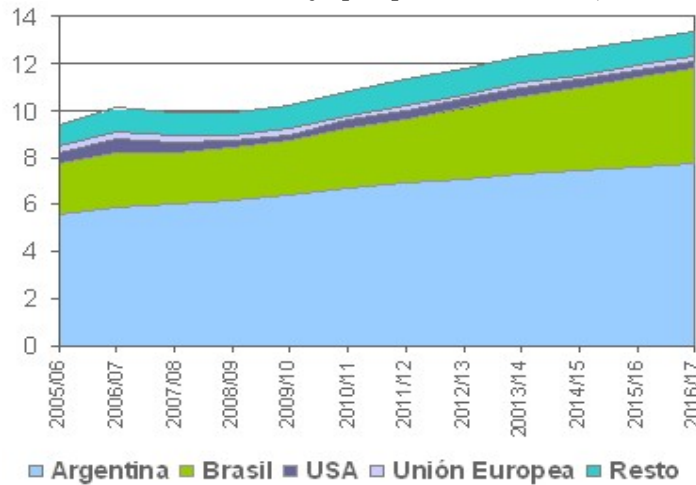


Figura 3.6

Como se observa en el gráfico adjunto, Argentina es y será el principal jugador en el mercado internacional de aceite de soja, partiendo de una participación del 60% (2006) a un estimado del 57% (2017).

Si bien actualmente la soja es uno de los feedstocks principales para la producción de biodiesel, ya se están realizando en nuestro país ensayos con producción en base a otros cultivos como girasol, colza, maní, cártamo y ricino. Es fundamental entonces tener presente la futura evolución en la producción y exportación de todas las oleaginosas en su conjunto. Para ello, se muestra a continuación un cuadro resumen con la información disponible respecto de los excedentes exportables de oleaginosas y aceites, hacia el año 2016.

Exportaciones de las principales semillas oleaginosas, por país hasta 2016 (soja, colza, girasol y maní; en miles de toneladas).

	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Brasil	28.590	30.977	33.180	35.252	37.433	39.602	41.807	44.058	46.358
EEUU	27.928	26.767	26.613	26.363	26.036	25.786	25.526	25.166	24.741
Argentina	11.482	11.757	11.801	12.219	12.577	12.866	13.161	13.505	13.875
Canadá	5.464	5.640	5.714	5.795	5.900	6.002	6.122	6.234	6.344
China	1.140	1.147	1.156	1.166	1.179	1.193	1.203	1.212	1.219
Australia	810	797	782	767	753	736	719	701	682
CIS	489	407	478	501	519	550	579	603	631
India	212	227	196	214	230	228	217	201	178
Resto	614	614	544	508	488	457	453	460	466

Tabla 3,9

Exportaciones de los principales aceites vegetales, por país hasta 2016 (en miles de toneladas).

	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Argentina	6.903	7.126	7.376	7.651	7.929	8.203	8.482	8.762	9.046
Brasil	3.023	2.985	3.124	3.241	3.359	3.474	3.595	3.720	3.851
CIS	1.167	1.194	1.220	1.253	1.290	1.331	1.369	1.403	1.436
Canadá	1.086	1.103	1.132	1.165	1.195	1.223	1.253	1.282	1.308
EEUU	682	597	539	530	577	670	766	880	1.000
Australia	45	45	45	46	46	47	48	49	50
India	35	34	34	33	32	32	31	30	30
China	19	18	18	18	17	17	17	16	16
UE	14	50	40	5	0	0	0	0	0
Resto	51	50	49	49	51	52	53	53	54

Tabla 3.10

Fuente: elaboración propia en base a proyecciones de la FAPRI sobre exportaciones de las principales semillas oleaginosas y aceites vegetales (soja, colza, girasol y maní), por país.

Como se puede apreciar, Argentina liderará la exportación de aceites vegetales durante todo el período de análisis, y mantendrá el tercer lugar en el ranking de exportadores de semillas oleaginosas.

Pero dado que la información disponible se limita a la temporada 2015-2016, se deben construir los datos de los años faltantes. Veamos una gráfica de la evolución propuesta por la FAPRI hasta el 2016:

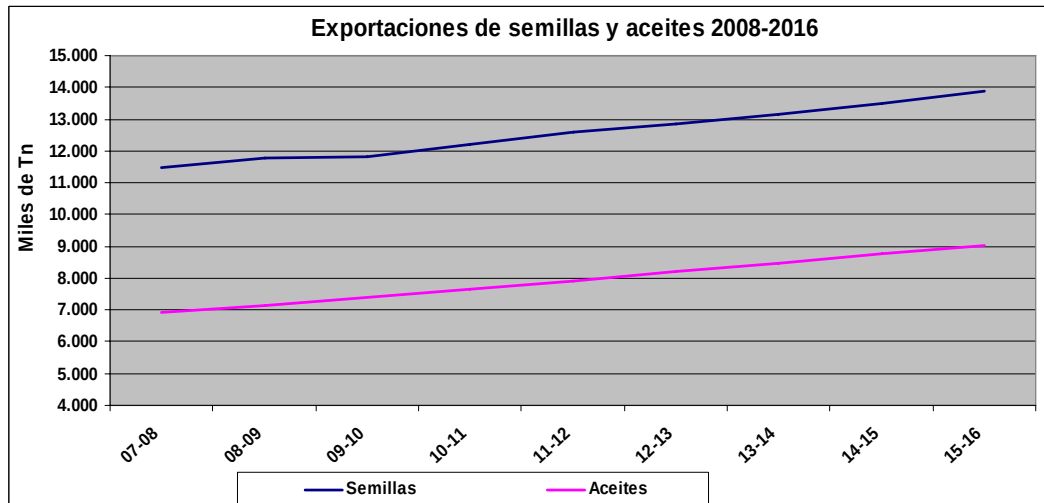


Figura 3.7

Analizando los crecimientos porcentuales anuales que esconden estas proyecciones, se observó que en el caso de los aceites los mismos crecen a una tasa de entre 3,2% y 3,7% anual (3,4% en promedio). En el caso de las semillas, el crecimiento es mucho más variable y se ubica entre 0,4% y 3,5% anual (2,3% en promedio), debido a la meseta que se produce entre los años 2009 y 2010. En base a estos valores, se decidió tomar un valor de crecimiento constante del 3% para el caso de los aceites, y 2% para el caso de las semillas, valores que se consideran estimaciones conservadoras.

En base a dichos parámetros y la última información disponible, se proyectaron los años faltantes:

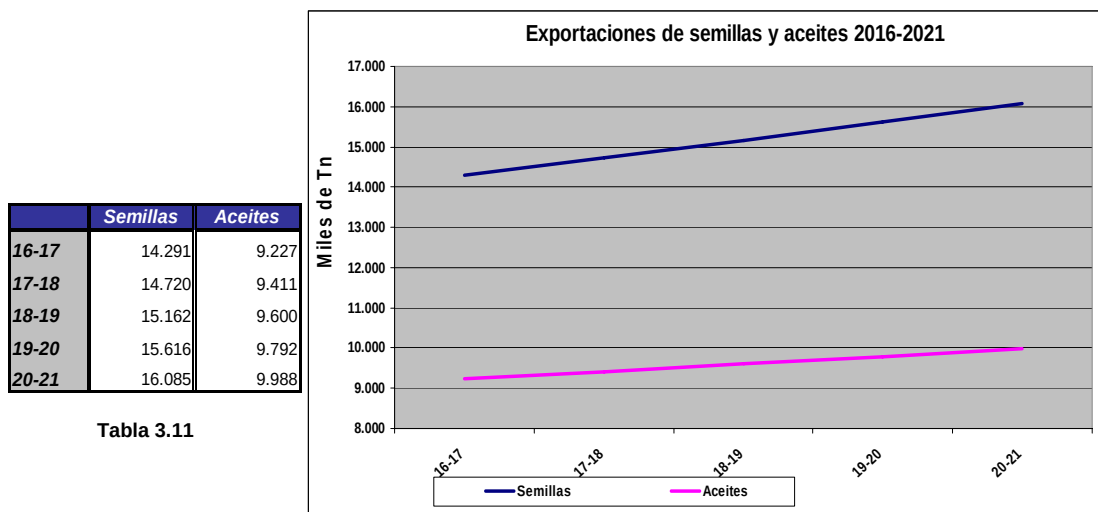


Tabla 3.11

Figura 3.8

Como se explicara en el Capítulo 2, existe una tendencia por parte de las grandes naciones consumidoras de importar las materias primas en lugar de los biocombustibles, y así producir la conversión final dentro de sus fronteras. Si bien este escenario supone que esta tendencia se revertirá, aún así es poco probable que los principales productores de oleaginosas destinen el 100% de sus excedentes exportables a la fabricación de biodiesel. Esto se debe a que las naciones consumidoras absorberán una fracción de ese volumen no sólo para fabricar biodiesel sino también como grano importado para otros usos (ejemplos la industria de los alimentos). Por lo tanto, se optó por suponer un coeficiente de uso para cada uno de los excedentes exportables, es decir uno para las semillas y otro para los aceites, que refleje que fracción será conservada dentro del país para la producción de biodiesel. Debido a que se trata de un escenario optimista, y considerando las hipótesis antes mencionadas, se supuso que Argentina destinará el 50% de sus excedentes exportables de semillas y el 30% de los excedentes exportables de aceites para la producción de biodiesel, entre los años 2015 y 2020. Esto incluye la utilización tanto para demanda interna como externa, es decir para el total de la producción local de biodiesel. El hecho de que el coeficiente de aprovechamiento de las semillas sea mayor al de los aceites se debe al principio de la integración vertical, según el cual es mucho más eficiente, en términos de costos, elaborar el biodiesel a partir de la materia prima elemental (granos) que de los productos intermedios (aceites). Después de todo más del 90% del costo de producción del biodiesel está representado por el costo de adquisición de la materia prima (aceites), razón por la cual en los países con larga tradición aceitera (caso de Argentina) resulta mucho más económico elaborar dichos aceites que comprarlos.

Finalmente queda por determinar el tema de las eficiencias en la conversión del feedstock. Para el caso de los aceites, la eficiencia es elevada e independiente del tipo de aceite (debido a que ya existen pretratamientos que homogenizan los diferentes tipos de aceites llevándolos a los parámetros requeridos para elaborar biodiesel), y oscila entre 0,96 y 0,98 según la tecnología empleada. Por lo tanto se tomó un valor conservador del 97%. En el caso de que se parta de las semillas, se efectúa la extracción de aceites y luego estos se convierten a biodiesel, la eficiencia (en peso/peso) es inferior y varía notablemente según el cultivo empleado y el método de extracción. Por ejemplo en el caso de la soja, esta contiene entre 18 y 20% de aceite en semilla, mientras que en la canola o colza llega a superar el 50%, y el girasol oscila entre 42 y 53%. A su vez, si se utilizan métodos de extracción por solventes (como hacen las grandes aceiteras) se puede extraer más del 95% del aceite contenido en la semilla, mientras que por prensado mecánico dicho valor suele ser inferior y oscila de acuerdo al cultivo procesado (entre 65% y 90%). A pesar de que en nuestro país se irá cultivando progresivamente cada vez más girasol, colza y maní, aún así se estima que la soja continuará siendo la oleaginosa principal durante el período de análisis (FAPRI, SAGPyA). De hecho, las proyecciones de la FAPRI hasta el año 2016 no tienen en cuenta a la Argentina como productor de Colza ya que suponen que su participación a

nivel mundial será inferior al 2%. Si bien actualmente esto es cierto, existe una tendencia a revertir la situación y comenzar a producir colza como cultivo de invierno para la elaboración de biodiesel. Con respecto al método de extracción, se estima también que la extracción por solventes continuará siendo el método con mayor auge en cuanto volumen de semilla procesada.

Teniendo en cuenta estos datos, y para utilizar valores conservadores, se calculó una participación del 90% de la soja sobre el total de las oleaginosas del país (la estimada por FAPRI oscila entre 95 y 96%, pero no tienen en cuenta la potencial introducción de la colza). Asimismo, se supuso también que la extracción por solventes continuará siendo el método más utilizado, sobre todo para oleaginosas de bajo contenido de aceite en semilla como es el caso de la soja.

Esto supuesto se traducen en los siguientes valores empleados para calcular la eficiencia promedio:

Aceites: la eficiencia no se modifica según el tipo de aceite a emplear, y es similar para las principales oleaginosas (soja, girasol, colza, cártamo, maní, etc.):

$$E_{ACEITE} = 0,97$$

Semillas: el 90% será soja (contenido medio de 20% de aceite en semilla) procesa con el método de extracción por solventes; el resto será un mix entre girasol, colza y maní al cual se le asignará un contenido promedio de 45% de aceite en semilla, y serán prensados mecánicamente logrando remover el 70% del aceite contenido en la semilla.

$$E_{SEMILLA} = \{(0,2 \times 0,95) \times 0,9 + (0,45 \times 0,7) \times 0,1\} \times 0,97 = 0,1964 \approx 0,2$$

Resultado final Escenario Favorable.

	Biodiesel (M Tn)	Glicerol (M Tn)	Etanol (MM Its)
15-16	3.993	359	180
16-17	4.086	368	184
17-18	4.182	376	188
18-19	4.281	385	193
19-20	4.382	394	197
20-21	4.485	404	202

Tabla 3.12

Oferta total, tanto para mercado interno como externo.

Como último paso para verificar la validez de este escenario límite, se compararon los valores obtenidos con las potenciales importaciones de los grandes países consumidores.

De acuerdo a estimaciones de la Agencia Internacional de Energía (IEA), sólo los países del hemisferio norte requerirán más de 60.000 millones de litros de biodiesel para el año

2020, teniendo en cuenta las metas ambientales y de seguridad energética que se han fijado. Si quisieran producir dicho volumen cultivando sus propios feedstocks, requerirían aproximadamente un 30% de sus tierras cultivables. De acuerdo a los datos analizados en el Capítulo 2, esto sin dudas tendría serias repercusiones sobre los precios locales de sus cultivos, razón por la cual es de esperar que importen tanto el feedstock como el biodiesel. No existe un consenso acerca de cuanto biodiesel importarán estos países, pero si no desean dedicar más del 20% de sus tierras cultivables a esta actividad, debería importar unos 20.000 millones de litros (o del equivalente en semillas para elaborar esta cantidad). Comparado con los 5.000 millones de litros que podría producir Argentina hacia 2021, no es ilógico pensar que esta sería una participación realista dentro del comercio internacional de biodiesel. Después de todo, si lo comparamos con el mercado internacional del etanol hoy día, vemos que Brasil es responsable de casi la totalidad de las exportaciones, por lo tanto no sería descabellado pensar que Argentina podría ocupar un lugar similar dentro del mercado internacional del biodiesel hacia 2021, siempre que se den las hipótesis planteadas en este escenario.

Escenario desfavorable o pesimista, basado en las siguientes hipótesis:

- ✓ Fuerte control estatal sobre los precios del biodiesel para exportación (retenciones elevadas).
- ✓ A partir de 2010, se obliga a los grandes emprendimientos a destinar un porcentaje fijo de su producción al mercado interno. Esto frena la inversión en grandes plantas destinadas a exportación.
- ✓ Tasa de corte del gasoil constante durante todo el período de análisis (5%).
- ✓ Se produce la fuga de importantes volúmenes de granos y aceites hacia los países consumidores de biodiesel.
- ✓ El precio interno de los combustibles fósiles se mantiene alejado del precio internacional, razón por la cual el precio interno del biodiesel tiene un techo relativamente bajo, a fin de evitar el encarecimiento del GO por el corte.
- ✓ Las tasas obligatorias de corte en la UE, Japón, China e India se mantienen constantes a partir de 2015, frenando el crecimiento de la demanda internacional.
- ✓ Fuerte desarrollo de la industria del biodiesel de aceite de palma, el cual incrementa gradualmente su participación en el mercado internacional.
- ✓ Argentina no participa en programas de intercambio tecnológico con las naciones líderes en el mercado, ni muestra interés por entablar alianzas comerciales con los principales importadores.

Ante esta situación, el criterio utilizando para proyectar la producción local se basa en los siguientes supuestos:

- Ante la falta de interés por invertir en grandes proyectos para exportación, no se abrirán nuevas plantas de gran escala más allá de 2010.
- Los únicos emprendimientos que se inauguren a partir de esa fecha serán plantas de pequeña escala destinadas a producir para el cupo fiscal.
- Por lo tanto, la oferta a partir de 2010 estará formada por la oferta proyectada para el corto plazo (que se supondrá constante), más los incrementos para satisfacer la demanda local para corte con GO.

Dado que la oferta a corto plazo ya fue determinada, quedaría por estimar el consumo interno entre los años 2015 y 2020. Para ello se proyectó el consumo local de diesel, al cual luego se le aplicó la tasa de corte constante del 5%.

Si bien existen diversas proyecciones del consumo de GO para los próximos 10 a 15 años, en virtud de agregar mayor valor al análisis se optó por efectuar una proyección en base a cálculos propios. Para ello se levó a cabo un análisis de regresión lineal simple, el cual mostró que existe una fuerte correlación entre el consumo interno de diesel y el crecimiento económico o PBI (ver detalle de cálculos en Anexo VIII).

El PBI de nuestro país ha crecido sostenidamente desde 2003 a un promedio del 6% anual, sin embargo durante 2006 se ha desacelerado dicho crecimiento. En virtud de esto, se decidió utilizar un valor de proyección del 4,2% anual, sugerido en un trabajo publicado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA (*“Demanda de gas natural en Argentina. Perspectiva a futuro”*, S. Gil, FCEyN, UBA, 2006)

Resultados finales Escenario Desfavorable :

AÑO	Biodiesel (consumo interno en M3)	Grandes plantas exportadoras (M3)	Oferta total biodiesel (M3)	Oferta de glicerol (Tn)	Etanol (MM lts)
2.015	843.066	2.626.000	3.469.066	277.248	136,91
2.016	871.064	2.626.000	3.497.064	279.485	138,02
2.017	900.239	2.626.000	3.526.239	281.817	139,17
2.018	930.639	2.626.000	3.556.639	284.247	140,37
2.019	962.315	2.626.000	3.588.315	286.778	141,62
2.020	995.322	2.626.000	3.621.322	289.416	142,92

Tabla 3.13

Conclusiones sobre el etanol de glicerol.

En primer lugar, hay que destacar que el desarrollo de esta tecnología representaría una ventaja económica y comercial, no sólo por la generación de etanol a partir de una fuente de bajo valor, sino también por el hecho que se estaría aprovechando un residuo que de otra forma sería vendido a un precio mínimo, o incluso generando un costo

adicional en el caso de no poder colocarlo en el mercado y tener que pagar para darle la disposición final correspondiente (no olvidemos que se trata de un residuo industrial peligroso).

En segundo lugar, vemos que para los valores de eficiencia de conversión que se manejan al día de hoy (estimación conservadora de la Universidad de Hiroshima), y de acuerdo con la variabilidad de la oferta de biodiesel en Argentina, el volumen potencial de etanol que podría generarse a largo plazo oscila entre 139 y 202 millones de litros por año. Este número es algo menor que la estimación hecha para el etanol de residuos forestales en la provincia de Misiones (otro feedstock con alto potencial para el futuro) pero debemos recordar que ambos materias primas no competirían entre sí, sino que sus mercados serían complementarios: una es un residuo de la industria forestal, concentrada principalmente en Misiones; mientras que el otro es un residuo de la industria del biodiesel, concentrada principalmente en la región pampeana y el NOA. Por lo tanto, el escenario óptimo para el país implicaría el desarrollo de ambas industrias en el mediano y largo plazo, tanto para ayudar a alimentar la demanda local con un etanol “limpio” y barato, como así también para diseminar la producción por diferentes regiones del país, y a su vez contribuir a acrecentar la oferta del etanol Argentino al mundo.

LA INTEGRACIÓN VERTICAL: ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS.

Todos los proyectos de producción de bioetanol carburante, y en especial los que utilizan cereales como feedstock, son extremadamente sensibles a los precios de dichos commodities, los cuales pueden representar más del 70% de los costos de producción. Paralelamente, la comercialización de los DDGS permite incrementar los ingresos por ventas totales en un porcentaje más que interesante. De acuerdo a un estudio efectuado por el autor en 2006, para una planta de 55 a 70 millones de litros por año destinada a abastecer el mercado local, la venta de los DDGS generaría ingresos anuales equivalentes a más del 20% de las ventas de etanol (suponiendo venta el mercado interno a un precio mínimo para asegurar una TIR del 30% y no encarecer las naftas más de un 2% por el corte). Y ello suponiendo un precio conservador igual al valor de la tonelada de maíz, si bien sabemos que en EEUU, Canadá y otros países con una industria del etanol desarrollada se ha llegado a pagar por los DDGS un 70% más que por la tonelada de maíz.

La pregunta entonces es: si colocar estos subproductos en el mercado es un arma fundamental para mejorar los ingresos del proyecto, ¿lo será también su aprovechamiento dentro del mismo proyecto? Es decir, ¿vale la pena incorporar etapas adicionales que agregue valor a estos subproductos y los transformen en productos de mejor precio/colocación? Esta medida, ¿agrega flexibilidad o incertidumbre al proyecto? ¿Hasta que punto es viable la integración? Estas son las preguntas que se buscarán responder en esta sección, analizando un caso concreto y proyectando su viabilidad en Argentina.

Posibles forma de integración.

Utilizar los DDGS para alimentación animal no es la única forma de integración vertical aguas arriba del proyecto. También es posible procesar otros subproductos que normalmente se desechan como efluentes (ejemplo el CO₂), o incluso el mismo etanol, para elaborar productos de mayor valor comercial (ETBE, Hidrógeno). Esta es una lista de las principales opciones:

Aprovechamiento de los DDGS en alimentación animal:

- ✓ Feedlot: suplementación de la ración para engorde de vacunos con DDGS.
- ✓ Tambo: suplementación de vacas lecheras con DDGS.
- ✓ Criadero de aves: incorporar a la dieta de los pollos un porcentaje importante de DDGS.
- ✓ Criadero de cerdos: ídem.

Aprovechamiento del CO₂:

- ✓ Industrial: para la fabricación de extintores, como efervescente en bebidas carbonatadas, para fabricar líquido refrigerante o hielo seco, y en menor medida para producir alcaloides (como la cafeína) y determinados pigmentos.
- ✓ Bonos de carbono: captura y secuestro para obtener y comercializar los correspondientes bonos de carbono (CEI, certificación de reducción de emisiones).

Industrialización del etanol:

- ✓ Fabricación de ETBE.
- ✓ Producción de H₂.

Actualmente la opción más difundida y de más simple aplicabilidad corresponde al aprovechamiento de los DDGS para generar proteína animal, en particular si se alimentan rumiantes y especialmente el ganado lechero. Este último es el que provee el mayor valor agregado debido a la contribución de nutrientes y la proteína de sobrepaso de los DDGS (*Fuente: Engormix, 2007*). Además, si tenemos en cuenta que la región de mayor densidad de cultivo de maíz en Argentina coincide en gran parte con el área en la cual se extiende la cuenca lechera, es de suponer que existirán importantes sinergias entre ambas. Sobre todo si se tiene en cuenta que es posible comercializar los DDGS como WDGS, esto es como granos húmedos en lugar de granos secos, dentro de un radio que va desde los 50 a los 250 Km de la planta (según el nivel de humedad del producto) y evitando así incurrir en el costo de deshidratar los granos de destilería, lo cual produce ahorros energéticos importantes para las plantas de etanol (*Babcock Institute, Universidad de Wisconsin*). Además, es posible cerrar el ciclo energético aprovechando los desechos de los animales para generar biogás, el cual podrá ser empleado en equipos de co-generación eléctrica, consumido dentro de la misma planta de etanol, o incluso ser vendido al resto de las industrias de la zona.

En virtud de lo expuesto, se optó por analizar en detalle esta última opción dado que a priori presenta las mejores ventajas para una integración vertical de los proyectos agropecuarios y bioenergéticos. Como se demostrará, esta opción mejora el aprovechamiento integral del grano y el balance energético, generando más empleo y a la vez mejorando la rentabilidad de ambos proyectos.

Factibilidad nutricional para el uso de los DGS.

Existen dos factores importantes a considerar en la evaluación de cualquier forraje para incluirlo en raciones para ganado lechero: composición nutricional y variabilidad. La composición nutricional de granos de destilería, así como otros ingredientes

provenientes de subproductos, puede ser influenciada por varios factores, incluyendo el tipo de grano empleado, calidad del grano, procedimiento de molienda, extensión de la fermentación, condiciones de secado, cantidad de solubles mezclados de nuevo con los granos exhaustos y la separación de partícula. Dependiendo de la planta y si produce WDGS o DDGS, las proporciones relativas de granos exhaustos y solubles del producto final varía. La composición de WDGS basada en materia seca puede ir de 65% de granos exhaustos y 35% de solubles hasta 45% de granos exhaustos y 55% de solubles. Los granos de destilería contienen aproximadamente tres veces más proteína, grasa y fibra que el maíz. Sin embargo, a diferencia del maíz que es rico en almidón, los granos de destilería prácticamente carecen de este componente dado que es lo que se extrae previamente en la planta de etanol (proceso de licuefacción) para ser transformado en azúcares fermentables (sacarificación) y luego en etanol (fermentación). Por otro lado el proceso de producción de etanol mejora la digestibilidad de la fibra. Fibra altamente digestible y un moderado contenido de grasa son dos parámetros que califican a los granos de maíz de destilería como un alimento de alta energía. Los residuos de la fermentación contienen células de levadura, vitaminas del complejo B y otros nutrientes formados durante los procesos de fermentación y destilación. La calidad de la proteína de los granos de maíz de destilería es similar a aquella de otros productos de maíz, que son naturalmente bajos en lisina. DDGS y WDGS son excelentes fuentes de proteína no degradada por rumiantes (*ruminally undegraded protein*, RUP). Sin embargo, un porcentaje de proteína dañada por temperatura puede producirse durante el secado de granos de destilería o solubles reduciendo la eficiencia de utilización de proteína en los animales. El potencial para la formación de proteína dañada térmicamente es usualmente mayor en los DDGS que en los WDGS. En comparación con los granos de maíz, el contenido de fósforo en los granos de destilería es tres veces más alto. Este nivel más elevado de fósforo debe considerarse en la formulación de dietas para ganado lechero para minimizar la excreción de fósforo en el ambiente.

DDGS y WDGS son ingredientes con bastante sabor y frecuentemente conforman de 15% a 20% de la materia seca en la dieta final de vacas lecheras lactantes, e incluso algunos estudios reportan la inserción exitosa de más de 30% (porcentaje sobre peso seco) de DGS. Sin embargo existen límites para esta inclusión basados en diversos problemas que puede surgir si se excede el contenido de ciertos elementos: por ejemplo se puede generar un exceso de carbohidratos no fibrosos (NFC), el cual normalmente no debería pasar de 35-40%; si este límite se excede se le puede causar al animal acidosis ruminal. Hoy en día existen varios softs que permiten evaluar potenciales dietas para el ganado lechero. Cuando los ingredientes de la dieta y los datos de las vacas se corren en el programa de evaluación de la ración, este predice los requerimientos nutricionales del animal y los contrasta con los nutrientes provistos por los ingredientes de la ración, determinando los balances positivos y negativos para cada nutriente.

Consideraciones logísticas para el uso de los DGS.

Los DDGS son relativamente fáciles de manejar y almacenar dentro del tambo, mientras que los WDGS representan algunos retos. Cuando están frescos, estos últimos poseen un contenido de materia seca del 30 al 40%. Algunas plantas de etanol deciden secarlos aún más (40 a 50% de materia seca) con el objetivo de mejorar su transportabilidad y extender la distancia máxima la cual puede ser comercializados. Dado que se trata de un producto que provino de un proceso de cocción, la población microbiana inicial suele ser baja (incluyendo aquellos organismos responsables de la descomposición). Pero una vez expuesto al aire estas poblaciones crecen rápidamente debido al alto contenido de humedad del producto. Esto hace que la vida del mismo al aire libre sea de entre 5 y 7 días, dependiendo del clima. En tambos grandes, los WDGS son a menudo entregados en camiones equipados con bombas o pisos movedizos, de ahí que el límite de los 250 Km tenga mucho que ver con los costos asociados al este tipo de transporte (se está manejando un producto que es virtualmente líquido). Posteriormente el producto es almacenado en silos o fosas, y finalmente consumido antes de que se descomponga. Una solución a este inconveniente es la utilización de los conocidos silos bolsa. Si estas bolsas plásticas son correctamente aisladas del ambiente, los DDGS pueden conservarse en buen estado por varios meses y así poder alimentar un mayor número de tambos en las proximidades de la planta de etanol. Como se dijo, el radio de 250 Km sugerido anteriormente, tiene mucho que ver con los costos logísticos asociados al transporte de un líquido, pero también con la oportunidad de colocación del producto antes de su caducidad.

Experiencias de integración en el extranjero.

Esta opción, que a priori pareciera fundamental para hacer despegar la rentabilidad de los proyectos que apuntan al mercado local, ya ha sido empleada en muchos otros países aprovechando los DDGS de maíz, trigo, e incluso cebada. En Canadá, la firma *Pound Maker* opera una planta de etanol de 12,5 millones de litros al año, que es unas 6 o 7 veces menor que la capacidad promedio de las plantas de los EEUU. Aún así el negocio es rentable gracias a que utilizan los granos de destilería húmedos con solubles (WDGS) como suplemento alimenticio en un feedlot ubicado a metros de la planta. Esto no sólo les permite ahorrar en otros componentes nutricionales, sino que también han eliminado evaporadoras y secadoras de sus líneas de destilación. Paralelamente, al firma ha trabajada en conjunto con una empresa de biotecnología que lidera la producción de enzimas para etanol. El tamaño de la planta es el ideal para que los proveedores de enzimas ensayen nuevas variedades, mientras que los productores aprovechan las mejoras en el rendimiento asociadas a los nuevos desarrollos. Y gracias al ensayo exitoso de tres nuevas enzimas para controlar la viscosidad del macerado de trigo, *Pound Maker* bajó notablemente la viscosidad de los productos intermedios del

proceso, reduciendo con ello el consumo energético en sus equipos de bombeo. Por otro lado, estas nuevas enzimas reducen la dosificación total del producto, disminuyendo con ello los costos totales de enzimas. Es un claro ejemplo de una estrategia ganar-ganar que incluye no sólo la integración vertical entre proyectos internos de la compañía, sino también la asociación exitosa con proveedores de insumos claves.

Factibilidad en Argentina: análisis económico.

A fin de poder evaluar con precisión la factibilidad de invertir en un proyecto de aprovechamiento de subproductos (DGS, y eventualmente el estiércol vacuno para generar biogás y electricidad) se realizó un estudio económico de costo-beneficio, utilizando valores estimados de mercado y con un nivel de precisión correspondiente a un análisis de carácter preliminar.

Se analizaron los siguientes escenarios:

Caso base: utilización de los WDGS para alimentar (parcialmente) a vacas de ordeño estabuladas. Las mismas estarán concentradas en una serie de tambos de 4.000 animales ubicados en un radio de 50 Km de la planta de etanol. A partir del estiércol generado por los animales se alimentará un biodigestor ubicado junto a la planta de etanol, para la producción de biogás. Para ello se utilizará una flota de 5 camiones propios, realizando 4 viajes por día cada uno.

Alternativas: el caso base implica utilizar parte del biogás generado para alimentar el consumo de GN de la planta de etanol, sin embargo dado que existirá un importante volumen excedente de biogás, se plantearon dos posibles usos para el mismo. El primero (Alternativa 1) consiste en la co-generación de electricidad a través de una pequeña central térmica, parte de dicha electricidad será empleada en la planta de etanol y el resto será vendida a las demás industrias de la zona a un precio 10% menor al que ofrece la distribuidora local, de forma de justificar los gastos de modificación de acometidas y demás instalaciones eléctricas (se tomó el precio para una planta de etanol ubicada en la localidad de Venado Tuerto, o sea en plena cuenca maicera y lechera). La segunda opción (Alternativa 2) consiste en vender el excedente de biogás (su equivalente en GN) a las industrias de la zona, a un precio 20% menor que el de la distribuidora local de manera de justificar las inversiones necesarias para modificar las instalaciones de suministro en planta.

Se muestran a continuación los parámetros asumidos para el análisis.

PARAMETROS DE REFERENCIA	
<u>Planta de etanol</u>	
Capacidad de planta (MM litros anuales)	50
Rendimiento (litros etanol por Tn maíz)	415
Rendimiento DDGS (Tn por Tn de maíz)	0,321
Humedad DDGS	10,00%
Humedad WDGS (Alta humedad)	65,00%
Consumo de gas de la planta (MM de M3 anuales)	13,0
Precio del gas (\$/m3)	0,263
Consumo de energía eléctrica (MWh/año)	15000
Precio energía eléctrica (\$/MWh)	98
<u>Alimentación de vacas lecheras</u>	
Inclusión WDGS en ración seca	20%
Producción anual de leche por vaca (lts)	4.000
Días de lactancia al año	300
Mitad y final de la lactancia (alta productividad)	80
Peso de la vaca	550
Estiércol generado (por día cada 100 kg peso vivo)	4,3
<u>Generación de biogás</u>	
Rendimiento del biodigestor (m3/Tn estiércol)	281
Inversión biodigestor (\$/m3 de tamaño)	260
Dimensiones biodigestor (m3/ m3 de biogás)	0,6
Insumos para la producción de biogas (\$/m3)	0,13
Poder calorífico del biogás (MJ/m3)	25
M3 de GN sustituidos por M3 de biogás	
Costo de camiones para estiércol (\$/camión)	80.000
<u>Generación eléctrica</u>	
Rendimiento generador eléctrico (MW/h por MM de m3)	1600
Costo de co-generación (\$/MWh)	95
Inversión en la central (\$/Kw)	1.600
Costo de operación (\$/Kwh)	0,04
<u>Relación maíz-subproductos (DDGS y WDGS)</u>	
Kg de maíz seco equivalentes a 1 Kg de DDGS	2,7
Kg de maíz seco equivalentes a 1 Kg de WDGS	1,05
Precio de venta de los DDGS respecto al maíz	1,40
Precio del maíz (\$/Tn, flete incluido)	370
<u>Composición suplemento proteico vacas lecheras</u>	
Silaje de maíz	35%
Heno de alfalfa	25%
Grano seco de maíz	20%
Harina de soja	20%

Tabla 3.14

Las fuentes correspondientes a los supuestos utilizados se encuentran detalladas en el Anexo IX.

A partir de esta información se efectuaron los siguientes cálculos:

CALCULOS	
<u>Rendimiento de subproductos planta etanol</u>	
Rendimiento WDGS / Tn maíz	0,825
Consumo de maíz (Tn)	120.482
DDGS producidos (Tn)	38.675
WDGS Producidos (Tn)	99.449
<u>Consumo por vaca</u>	
Materia seca a ingerir por día (% s/ peso)	
Mitad y final de la lactancia	5%
Resto de la lactancia	3%
Kg diarios de materia seca a ingerir	
Mitad y final de la lactancia	27,5
Resto de la lactancia	16,5
Kg anuales de materia seca a ingerir	5830
Consumo anual de WDGS (secos, en Kg)	1166
Consumo anual de WDGS (Kg)	3.331
<u>Generación de estiércol</u>	
Número de vacas	29.852
Número de tambos de 4000 animales	8
Estiércol producido (Tn/año)	254.158
Estiércol recolectado	75%
<u>Generación de biogás</u>	
Biogás producido (MM de M3 por año)	53,56
MM de m3 de GN equivalente	34,56
MM de m3 de GN equivalente en exceso (por sobre el consumo en planta de etanol)	21,59
<u>Generación de energía eléctrica (alternativa 1)</u>	
Energía eléctrica generada (MWh/año)	34.540
Potencia requerida (MW)	3,95
Coeficiente de ampliación	40%
Potencia de la central (MW)	9,88
<u>Inversión & costos biodigestor</u>	
Inversión en el biodigestor	22.955.954
Inversión en camiones	435.203
Mantenimiento biodigestor (2% de la inversión)	459.119
Amortización anual	1.147.798
Mano de obra (10 operarios)	400.000
Insumos y energía	3.213.834
Gastos camiones (sueldos + combustible)	454.400
Costo de producción por m3 de biogás	0,106
Costo de producción por m3 de GN equivalente	0,164
<u>Inversión & costos co-generación eléctrica</u>	
Inversión en el generador	16.000.000
Mantenimiento (3 % de la inversión)	480.000
Amortización anual	800.000
Mano de obra (10 operarios)	400.000
Operación	1.381.590
Costo de producción (\$/MWh)	88,64

Tabla 3.15

Finalmente, se resumen los ingresos y egresos que surgen de los cálculos realizados:

MARGENES	
<u>Feedstock</u>	
Ahorro de maíz seco en suplementación	38.636.024
Costo de oportunidad por no vender los DDGS	-20.033.494
Flete de DDGS a tambos (0,15\$ por Tn y por Km)	-895.043
Márgen	17.707.487
<u>Energéticos</u>	
<u>Alternativa 1: co-generación de E.E. con el biogás sobrante</u>	
Ahorro de GN planta etanol	3.411.110
Ahorro de energía para secar los DDGS	170.556
Ahorro de energía eléctrica planta etanol	1.470.000
Venta del saldo de energía eléctrica	1.723.407
Costo de producción del biogás	-5.220.750
Costo de generación eléctrica	-3.061.590
Márgen	-1.507.268
<u>Alternativa 2: venta del biogás sobrante (sin co-generación)</u>	
Ahorro de GN planta etanol	3.411.110
Ahorro de energía para secar los DDGS	170.556
Costo de producción del biogás	-5.675.150
Venta biogás excedente a un 20% menos que el GN	5.677.473
Márgen	3.583.988
% s/ Inversión inicial	15,3%

Tabla 3.16

(Todos los valores corresponden a períodos anuales con todas las instalaciones funcionando en régimen)

Como se puede ver, el aprovechamiento de los DDGS como sustitutos del maíz seco en la ración de las vacas lecheras ofrece un margen considerable, comparado con la venta de dichos subproductos a un precio 40% superior al maíz (aproximadamente 17 millones de pesos por año). En cuanto a la producción y posterior utilización del biogás, su transformación en energía eléctrica no parece rentable. Esto se debe a que el costo de producción del MWh en una central pequeña (10 MW) es apenas 5,5% menor que el costo de adquirir la energía eléctrica del distribuidor local. Y la venta del excedente tampoco mejora la situación pues se vende cada MWh a un precio inferior al costo de producción. Por lo tanto, en principio lo único que justificaría la inversión en equipos de co-generación es el autoabastecimiento por cuestiones estratégicas, es decir para evitar cortes de energía.

Por el contrario, la venta del biogás al mercado de gas industrial generaría ingresos suficientes para recuperar la inversión en 7 años, y paralelamente disfrutar del autoabastecimiento permanente del preciado fluido.

Dicho análisis correspondió al modelo estático, es decir sin asumir variabilidad para los parámetros. Para completar la evaluación, se asignaron diferentes distribuciones de probabilidad (uniforme, normal y triangular, según la variable y su comportamiento), y

se volvió a correr el modelo efectuando 100 corridas aleatorias. Los resultados fueron los siguientes:

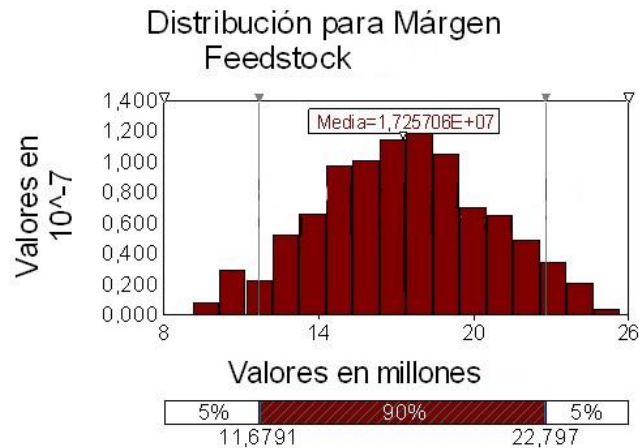


Figura 3.9

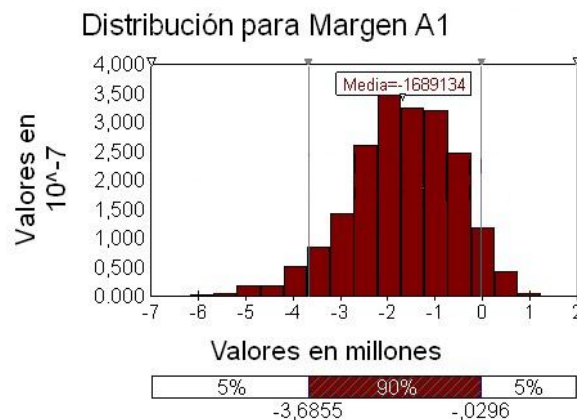


Figura 3.10

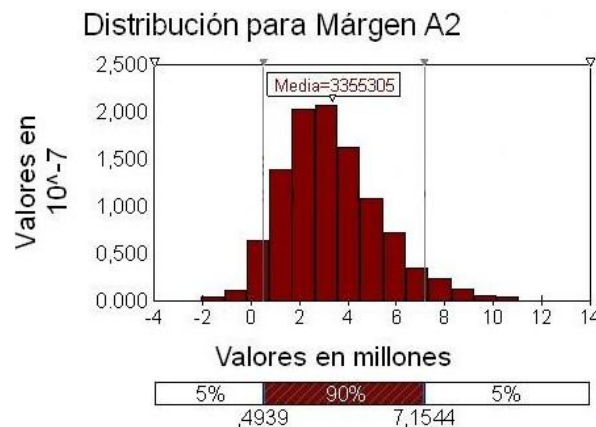


Figura 3.11

Como se observa, aplicando el efecto de variabilidad a los parámetros correspondientes se puede apreciar que los resultados son similares a los del modelo estático:

- El margen por el cambio de feedstock (sustitución de maíz por WDGS) es siempre positivo, con un valor medio de \$ 17.257.060 anuales.

- En cuanto al margen de la Alternativa 1, se puede apreciar que la probabilidad de que el mismo sea positivo es muy baja, concentrándose el 90% de los valores obtenidos en la simulación entre \$ 3.685.500 y \$ 29.600 de pérdida.
- Finalmente, la Alternativa 2 muestra un comportamiento opuesto, presentando el 90% de los casos una ganancia neta de entre \$ 493.900 y \$ 7.154.400, con una media de \$ 3.355.305.

Para completar el caso, se realizó un análisis de sensibilidad para las alternativas con margen positivo. Los resultados se muestran a continuación en forma de gráficos de tornado (a mayor coeficiente, más sensible es la variable de salida al parámetro en cuestión):

Sensibilidad del margen por reemplazar maíz con WDGS:

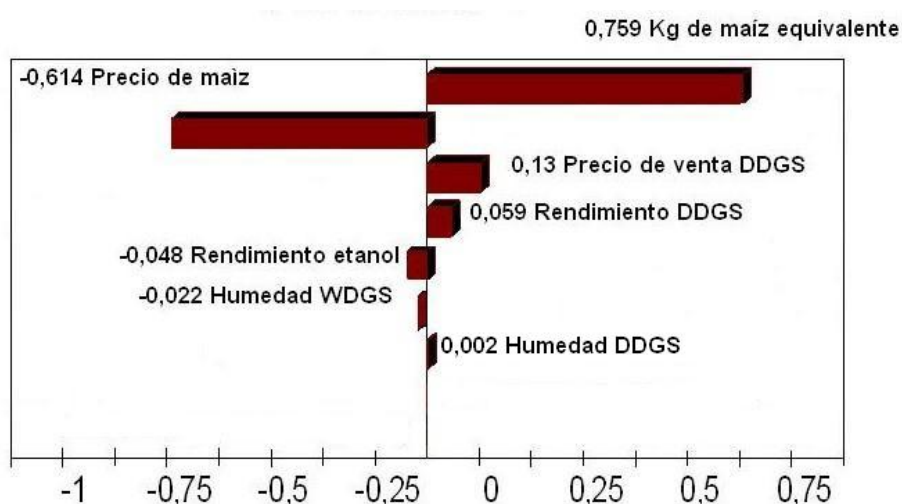


Figura 3.12

Sensibilidad del margen de la Alternativa 2:

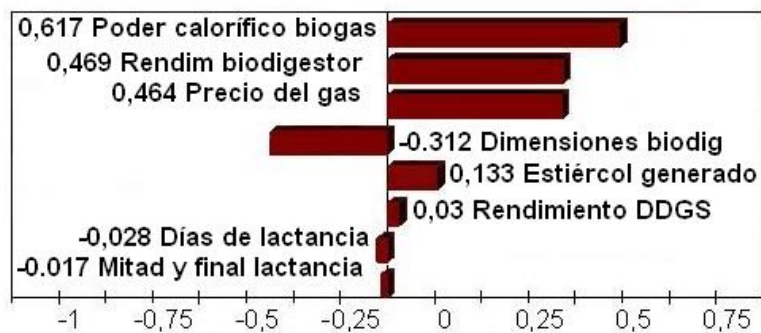


Figura 3.13

El hecho de que los días de lactancia (tanto totales como de mitad del período hacia delante) tengan una leve incidencia negativa en el margen del negocio de venta del

biogás, se debe a que para proyectos muy grandes una mayor generación de estiércol requiere un biodigestor de mayor tamaño, incrementando la inversión y los costos de mantenimiento debido a la fuerte influencia negativa de la variable “Dimensiones del biodigestor” (m^3 de construcción por cada m^3 de biogás generado). Esto demuestra que una mayor disponibilidad de materia prima, aún a un bajo costo, no siempre tiene un impacto positivo en el proyecto. Existen límites asociados con la magnitud del monto a invertir y el mantenimiento de instalaciones de gran tamaño.

PROMOCIÓN DE LA DEMANDA DE ETANOL ARGENTINO.

Uno de los principales factores de incertidumbre que afectan a los inversores a la hora de decidir respecto de este tipo de proyectos, es la distribución de la probable demanda de etanol, fundamentalmente a nivel local. Incluso aquellos proyectos de gran envergadura direccionados fundamentalmente a la exportación, temen que de no haber suficiente oferta como para satisfacer la pequeña demanda interna el gobierno nacional los obligue a destinar un porcentaje determinado de su producción al mercado local, reduciendo con ello los beneficios potencial debido a la erosión del precio. Y es aquí donde entra a jugar la incertidumbre existente respecto al futuro precio que se fije para el biocombustible.

Teniendo en cuenta este panorama, se analizan en esta sección dos alternativas para fomentar la demanda interna y externa de etanol producido en Argentina. La primera de ellas consiste en prohibir el uso del oxigenante de naftas conocido como MTBE (metil ter-butil éter) debido no sólo a su alta peligrosidad para el ambiente (contamina los suelos y las napas) sino a su potencial como sustancia cancerígena. Esto obligaría a su reemplazo por ETBE (etil ter-butil éter), el cual se elabora a partir de etanol, o en forma directa a través del corte de las naftas con etanol anhidro. La segunda medida consiste en analizar la posibilidad de exportar a grandes centros de consumo como los EEUU y la UE a través de acuerdos comerciales especiales que liberan al producto de impuestos, ya sea en forma parcial o total.

Sustitución del MTBE por ETBE.

Uso histórico en los EEUU.

El MTBE es un compuesto oxigenante que se agrega a los combustibles fósiles derivados del petróleo para su oxigenación, elevando el octanaje de los mismos y reduciendo las emisiones de compuestos nocivos. Se fabrica a partir del metanol (un derivado del gas natural) y del isobutileno (un producto refinado del petróleo). Ha sido ampliamente utilizado en la composición de las naftas, tanto en los EEUU como en el resto del mundo, y es el principal competidor del etanol en el mercado de oxigenantes. Hasta el año 2000, un tercio de las naftas comercializadas en EEUU utilizaban este compuesto en una proporción de entre 11% y 15%, pero luego de comprobarse que el mismo ha contaminado aguas subterráneas y que tiene un alto potencial como agente cancerígeno, se ha prohibido o limitado su uso en más de 30 estados. El cambio más significativo se dio en California. Allí las legislaciones sobre aire limpio (“Clean Air Act”) habían obligado a incluir oxigenantes en las naftas (las llamadas “gasolinas reformuladas”) durante la década del 90, buscando reducir los contenidos de plomo y

otros compuestos peligrosos. A partir de ese momento California se convirtió en uno de los estados con mayor demanda de MTBE, llegando a ser responsable del 25% del consumo en los EEUU, previamente a su prohibición en el año 2003. A partir de allí las plantas productoras de alcohol locales tuvieron picos de demanda y comenzaron a recibir un subsidio de 40 centavos de dólar por galón (pesos 0,10/litro) para estimularlas a invertir en incrementos de capacidad.

Originalmente el MTBE se impuso como oxigenante frente al etanol en las naftas reformuladas porque se transportaba más fácilmente por medio de ductos, a diferencia del etanol que absorbe la humedad existente en los mismos. Este es un beneficio cuando el etanol está presente en el sistema de combustión de los automóviles, pero causa problemas durante el transporte del producto. Si bien el etanol tiene un octanaje mucho menor que el MTBE (RON 105 frente a RON 118), a partir de este alcohol es posible laborar el ETBE (etil ter-butil éter), el cual es técnicamente superior al MTBE, aunque es más costoso (700 USD/Tn vs 800 USD/Tn FOB Europa a mediados de 2007). El ETBE tiene características superiores a otros éteres utilizados como aditivos: es miscible con las naftas en todas las condiciones, no aumenta la volatilidad, tienen un mayor poder calorífico y relación estequiométrica similar a la de las naftas, muy baja solubilidad en agua, y un poder corrosivo mucho menor al de los alcoholes. Además puede producirse en las mismas plantas donde se elabora MTBE, es menos contaminante (tiene una mayor degradabilidad y a la vez reduce las emisiones de monóxido de carbono), y también logra reducir el consumo.

El uso del MTBE en Argentina.

Este compuesto comenzó a utilizarse en la formulación de motonaftas sin plomo para elevar su índice de octano, a partir de la prohibición de utilizar plomo en 1998 (surgimientos de las llamadas “naftas ecológicas”). Las normas de calidad sobre combustibles líquidos (Res. 1283/2006 Secretaría de Energía) permiten hasta un 15% en volumen de MTBE en la nafta. Sin embargo, dado que una fracción importante del consumo se importa a un elevado costo, los porcentajes de inclusión suelen ser menores. Las proporciones oscilan entre un 1% y un 15%, en función de que dichas naftas sean del tipo común, súper de 95 o 97 octanos, o premium de 98 a 100 octanos. Si bien la formulación de las naftas es diferente en cada compañía, podemos estimar que el contenido de MTBE –en promedio– podría estar alrededor de un 10%. Por sus características también es usado como solvente de extracción de ácidos carboxílicos en soluciones acuosas que contienen ácido sulfúrico, y en reacciones de Grignard.

En nuestro país lo elaboran Repsol YPF (110.000 toneladas) Sol Petróleo (40.000 toneladas) y Carboclor. Esta última empresa tenía el 22% del mercado en 2005, con 30.000 toneladas de las 138.000 que se elaboraban. Sólo durante el tercer trimestre de

2006 produjo 21.000 toneladas (28% más que igual período del año anterior), por lo cual se calcula su producción en unas 90.000 toneladas por año. Aún así, actualmente Argentina importa aproximadamente 70.000 toneladas al año a un valor CIF de 700 USD/Tn (49 millones de dólares al año, según datos de la Cámara de la Industria Química y Petroquímica). Traducido a m³, el total de la producción local más la importación suman 420.000 m³, coincidiendo con el 10% de las naftas comercializadas durante 2006 (4.230.000 m³), como se estimara anteriormente.

Potencial de sustitución a futuro.

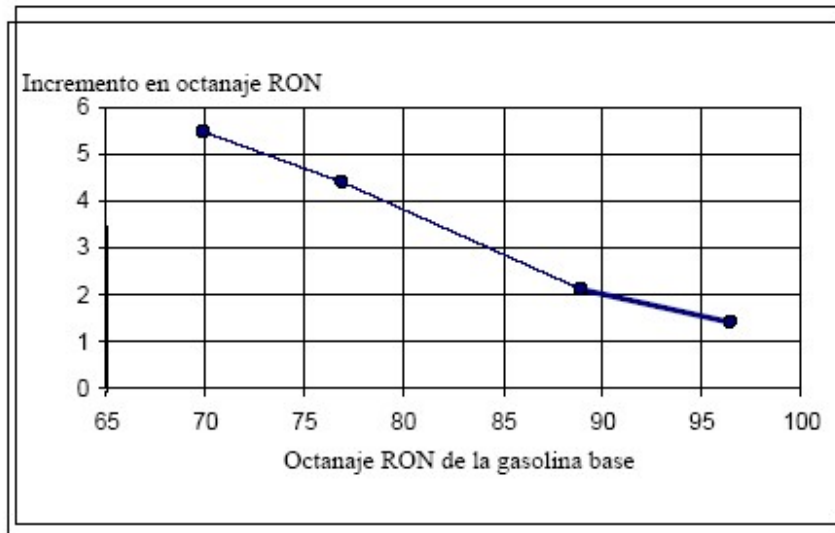
Podría pensarse que la sustitución del MTBE por etanol está dada por el número de octanos de cada uno. Es decir, sabiendo la cantidad de MTBE a sustituir, el octanaje del MTBE y el octanaje del etanol, efectuando las relaciones lineales correspondientes sería posible calcular el volumen de etanol a producir para sustituir los 420.000 m³ cúbicos de MTBE y mantener el nivel de octanos de las distintas naftas comerciales. Sin embargo en la práctica no se verifica este razonamiento, debido a que tanto el etanol como el MTBE interaccionan en forma diferente con las distintas mezclas de hidrocarburos presentes en las naftas comerciales, siguiendo comportamientos que en muchos casos dejan de ser lineales y sólo pueden estimarse en base a ensayos empíricos. Esto se observa en la siguiente gráfica, en la cual se muestra el incremento en el octanaje de distintos tipos de naftas, con el agregado de 10% de etanol:

Composición de la gasolina base			Octanaje de la gasolina base		Incremento en el octanaje, con 10% de etanol	
Aromáticos	Olefinicos	Saturados	MON	RON	MON	RON
50	15	35	84.5	96.5	0.3	1.4
25	25	50	78.3	89.0	0.9	2.1
15	12	73	70.2	76.9	3.5	4.4
11	7	82	65.3	69.9	4.6	5.5

Fuente: Carvalho, P.A., Superintendencia de Calidad de Productos, Agencia Nacional de Petróleo, Río de Janeiro.

Tabla 3.17

Incremento en el octanaje de la nafta base con 10% de etanol.



Fuente: Carvalho, P.A., Superintendencia de Calidad de Productos, Agencia Nacional de Petróleo, Río de Janeiro.

Figura 3.14

Además del número de octanos, existen otras propiedades de las naftas que se ven afectadas por las proporciones relativas de oxigenantes, ya sea MTBE o etanol. Esto se traduce en modificaciones que deben realizarse al combustible al momento de remover el MTBE y reemplazarlo por etanol. A su vez, también se verá afectado el suministro desde las refinerías (esto se explica más adelante).

Como primera observación, se debe tener en cuenta que la legislación actual (Res. 1283/2006 de la Secretaría de Energía) limita el contenido de oxígeno de los combustibles a un 2,7% en peso para las naftas, y un 3,7% en peso para las denominadasalconaftas (con indicador en surtidor). Además de otros éteres, el etanol y el MTBE son los compuestos más utilizados para controlar este requerimiento. En este sentido, el etanol tiene el doble de oxígeno por unidad de peso que el MTBE, con lo cual debe chequearse que al efectuar la sustitución, el porcentaje total de oxígeno en peso (teniendo en cuenta también la influencia de otros alcoholes como el isopropílico e isobutílico) no sobrepase el mencionado límite. Si los únicos compuestos oxigenados fuesen estos dos (además de aquellos que normalmente hay en las naftas), el límite máximo estaría en el orden del 20,7% de MTBE y 10,7% de etanol, en volumen. Esto no es posible ya que la mencionada resolución fija un contenido máximo de MTBE en las naftas de un 15% en volumen, al cual le corresponde un contenido de oxígeno del 2,7% en peso, coincidiendo con la restricción antes mencionada. De acuerdo con estas limitantes, el contenido máximo de etanol no podría entonces superar en ningún caso el 7,7% en volumen.

Desde el punto de vista de las emisiones en el motor y su performance, un factor importante a tener en cuenta es la presión de vapor y el perfil de destilación del

combustible. Por ejemplo, si la presión de vapor es muy baja algunos vehículos podrían tener problemas de encendido en zonas de climas fríos durante el invierno. Con respecto a las emisiones, es necesario aclarar que el MTBE es un compuesto muy atractivo ya que no contienen sulfuros, aromáticos u olefinas, todas estas sustancias que contribuyen a emitir gases contaminantes. Adicionalmente, la presión de vapor y el perfil de destilación del MTBE hacen que prácticamente no se deban modificar las naftas base al momento del aditivado. En cambio con el etanol su elevada presión de vapor hace que sea necesario modificar las naftas sobre las cuales será mezclado, pues de lo contrario la presión de vapor de la mezcla final será muy alta como para ser comercializada en forma segura.

Tomemos como ejemplo el caso de las refinerías de los EEUU, donde se usó 5,8% de etanol para reemplazar un 11,2% de MTBE, y mantener el mismo octanaje y composición de oxígeno mínima por ley de 2% (a diferencia del 3,7% máximo que se exige en Argentina). En este caso todas las emisiones aumentaron, aunque sólo las de COVs superaban el máximo permitido. Para ello las refinerías tuvieron que eliminar otro compuestos orgánicos volátiles (de alta presión de vapor) y de esta manera lograr mantener las emisiones de COVs dentro de los límites. Asimismo, también aumentaron las concentraciones de compuestos tóxicos como el acetaldehído, obligando a las refinerías a efectuar procesos de refinación más complejos para reducir la concentración de estas sustancias. Finalmente, en el caso de querer utilizar 10% de etanol en las naftas, la gran mayoría de las emisiones eran superiores al caso base de uso de MTBE, y también superiores al caso de utilizar 5,8% de etanol (entre ellos las emisiones de NOx y COVs), pero por otro lado se producía un efecto de dilución que reducía la concentración de sulfuros y aromáticos (como el benceno) en comparación con el caso de 5,8% de corte con etanol.

Como se puede apreciar, el comportamiento de la mezcla final varía sensiblemente en muchos de sus parámetros. Respecto a esto, hay que recalcar que la eliminación de los componentes volátiles (con el objetivo de bajar la presión de vapor de la mezcla final) combinada con la reducción del volumen de compuestos oxigenados por sustituir al MTBE por etanol, hacen que las temperaturas de destilación de las naftas se eleven. Estos cambios obligan a seguir ajustando las mezclas, a través de la remoción de ciertos materiales pesados.

Todo se traduce en una reducción de volumen de combustible producido por las refinerías, por el cambio de MTBE a etanol, debida a tres factores principales:

- 1) Menos volumen de oxigenante (pasando de un 11,2% a un 5,8%).
- 2) Remoción de ciertos compuestos volátiles a fin de contrarrestar la elevada presión de vapor del etanol.
- 3) Remoción de ciertos compuestos pesados, para mantener las curvas de destilación de las naftas dentro de los rangos deseados.

Esta reducción en el volumen de nafta a la salida de refinería fue un problema de particular importancia en los EEUU debido a que es un país que consume más naftas que diesel, y por otra parte sus refinerías se encontraban a su máxima capacidad al momento de la prohibición generalizada (principios de 2004). Si bien esta última situación también se repite en nuestro país hoy en día, debemos tener en cuenta que el sistema de refinado busca maximizar la producción de diesel, razón por la cual existe un excedente de naftas que se exportan. Por lo tanto, desde este punto de vista, una reducción en el volumen a proveer no tendría un impacto dramático en los mercados.

Como consideraciones adicionales, hay que tener en cuenta la Resolución 1283/2006 limita la cantidad de etanol en las naftas a un 5% para las naftas y un 12% para lasalconaftas (con indicación en surtidor). Asimismo, no se debe olvidar que el corte obligatorio del 5% por la Ley 26.093 sustituirá en parte al contenido actual de MTBE en las naftas, sobre todo en el caso de la nafta común y parcialmente en el caso de las naftas tipo súper. Pero en el caso de las naftas denominadas ultra o premium (de más de 97 octanos, de alto crecimiento durante los últimos años) que poseen contenidos de MTBE superiores al 11%, entonces habría que efectuar un agregado adicional de etanol por arriba del mínimo obligatorio por ley, de forma de mantener el octanaje de las mismas.

Tomando una posición conservadora y asumiendo que el agregado adicional por encima del 5% solo ocurrirá para naftas de más de 97 octanos, entonces se puede partir de los siguientes supuestos para estimar la demanda adicional de etanol carburante por encima del mínimo requerido por ley:

- ✓ Porcentaje de sustitución del MTBE: suponiendo un contenido del 15% de MTBE en las naftas ultra o Premium, el mismo podría ser reemplazado con hasta 7,7% de etanol.
- ✓ El porcentaje actual de participación de este tipo de naftas sobre el consumo total del país es del 34% y se ha incrementado notablemente en los últimos años como se observa en la gráfica adjunta. Sin embargo, teniendo en cuenta el amesetamiento de los últimos 2 años, se tomó un valor conservador de crecimiento del 1% anual durante los próximos 10 años, y luego de 0,5% anual.

Evolución de la participación de naftas con más de 93 octanos (RON) sobre el total.

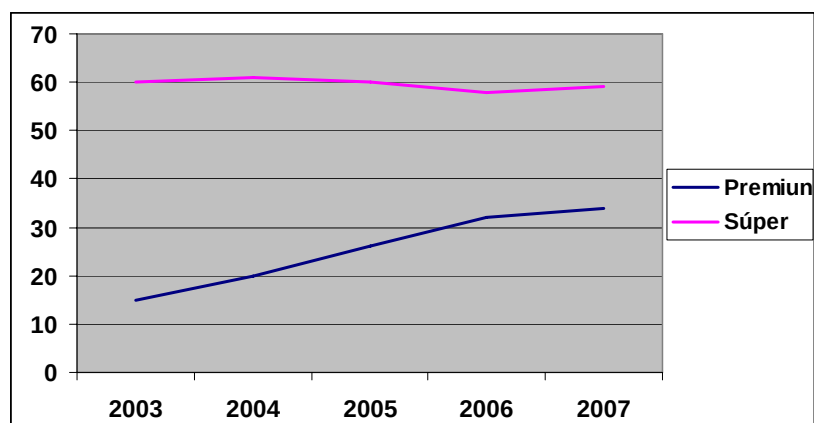


Figura 3.15

- ✓ Por otra parte, en cuanto a las naftas súper su participación se ha mantenido constante entre un 58% y 61% dentro de los últimos años, y sin presentar un crecimiento o decrecimiento sostenido.
- ✓ Para este tipo de naftas, se optó por una posición conservadora según la cual el agregado de un 5% de etanol obligatorio por ley será prácticamente suficiente para reemplazar su contenido actual de MTBE, siendo los porcentajes adicionales a agregar mínimos y sujetos al contenido de otro tipo de alcoholes.
- ✓ En cuanto al total de naftas a consumir en el país durante los próximos años, se utilizaron las estimaciones presentadas en el Capítulo 2 (ver sección “Estimado la producción para consumo local”).

Estimación conservador de la demanda adicional de etanol para sustitución de MTBE en naftas de alto octanaje, por encima del 5% obligatorio a partir de 2010.

Año	Total naftas (MM Its)	Premium (en %)	Premium (MM Its)	Etanol Adic. sobre el 5%	Etanol adic. (MM Its)	Etanol Mínimo	Demanda extra (%)
2010	4400	37,0%	1628	2,70%	44	220	20,0%
2011	4660	38,0%	1770,8	2,70%	48	268	17,8%
2012	4890	39,0%	1907,1	2,70%	51	281	18,3%
2013	5100	40,0%	2040	2,70%	55	293	18,8%
2014	5280	41,0%	2164,8	2,70%	58	304	19,2%
2015	5430	42,0%	2280,6	2,70%	62	434	14,2%
2016	5560	43,0%	2390,8	2,70%	65	445	14,5%
2017	5650	44,0%	2486	2,70%	67	452	14,9%
2018	5710	44,5%	2540,95	2,70%	69	457	15,0%
2019	5720	45,0%	2574	2,70%	69	458	15,2%
2020	5720	45,5%	2602,6	2,70%	70	458	15,3%

Tabla 3.18

Conclusiones y áreas de futura investigación.

Como se puede apreciar, la demanda para etanol carburante se incrementa entre un 14% y un 20% (según el año de análisis), con respecto al caso base de 5% de corte

mandatario. En principio, estos valores por si solos no serían un factor crítico para aumentar la atracción de los inversores hacia el mercado local. De todas formas, se debe tener en cuenta que los resultados obtenidos corresponden a una estimación conservadora del mercado, en la cual existen muchos puntos sobre los que habría que profundizar a fin de obtener valores más representativos. Entre ellos se pueden mencionar:

- Dimensionar con mayor precisión el comportamiento futuro del segmento de naftas Ultra o Premium.
- Posibilidad de agregar más de un 5% de etanol a las naftas súper, manteniendo un octanaje similar al que tienen actualmente y sin encarecer demasiado su precio en surtidor.
- Profundizar en los aspectos técnicos que limitan la inclusión de más de un 5% de etanol en los diferentes tipos de naftas (presión de vapor, temperaturas de destilación, emisiones de COVs y NOx, variación del octanaje, interacción con otros alcoholes u oxigenantes).

Si todos estos factores son analizados, es posible que se llegue a la conclusión de que para lograr sustituir el 100% del MTBE que actualmente se utiliza en las naftas (suma de todos los segmentos) es necesario un volumen mayor de etanol que el que se ha calculado. Pero teniendo en cuenta la legislación actual, este valor nunca podría ser mayor al 7,7% de la suma de las naftas súper y premium.

Teniendo en cuenta que no se deja de estar dentro de un negocio que es casi un nicho de mercado, se recomienda fuertemente considerar en futuros análisis la posibilidad de desarrollar una industria local del ETBE destinada mayoritariamente a la exportación. Si dicha industria lograra consolidarse, sin dudas que se transformaría en una fuente de demanda interna de etanol muy importante. Esto revitalizaría el interés por el mercado local, aumentando el número de plantas a futuro y con ello reduciendo la incertidumbre de los proyectos. A su vez, el excedente de etanol que no pudiera ser aprovechado por las plantas de ETBE sería utilizado para reemplazar parcialmente al MTBE. Es decir, la industria del ETBE estaría apuntada a la exportación (para obtener mejores oportunidades de desarrollo), pero generaría una demanda de etanol muy importante que permitiría el desarrollo de varias plantas de alcohol para abastecer el complejo ETBE. Lo único que debería hacer entonces el gobierno es asegurar que dichas plantas reserven un mínimo de su producción para ir reemplazando paulatinamente al MTBE. Es una estrategia ganar-ganar en la cual todos se benefician:

- ✓ Más demanda para las plantas de etanol.
- ✓ Más ganancias para las petroleras, pues con inversiones marginales pueden transformar sus plantas de MTBE en plantas de ETBE y producir un producto de mayor valor agregado (siempre y cuando tenga acceso al etanol, de lo contrario deberán importarlo de Brasil).

- ✓ Beneficio al público en general al utilizar un porcentaje mínimo de la producción adicional de etanol para sustituir progresivamente al MTBE.

Con un complejo “etanol destino EBTE” formado por 8 a 10 plantas de 100 millones de litros al año, sería posible reemplazar un gran porcentaje del MTBE en las naftas apartando sólo el 5% de esa producción a partir de 2010, destinando el 95% restante a otros mercado de precios elevados como EEUU o Europa.

Exportación de etanol a través de acuerdos comerciales especiales.

Como se mencionara en el Capítulo 2, EEUU ha fijado un arancel de 0,54 USD/galón (0,1427 USD/litro) más un 2,5% “ad valorem” al etanol importado, al igual que muchas otras naciones que se vislumbran como fuertes consumidoras del producto en la próxima década, pero que también poseen cierto potencial de producción puertas adentro. Estas medidas buscan elevar la competitividad de sus industrias locales, como así también fomentar la importación de materias primas (granos) o semielaborados (caso de las melazas), que serán luego transformadas en el país de origen. Mientras que los países miembros de la UE persiguen ambos fines, EEUU se inclina más por el primer objetivo, dado que poseen una producción interna de maíz muy importante.

Sin embargo, existen formas legales de evitar estos aranceles a través del uso de la política y el comercio internacional. Se citan a continuación algunos ejemplos:

Iniciativa de la Cuenca del Caribe.

Se trata de un programa por el cual una cantidad limitada de etanol puede ingresar a los EEUU total o parcialmente libre de impuestos, por más que la mayor parte de las operaciones de su ciclo productivo se hayan llevado a cabo en otros países. La norma general establece que si más de un 50% del feedstock a partir del cual se elaboró el etanol provino de los EEUU, entonces el etanol puede ser importado libre de impuestos. Si el contenido de feedstocks locales es inferior, entonces la reducción en el arancel se aplica en forma limitada. Esto no suena muy práctico para Argentina, dado que no es negocio importar maíz de los EEUU a una región de alta disponibilidad del cereal, para luego exportar el etanol. Sin embargo, la norma también establece que hasta un 7% del mercado interno de los EEUU puede ser abastecido por etanol libre de impuestos proveniente de países de la Cuenca del Caribe, aunque no contenga feedstocks locales. En la práctica, esto se traduce en una herramienta para que otros países no caribeños (ejemplo Brasil) exporten etanol hidratado a plantas de deshidratación del Caribe, desde donde el producto es luego ingresado al país del norte libre de aranceles. Hasta el año 2006, el porcentaje ingresado por esta vía era inferior al mencionado, sin embargo se espera que la situación cambie dado que muchas empresas del sector de agronegocios

norteamericano están interesadas en invertir en plantas de deshidratación en el Caribe. Entre los países que se benefician de esta medida se encuentran Jamaica, Costa Rica, El Salvador, y Trinidad y Tobago.

A pesar de que será muy difícil competir con Brasil durante los primeros años de desarrollo de la industria, este tipo de maniobras comerciales representa una oportunidad interesante para Argentina, ya que los críticos del programa en los EEUU señalan que el ingreso de etanol hidratado vía Brasil podría transformarse en una amenaza a futuro (dados sus bajos costos de producción). Esto ha llevado a muchos analistas a proponer sistemas de trazabilidad del etanol para evitar que Brasil pueda exportar a los países de la Cuenca del Caribe. Este hecho, sumado al aumento del consumo interno de Brasil y la estacionalidad de su producción, alertan sobre la ventana de oportunidad que podría abrirse para que países como Argentina ocupen un lugar en las exportaciones de etanol vía Caribe.

Acuerdos preferenciales de comercio con la UE.

El 70% del etanol importado a la UE ingresa a través de acuerdos preferenciales de comercio, 61% libre de impuestos y el 9% restante con aranceles reducidos. Este tipo de acuerdos incluyen:

- ✓ Sistema General de Preferencias (GSP): aplicado a muchos países en vías de desarrollo, incluye un sistema de incentivos para el desarrollo sustentable (en vigencia hasta el 31 de Diciembre de 2008) que provee acceso ilimitado al etanol (desnaturalizado o sin desnaturalizar) libre de impuestos. Sin embargo, no es fácil acceder a este esquema ni tampoco mantener los privilegios. Pakistán, quien fuese el principal exportador bajo este esquema, perdió sus privilegios en Octubre de 2005 luego de que la Comisión Europea demostrara que efectuó prácticas de dumping sobre el mercado europeo.
- ✓ El Acuerdo Cotonou, que aplica a los llamados “Países ACP” (África, El Caribe y El Pacífico), permite el acceso de etanol (desnaturalizado o sin desnaturalizar) libre de impuestos a la UE, a excepción de las importaciones desde Sudáfrica (principal beneficiario) que a partir de Enero de 2006 ya no cuentan con beneficios. Muchos países del norte y centro de África podrían servir de puente para que Argentina utilice este acuerdo de la misma forma que Brasil utiliza la Iniciativa de la Cuenca de Caribe.
- ✓ Programas para la no exportación de drogas: muchos países cercanos como Perú y Bolivia se benefician de este tipo de programas para poder exportar etanol libre de impuestos. La base del programa es otorgar aranceles diferenciales (en muchos casos casi nulos) a productos industriales provenientes de estos países, y así evitar que su economía gire en torno a la exportación de drogas a la UE. Dado que la industria del etanol se encuentra muy limitada en estas regiones,

serían una oportunidad más para exportar etanol hidratado u otros productos derivados (como el ETBE).

TÉCNICAS PARA MEJORAR LA FINANCIACIÓN DE LOS PROYECTOS.

El objetivo de esta sección es desarrollar una serie de alternativas que faciliten el acceso a financiamiento blando para los proyectos de producción de etanol. Esta es una medida que tiene un doble impacto sobre la industria: por un lado, ayuda a fortalecer los proyectos mejorando su apalancamiento y su rentabilidad; y por otro lado es una forma de mejorar los indicadores de los estudios previos, aumentando por consiguiente el número de proyectos que se lancen exitosamente al mercado. Esto representa un beneficio no sólo para aquellos proyectos que cuentan con debilidades financieras importantes (en manos de productores agropecuarios o cooperativas) sino también para la población en general, ya que muchas de las herramientas que aquí se discuten han sido diseñadas específicamente para proyectos con alto grado de sustentabilidad.

Pero no se trata únicamente de discutir posibles fuentes de financiamiento, sino también medidas generales para minimizar los riesgos y con ello aumentar las probabilidades de éxito y supervivencia de los proyectos, sobre todo durante sus primeros años de vida. Es sabido que proyectos con menor riesgo serán “premiados” con menores tasas de interés por parte de inversores particulares y/o tendrán mejor acceso al financiamiento tradicional por parte de bancos y otras entidades crediticias importantes.

Como información accesorio, se presenta también un breve comentario respecto al impacto que causará el uso de bioetanol carburante sobre las finanzas y la economía del país.

Requerimientos financieros de los proyectos de etanol.

Los proyectos de inversión en biocombustibles tienen características propias respecto a su financiamiento y disponibilidad de capital. En el caso específico de los proyectos de producción de bioetanol carburante, sus principales características son:

- Proyectos de alta inversión: típicamente más de 30 millones de dólares para un planta de entre 55 y 70 millones de litros/año, según la tecnología empleada.
- Entre el 60% y 70% de la inversión total se concentra durante los primeros 2 años de vida del proyecto.
- Período mínimo de 18 meses hasta comenzar a registrar las primeras ventas.
- Largos períodos de recupero: entre 5 y 8 años, según el nivel de inversión.
- Vida útil esperada de los proyectos entre 15 y 20 años como mínimo.
- Entre un 70% y un 80% de la inversión total corresponde a Activos Fijos, mientras que el resto corresponde a Activos de Trabajo.

- En países como Argentina, donde la industria aún no se ha desarrollado y existen gran incertidumbre respecto a las regulaciones que regirán el mercado tanto a nivel local como orientado a la exportación, se consideran proyectos de alto riesgo.

Desde el punto de vista del estructuramiento financiero, para proyectos de mediana y gran escala (50 MM de litros para arriba), la clave es asegurar un financiamiento a costo accesible durante el suficiente tiempo como para que el proyecto pueda entrar en régimen y financiarse con fondos autogenerados. Es crucial que el proyecto se estructure de manera tal de poder capturar suficientes ingresos como para cubrir al menos los costos de operación y mantenimiento.

Pero alcanzar estos requerimientos no siempre es posible, debido al “gap” existente entre el capital que los bancos y otras entidades están dispuestas a aportar (teniendo en cuenta el riesgo percibido), y las limitaciones de capital propio que los inversores particulares posean y/o quieran destinar a un único proyecto de semejante envergadura. Ante esta situación existen dos alternativas: llenar este “gap” por medio de ayuda gubernamental o a través de financiamiento de bajo costo (entidades de fomento del bien público), o bien reduciendo el riesgo percibido. Esta última opción es lo que hacen las técnicas de “finanzas estructuradas”.

Mitigación de riesgos en los proyectos de etanol carburante.

Algunos riesgos característicos de los proyectos de producción de bioetanol son los que se enumeran a continuación:

- ✓ Riesgo tecnológico: esto incluye tanto el riesgo de utilizar tecnologías que no han sido suficientemente probadas u obtenidas de proveedores con poca historia comercial que podría dejar de existir (y con ello complicar el acceso a repuestos y mantenimiento), como así también el riesgo de obsolescencia en el caso de utilizar tecnologías tradicionales que podrían ser rápidamente superadas por proyectos de mayor rendimiento o menor costo.
- ✓ Riesgo de performance: la producción de etanol a partir de cultivos como el maíz o la caña de azúcar obliga a depender de la oferta de estos cultivos, la cual a su vez está condicionada por factores climáticos y comerciales ajenos al mercado de los biocombustibles. Por otro lado, en el caso de fijar contratos de venta a largo plazo con mucha anticipación, se está asegurando un precio pactado pero se corre el riesgo de no poder cumplir con la producción en caso de faltantes de materia prima y/o rendimientos diferentes a los esperados.
- ✓ Riesgo político: incluye tanto la posibilidad de sufrir incrementos en las retenciones a la exportación, como así también precios internos menores a los esperados, y la imposición de cuotas de mercado.

- ✓ Riesgo de no completar el financiamiento inicial necesario para poner en marcha la instalación en tiempo y forma.
- ✓ Riesgo de distorsión del mercado: por ejemplo a través de subsidios a la producción en los países importadores (bajan los precios promedio del mercado de exportación) y/o aranceles impuestos al etanol foráneo.
- ✓ Riesgo por tipo de cambio variable: endeudarse en moneda extranjera y cobrar ingresos en moneda local (en el caso de vender en el mercado doméstico) suele ser un punto débil para proyectos ubicados en países con monedas débiles y volátiles.
- ✓ Riesgo ambiental: tiene un doble impacto, ya que por un lado las posibles modificaciones en la legislación ambiental pueden obligar a incurrir en costos extras de tratamiento de efluentes y/o mejoras en los procesos; y por otro lado los incidentes ambientales pueden llevar a la clausura de la planta y/o la prohibición para ingresar a ciertos mercados. A su vez, invertir en plantas de aprovechamiento de subproductos (ejemplo captura del CO₂) también agrega una incertidumbre adicional, a no ser que se tenga un mercado cautivo para estos subproductos.

Las técnicas de finanzas estructuradas pueden ayudar a mitigar muchos de estos riesgos, aunque no todos (en particular, los riesgos políticos, ambientales y de distorsión del mercado son especialmente difíciles de sobrellevar en forma exitosa). Algunos riesgos pueden ser mitigados a través de la incorporación de ciertos elementos dentro de la estructura financiera (por ejemplo fondos en custodia), mientras que otros pueden ser trasladados a un tercero, siempre a un determinado costo. Tradicionalmente, era posible externalizar muchos de los llamados “riesgos tecnológicos” (ejemplo a través de garantías de funcionamiento otorgadas por los proveedores) y muchos de los riesgos de mercado (a través de contratos de venta de largo plazo). Pero otras formas de traslado de riesgos a terceros se han desarrollado muchos en los últimos años, como es el caso de los bonos o títulos negociables que permiten transferir el riesgo al mercado de capitales, y los nuevos instrumentos de seguros contra condiciones climáticas adversas.

Otros instrumentos tradicionales son los contratos de aprovisionamiento, específicamente para asegurar un aprovisionamiento estable y a un precio conocido del maíz. Yendo un paso más adelante en este sentido, también es posible utilizar opciones de compra (calls) o incluso de venta del producto (put), siendo más recomendables las primeras dado que existe un mercado desarrollado de opciones para productos como el maíz y el trigo. Los futuros o forwards sólo son recomendables cuando se tiene la certeza de que se deberá efectuar un desembolso/entrega en una fecha futura. Por ejemplo: cuando se debe cubrir un préstamo en dólares y el flujo de fondos del proyecto está en pesos, lo que se hace es generar un activo a futuro en dólares para poder cubrir el pasivo que se tendrá con el banco, a través un contrato futuro de intercambio de divisas (compra de dólares) a un precio determinado.

Además del acceso a las materias primas, también es clave tener un buen acceso a las fuentes energéticas, en especial a un suministro estable de gas natural. Una forma de realizar esto es participar en el financiamiento de obras públicas como ser expansiones de gasoductos o redes de distribución. Otra forma es efectuar contratos de tipo swap con centrales térmicas que puedan utilizar tanto gas natural como FO. En este último caso, lo que se hace es estructurar un contrato según el cual la central térmica le cede parte de su suministro de gas natural (o su capacidad de transporte) a la firma productora de etanol, y a cambio de ello la empresa se encarga de financiarle el volumen equivalente de FO que requerirá la central, garantizando su suministro y pagando un adicional por el swap de combustibles. Una alternativa adicional consiste en instalar dentro del proceso de reacción quemadores que puedan utilizar tanto gas natural como otros combustibles (FO o incluso glicerina de baja pureza proveniente de plantas de biodiesel), pero esto supone una mayor inversión inicial. En el caso de intentar mitigar los riesgos de desabastecimiento bajo los sistemas de suministro habituales, lo normal es celebrar contratos del tipo *Deliver or Pay*, en el cual el distribuidor del fluido se compromete a entregarme las cantidades acordadas al precio pactada, o de lo contrario debe resarcirme por las pérdidas económicas que dicho desabastecimiento me genere.

En referencia a los riesgos del mercado, como ya se dijo es factible cubrir los mismos a través de contratos de venta a futuro, fundamentalmente del tipo *Take or Pay*. Bajo a esta modalidad, el cliente se ve obligado a comprar un volumen mínimo pactado a un precio acordado, o de lo contrario deberá resarcir económicamente a la empresa, en caso de no que deseara efectuar la compra (es lo opuesto al *Deliver or Pay*).

En cuanto al riesgo de poder cumplir con las ventas en plazo, es fundamental para ello tener la planta funcionando para una fecha estipulada. Una forma de lograr esto es a través de contratos llave en mano con los proveedores, del tipo EPC (*Engineer, Procurement and Construction*, o en su equivalente en castellano “Ingeniería, Provisión y Construcción”). Bajo esta modalidad nos aseguramos que el proveedor (quien a su vez podrá subcontratar a otros proveedores, o no) terminará las instalaciones y las dejará operando al 100% de su capacidad para una fecha exacta, o de lo contrario será penalizado. En otros tipos de proyectos en el área de energías renovables, existe una versión de los contratos EPC con diferente significado: son los *Energy Performance Contracts*, o contratos de performance energética. En los mismos se establece que los honorarios del proveedor estarán vinculados no sólo al tiempo sino también a la calidad operacional de la instalación entregada. Con ello lo que se busca es agregar flexibilidad, ya que se habilita al proveedor a entregar en una fecha posterior a la establecida, siempre y cuando se logren avances que permitan rendimientos mayores a los esperados, y con ello aumentando los ingresos proyectados y/o disminuyendo los costos. La performance es medida a través de la cuantificación de los ahorros que se

generaría para el proyecto a lo largo de su vida útil, en comparación con un escenario base. Lo que se busca es incentivar al proveedor para que dichos ahorros efectivamente se logren.

Finalmente, una opción no siempre considerada pero que suele ser muy exitosa, es la incorporación de clientes y proveedores como accionistas del proyecto. En el caso particular de las plantas de etanol, lo ideal sería poder incorporar a grandes acopiadores o exportadores de maíz, junto con compañías petroleras. Además de alocar el riesgo en un mayor número de entidades, nos aseguramos que los proveedores harán su mejor esfuerzo para suministrar el maíz en el tiempo y forma requeridos, y que los clientes harán lo propio por distribuir el producto eficientemente y promocionar su consumo más allá del mínimo obligatorio (una suerte de “efecto pull” sobre la demanda). Y justamente harán su mejor esfuerzo, dado que mientras mayores sean los ingresos de la compañía y menores sus pérdidas, más rápidamente recuperarán su inversión. En el caso de las petroleras, la alianza también puede darles una ventaja estratégica, ya que tendrán la opción de autoconsumir su propio etanol, o comprarle a un tercero a menor precio y destinar su producción a otros mercados. Es una estrategia ganar-ganar para todos, siempre y cuando la Autoridad de Aplicación permita este tipo de alianzas. Con respecto a esto último, una posible forma de mitigar el riesgo de inseguridad jurídica es la formación de una Cámara de Productores de Etanol Carburante (o similar), que logre nuclear a todos los proyectos de producción y sirva como factor de influencia en la formación de políticas para regular el mercado y la producción. Aquí será fundamental lograr un consenso entre todos los productores y, por supuesto, que dicho organismo funcione de manera transparente, legal, y sin influencia de otros centros de poder (cerealeras, petroleras, ingenios, asociaciones de productores agropecuarios, gobierno).

Técnicas de financiamiento

Financiamiento sin recurso.

Se trata de un tipo de financiamiento que nació en los EEUU en la década del 30, y hasta hace pocos años se aplicaba típicamente en la industria petrolera, pero últimamente se ha expandido a otros negocios de alto riesgo. Es un financiamiento distinto al tradicional *corporate finance*, que cuando se estructura correctamente tiene ventajas tanto para el proyecto como para sus financistas. Una vez que el proyecto se ha instalado y entra en régimen, el prestador tendrá como única fuente del repago de su deuda la generación de fondos de proyecto, tanto para el pago de los intereses como de la amortización del préstamo. Es decir, no existe recurso alguno contra los dueños u operadores del proyecto. En vista de esto, los prestadores suelen tratar de tener el mayor control posible sobre el flujo de fondos, lo cual es importante tener en cuenta pues esto puede chocar contra los intereses del operador del proyecto o incluso de sus dueños.

También es muy importante proyectar un flujo de fondos que tenga altas probabilidades de ocurrencia y un mínimo riesgo de desvío hacia valores menores a los esperados, y aquí es donde entran a jugar las herramientas de mitigación de riesgos ya descriptas.

La ventaja fundamental de esta técnica es que aloca el riesgo en el proyecto mismo, sin afectar al resto de la empresa que le da origen (es por eso que muchas veces se lo llama “of-balance sheet finance”, pues las deudas generadas por el proyecto no aparecerán en el balance de la compañía madre). Es una manera de compartir el riesgo en formas iguales entre el prestamista y la empresa. Pero esto también lo hace difícil de implementar, ya que los acreedores siempre se sienten más seguros si cuentan con recursos contra los accionistas. Es por ello que muchas veces los financistas que deciden avanzar con este tipo de estructura, suelen solicitar algún tipo de garantías (covenants) que los protejan contra el deterioro del flujo de fondos. Esas garantías pueden ser: contratos en base a proyecciones futuras del flujo de fondos; los mismos activos del proyecto; prendas contra otros activos de la compañía; la contratación de seguros y contratos de construcción a término; e incluso se puede solicitar que los accionistas se comprometan a solventar los sobrecostos que pudieran producirse una vez puesta en marcha la planta.

Financiamiento con recurso.

En este caso el prestador exige de parte de los dueños del proyecto garantías externas al mismo, que aseguren el repago de la deuda. La principal desventaja es que se pone en peligro a toda la compañía madre por el proyecto que se está buscando financiar. Sus ventajas para el proyecto no son muchas: más allá de ser un sistema generalizado y de más simple aplicación, el prestamista suele tener todas las de ganar.

Existe dos grandes variantes para este caso: financiamiento con recurso indirecto, y financiamiento con recurso limitado. En el primer caso los dueños del proyecto ofrecen garantías de terceros, quienes se comprometerán a pagar la deuda en el caso de que el proyecto no pueda cumplir con el servicio de la misma. Típicamente, estas garantías suelen provenir de los Gobiernos o de otras compañías afiliadas a la empresa dueña del proyecto. En el caso particular de proyectos de etanol en Argentina, lo más probable es que las grandes empresas (como es el caso de ingenios, cerealeras o incluso petroleras) utilicen otros activos de empresas afiliadas, y en el caso de agrupaciones de productores o acopiadores utilicen como garantía parte de la producción de la planta o de otros negocios de los dueños (ejemplo derechos sobre el maíz cosechado o sobre el azúcar producido) en lugar de utilizar activos fijos, y sólo para garantizar una parte de la deuda. Para garantizar el resto del servicio, una opción es emplear activos de los dueños que sean externos a la empresa, y otra es utilizar el mismo flujo de fondos del proyecto de producción de etanol. Bajo esta última opción estaríamos dentro del caso de

financiamiento con recurso limitado: se trata de una posición intermedia entre el financiamiento sin recurso y el financiamiento con recurso indirecto, y es una de las opciones más utilizadas en proyectos de estas características.

Casos concretos.

Financiamiento con base en las ventas (Receivables-based Financing).

Se trata de una aplicación más directa del concepto del financiamiento sin recursos. En este caso las garantías no serán el flujo de fondos, sino directamente los ingresos por venta del producto final, o sea el etanol. En su concepción general, lo que se busca es que el financista tenga acceso a una cuenta donde se depositarán los ingresos provenientes de la venta del producto final, y de esa misma cuenta se efectuarán los giros para pagar la amortización del préstamo, durante un período de tiempo a definir y acotando los montos a ser retirados en cada período. Su ventaja, como se verá en el siguiente ejemplo, es que puede estructurarse de forma tal de involucrar a todos los actores de la cadena, desde el productor del feedstocks hasta el consumidor del combustible final. Es un sistema que muchas veces no resulta demasiado atractivo para los bancos, pero sí para fondos de inversión que desean invertir en proyectos de mediana y pequeña escala, con estructuras a la medida del proyecto. De allí su aplicabilidad plantas de etanol de mediana capacidad en manos de inversores particulares o cooperativas.

Esta estructura fue aplicada exitosamente en India, donde una importante firma de tecnología financió la construcción de una planta de biodiesel en base a *Jatropha*, un feedstock alternativo cuyo cultivo también debía desarrollarse en la región (estado de Andra Pradesh). La compañía financió la construcción de la planta, pero como contrapartida se aseguró el acceso a una determinada cantidad del biodiesel generado por el proyecto una vez que la misma estuviese en marcha. Luego, partiendo de esos volúmenes firmó contratos de venta de largo plazo con empresas de transporte (férreo y vial), asegurando un recupero de divisas. Pero sus obligaciones iban más allá de la construcción de la planta: también se comprometió a financiar el desarrollo del cultivo, comprando las semillas para los productores con quienes a su vez firmó contratos de compra a largo plazo para hacerse de las cosechas. Finalmente y para completar el ciclo, la empresa destinó dicha producción a la planta de biodiesel, asegurando un abastecimiento estable y a un precio accesible de la materia prima.

Es decir, la compañía se encargó de solucionar el “problema del huevo y la gallina”, tan característico de los proyectos que se basan en materias primas alternativas. Para ello se comprometió a financiar los activos fijos y también a actuar como proveedor estable del insumo, recibiendo como contrapartida los derechos a una parte del biodiesel generado.

Para cumplir con su obligación como proveedor, cerró en paralelo acuerdos con los productores agropecuarios. En la práctica, los dueños del proyecto de producción de biodiesel lograron alocar los riesgos de abastecimiento en la compañía prestadora. Y en cierta forma también los riesgos de mercado, ya que el prestador debía hacer sus mejores esfuerzo (financieros) para que la planta estuviese en marcha lo antes posible, y así poder colocar las semillas que le comprara a los agropecuarios y luego obtener el biodiesel para vender a un tercero. La desventaja para el productor de biodiesel es que debía resignar gran parte de sus ventas durante un cierto tiempo, pero a cambio recibía el proyecto operando y con el mercado de proveedores ya desarrollado. El monto del proyecto fue de 4 millones de dólares, y si bien puede parecer poco frente a los más de 30 millones necesarios para un planta de etanol tipo, hay que tener en cuenta que utilizaba un feedstock experimental de alto rendimiento (es una se las semillas con mayor contenido de aceite que existen, ideal para obtener altos rendimiento de biodiesel por cada tonelada a procesar), por lo cual el punto de equilibrio del proyecto es diferente. Otro aspecto a destacar es que se logró desarrollar toda una nueva economía a partir del cultivo de *Jatropha* en la región.

Lo ideal hubiese sido que las compañías que vayan a adquirir el combustible (transportistas viales y férreos) se incorporen como accionistas del proyecto, pero si además se les pide que actúen como proveedores de la semilla, es pretender demasiado de un solo financista. En ese caso había que buscar un tercer socio que se encargue del abastecimiento, posiblemente una empresa que desarrolle semillas o cultivos no tradicionales, o una empresa de la cadena oleaginosa (para este caso en particular). Pero aquí ya estamos entrando en el terreno de otro tipo de financiamiento: con recurso propio aportado por socios que tienen un interés estratégico en el negocio (*Joint Ventures*), el cual es completamente diferente a una estructura de Financiamiento con base en las ventas (*Receivables-based Financing*).

Volviendo al caso de la planta de biodiesel en India, un esquema de este tipo sería aplicable en nuestro país, por ejemplo, al desarrollo del cultivo de sorgo azucarero en la provincia de Santiago del Estero, con destino a la obtención de etanol. Los ingenios azucareros de Tucumán podrían encargarse de financiar las necesidades de semillas, agroquímicos y servicios de asesoramiento agronómico, para que los productores locales puedan desarrollar el cultivo. Luego estos deberían comprometerse a entregar los tallos cosechados a los ingenios, a un precio futuro previamente acordado, que sea suficiente como para motivar un nuevo uso de la tierra. Para los ingenios sería una inversión marginal, dado que ya cuentan con las instalaciones y la capacidad ociosa como para procesar el material. Otra ventaja con respecto al ejemplo de la India es que la *Jatropha* recién comienza a producir una cantidad estable de semillas luego de 3 o 4 años de plantada, aletargando el recupero de lo invertido tanto para los dueños como para el financista, mientras que en el ejemplo del sorgo azucarero se pueden estar cosechando los primeros tallos a los pocos meses de la siembra. En conclusión: es una

inversión marginal con un rápido recupero, compartiendo los riesgos de aprovisionamiento con los productores agropecuarios, a cambio de los cual estos reciben el desarrollo de cultivo en forma gratuita y tienen un mercado asegurado para su producción.

Bonos de carbono.

El Protocolo de Kyoto ofrece tres “mecanismos de flexibilidad” que los países participantes pueden utilizar para alcanzar las metas de reducción de emisiones de GHG acordadas. Uno de estos instrumentos, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), se vislumbra como una fuente para atraer inversiones extranjeras a países como Argentina. Según este instrumento, los países industrializados reciben créditos para compensar sus excesos de emisiones, como contrapartida de haber invertido en proyectos para reducir las emisiones en países en vías de desarrollo. Si efectivamente el proyecto en cuestión logra una reducción probada de las emisiones, entonces el dueño del proyecto recibe Certificados de Reducción de Emisiones de Carbono (CERs, por sus siglas en inglés). En este punto, cabe aclarar que el Protocolo incluye a varios gases de efecto invernadero (GHG) además del CO₂, pero todos ellos se expresan en su equivalente a CO₂, de acuerdo con su participación sobre el efecto invernadero global. Estos certificados pueden luego ser vendidos a países (industrias) que estén en riesgo de incumplir con sus metas, o bien ahorrados para el futuro.

Los CERs pueden ser utilizados para fortalecer el retorno del capital propio o también para facilitar el pago de intereses y amortizaciones de préstamos. Normalmente los créditos son vendidos bajo contratos de largo plazo, de entre 7 y 10 años, de manera que el financista del proyecto se asegure una corriente de ingresos a largo plazo para repagar su inversión. El financiamiento de los proyectos puede construirse de dos maneras: 1) Sobre pagos que los inversores efectúan a cambio de tener derechos futuros sobre los créditos que el proyecto genere una vez que esté en marcha; o 2) Mediante prepagos a efectuar directamente por parte del futuro comprador de los créditos (adelantos por el precio de los CERs). Los CERs se pagan en monedas fuertes, permitiéndole al financista recuperar su inversión en moneda dura, por más que los ingresos del proyecto que financia estén en monedas locales débiles.

También funciona como una forma de pagarle a los proveedores: por ejemplo a un proveedor de equipos o maquinaria, que por tratarse de una industria dura puede necesitar de los CERs para alcanzar sus propias metas de reducción de CO₂.

En proyectos de largo recupero, como sería el caso de una producción integral de etanol de celulosa que abarque el ciclo de cultivo del feedstock, los ingresos por venta de los CERs pueden obtenerse mucho antes que los ingresos por venta del etanol, incluso antes

que la planta esté en construcción. Es por ello que sirven como puente entre las necesidades elevadas de capital propias del inicio de los proyectos y la corriente principal de ingresos del mismo, que puede llegar varios años después.

Más allá del uso en proyectos de larga vida útil como podrían ser las plantaciones de pasturas y arbustos para obtener etanol celulósico, se pueden citar otros casos de ejemplos concretos a ser aplicados en nuestro medio. Uno es el caso de una industria malaya dedica a la extracción y posterior refinación de aceite de palma. El complejo tenía un consumo anual de 570.000 litros de combustible diesel en sus procesos, el cual era utilizado para generar la fuerza motriz insumida principalmente en la etapa de crushing (extracción del aceite). Su plan fue reemplazar dichos generadores diesel por calderas para quemar la biomasa no aprovechable que se obtiene durante la cosecha de la palma. Esto redujo las emisiones de carbono derivadas no sólo del consumo de diesel, sino también de las emisiones de metano que se generan al dejar estos restos vegetales pudriéndose en los campos o cuerpos de agua. Un ejemplo ya mencionado es el de la industria del etanol de caña de Brasil, en donde se utiliza el bagazo de la caña como combustible de calderas para generación de vapor y electricidad. Este modelo es relativamente fácil de extrapolar al sector cañero de Argentina, pero el verdadero desafío sería implementarlo a gran escala para ser aplicado en cultivos energéticos extensivos, como el maíz o el trigo. El problema aquí pasa por una cuestión de costos y logística: el costo de recolectar la biomasa excedente de las cosechas de cereales puede ser mayor que los beneficios potenciales a partir de los créditos de carbono, mercado que aún está inmaduro. Por otro lado, dicha biomasa cumple en muchos casos una función de recuperación de nutrientes en los suelos, no siempre se pudre al aire libre emitiendo GHGs.

Para este tipo de industria podría pensarse en otras formas de capturar el carbono a nivel del proceso industrial: por ejemplo proveerse de energía eléctrica generada a partir de la quema de biomasa proveniente de otros cultivos más fáciles de recolectar, o utilizar biogás generado a partir de estiércol bovino. Y mientras más “verde” sea la energía consumida, más fácil será demostrar la reducción. Una situación óptima sería alimentar el mismo biodigestor con las vinazas provenientes de la planta de etanol, reduciendo con ellos los efluentes, mejorando el balance energético, reduciendo los costos de combustibles, y con la posibilidad adicional de aplicar a certificaciones de emisiones de carbono. Las alternativas son casi infinitas, pero presentan una doble complejidad: por un lado, lograr una aceptable relación entre los beneficios potenciales de los CERs y los costos de reducir las emisiones; y por otro lado demostrar que efectivamente se produjo dicha reducción, comparando el proyecto con un caso base que muestra cuales serían las emisiones reales en el caso de no efectivizarse el proyecto. Una vez probado esto, se inicia el proceso de emisión de los certificados correspondientes, el cual tiene como desventaja sus plazos extensos y otras complicaciones de tipo burocrático. Pero se espera que estas trabas vayan desapareciendo a medida que el mercado se desarrolla a

nivel global. Sin embargo esto podría constituir un riesgo para la transparencia del proceso en países como Argentina (con tradición en falta de transparencia de los procesos burocráticos), a tener en cuenta para quienes se aventuren de lleno en el negocio de los bonos de carbono. En principio, no debería pensarse en utilizar esta opción como fuente principal del financiamiento de un proyecto de etanol carburante, sino como fuente de financiamiento secundario.

Impacto de la producción y consumo de etanol sobre las finanzas públicas.

Además de la seguridad en el aprovisionamiento de combustibles, una de las razones económicas y financieras por las cual muchas naciones se han volcado al uso mandatorio de biocombustibles, es para reducir sus importaciones de petróleo y sus derivados. Ya se discutió en apartados anteriores respecto al mercado nacional de naftas y sus aditivos. Como se mencionara, la industria de refinación local busca maximizar la producción de gasoil a partir del crudo local, lo cual resulta en un exceso de naftas que se exportan. Por lo tanto, dado que el costo de producción del litro de etanol carburante permanece por debajo del costo del litro de nafta súper o premium (y continuará así, de no cambiar el esquema de tarifas distorsionadas por parte del estado), es de suponer que no existirán ahorros al sustituir un porcentaje de un producto por el otro. Por el contrario, significaría un gasto adicional, el cual será soportado en diferente medida por la población en general y por el Estado.

Por el lado de la población, porque se producirá un incremento en el precio del combustible resultante (E05) debido a la incidencia del costo del etanol en el costo de la mezcla final, y sumado también a las inversiones a efectuar en infraestructura logística por parte de los centros de distribución (terminales de combustible) Y por otro lado, porque el volumen de etanol a comercializar estará exento de una serie de impuestos, como ser el ITC (impuesto a la transferencia de los combustibles líquidos y gaseosos), la tasa hídrica, tasas de infraestructura, etc. Esto significará un sacrificio fiscal, es decir un costo de oportunidad para el Estado.

Es muy difícil cuantificar el extracosto para la población, dado que depende de cuales sean los precios relativos del etanol y las naftas en los próximos años, dos parámetros que hasta el día de hoy manifiestan un alto grado de incertidumbre. Aún así, y partiendo del supuesto básico que dicho costo adicional existirá, es posible utilizar modelos que tengan en cuenta el comportamiento del precio de las naftas en los últimos años. Demás está decir que el mismo será válido si se mantiene dicho comportamiento, algo que se considera altamente probable al menos en el corto plazo. Para ello se tomó una proyección del precio de naftas elaborada por el autor en 2006 a partir de datos de la Secretaría de Energía y el INDEC (ver Anexo X). Se tomó como precio techo del litro de etanol, aquel según el cual el precio del litro de E05 en surtidor sería un 5% mayor

comparado con la situación sin corte obligatorio. De allí que las naftas con etanol incrementen su precio en un 5% debido a la mezcla. Esta suposición tiene en cuenta una probable formulación en base a criterios políticos, no está relacionada matemáticamente con el porcentaje de corte obligatorio.

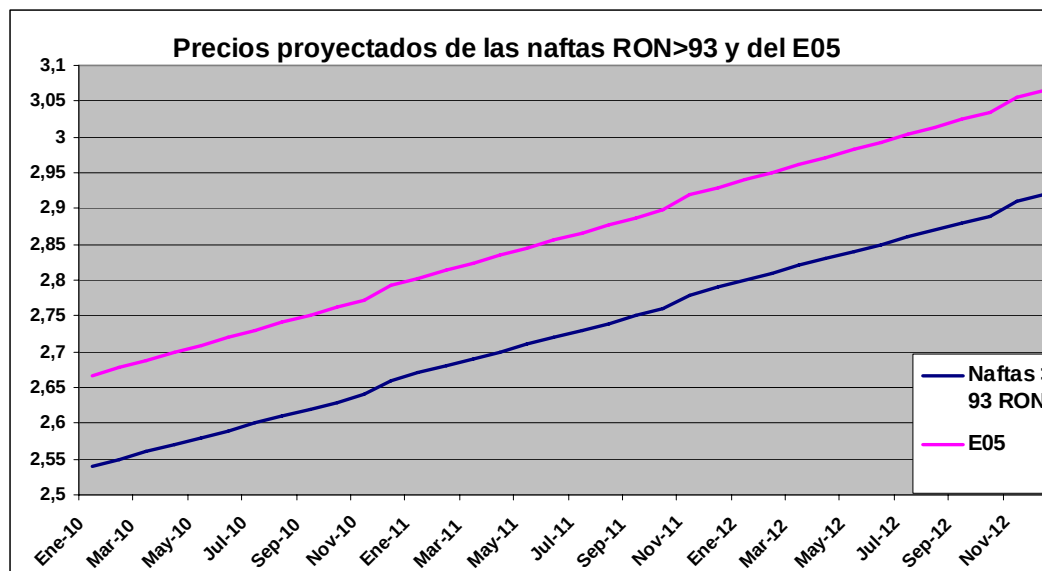


Figura 3.16

Posteriormente, se utilizaron las estimaciones de consumo de naftas presentadas en el Capítulo 2 para transformar el costo adicional por litro en los millones de pesos adicionales que tendrá que pagar el consumidor final por el cambio en el combustible. Se supuso que la participación de las naftas súper más las Premium se mantienen en el nivel actual (aprox. 95% del consumo).

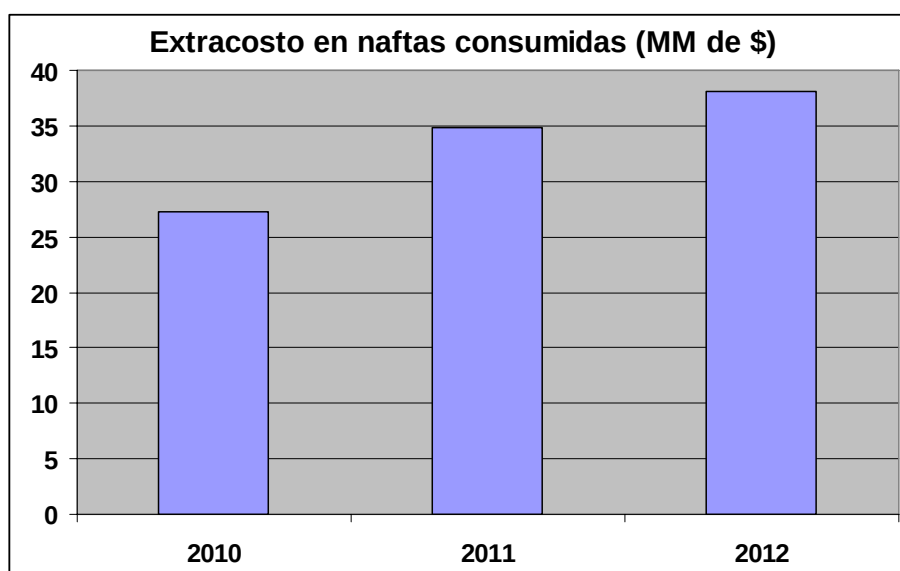


Figura 3.17

Obsérvese que el costo para los consumidores es de entre 27 y 28 millones de pesos anuales para el corto plazo. Teniendo en cuenta que actualmente tenemos un mercado de casi 500 millones de pesos, y que el pronosticado para 2010 es de aproximadamente 570 millones, el extracosto representaría entre un 5 y un 7% del gasto anual total a nivel país (teniendo en cuenta errores de estimación y redondeos), lo cual es congruente con el supuesto tomado de un 5% de incremento en el precio y un 95% de participación de las naftas con RON>93. Pero no hay que olvidar que para efectuar las proyecciones se partió de un supuesto de precios máximos de carácter político, el cual no necesariamente será el criterio a aplicar por parte de la Autoridad de Aplicación. De hecho, fuentes extraoficiales hablan de un precio tal que permita obtener una TIR del 15% antes de IG, efectuándose el cálculo para un proyecto tipo del mercado. Sin dudas que esta versión también encierra un alto grado de incertidumbre, y en el caso de que efectivamente se aplicase se deberán tomar los recaudos necesarios para reducirla, como así también en el caso de aplicar cualquier otro criterio. Y esto es algo que debe hacer de inmediato si se pretende que las inversiones lleguen, pues si no hay seguridad jurídica tampoco habrá inversión.

Si los beneficios ambientales, sociales y de seguridad energética planteados se alcanzan minimizando los mencionados impactos negativos, este sería un costo aceptable.

En cuanto al costo fiscal, se calculó la cantidad de dinero que el estado dejará de percibir debido solamente al ITC y la Tasa Hídrica:

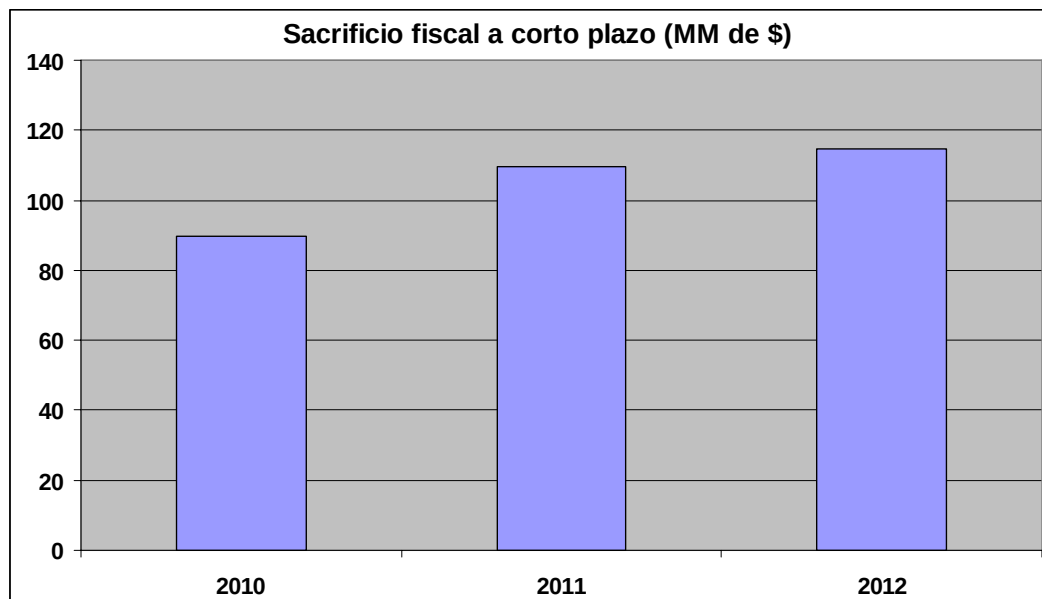


Figura 3.18

Se observa que el valor es mínimo en comparación con lo que actualmente percibe el estado bajo estos conceptos, aproximadamente unos 1.800 millones de pesos. Esto es

debido que se sólo se estará exceptuando del impuesto al 5% del volumen comercializado en el mercado.

EL ROL DEL ESTADO: PIEDRA ANGULAR PARA EL DESARROLLO SANO DE LA INDUSTRIA.

Durante esta sección se buscará dar por finalizado el análisis de soluciones refiriéndose al lugar que debería ocupar el Estado en la búsqueda de un desarrollo sano de la industria. Se describirán acciones que tendrán una repercusión en forma directa sobre los productores, distribuidores y usuarios del combustible, como así también medidas que impactarán en forma indirecta sobre la cadena. Estas últimas buscan mejorar la aplicabilidad del resto de las soluciones tratadas en el presente capítulo, siempre con el objetivo de permitir que Argentina se sume en forma rápida, competitiva y segura a la cadena mundial del etanol carburante.

Se utiliza el ejemplo de ciertos países que hoy en día son protagonistas del mercado, donde el Estado ha jugado un rol fundamental, ya sea desde el lado de la promoción de la demanda (tanto interna como externa) como también en el desarrollo de conocimientos y experiencia para agregar valor y competitividad (know how), y finalmente regulando el segmento a través de políticas que contemplen la seguridad (tanto ambiental como personal), la transparencia comercial y la equidad social del negocio.

Un nuevo marco legal: el punto de partida imprescindible.

Según se explicara en el Capítulo 2, Sección “Problemas Legales y Trabas al Comercio Internacional”, la Ley 26.093 posee varios puntos a mejorar en orden de acelerar un desarrollo suficiente de la industria como para garantizar el consumo local del etanol, su exportación (con el objetivo de agregar valor a la producción local de maíz), y la creación de empleos estables a lo largo del territorio nacional.

Sumario de aspectos a perfeccionar.

En problema de base reside en la incertidumbre respecto a la formación de precios internos y la asignación de las cuotas comerciales para acceder al cupo fiscal. El estado debería monitorear pero no controlar los precios ni tampoco decidir que productor le vende a cual distribuidor. Y en el caso de que efectivamente se ejerciera este control, ya debería haberse fijado un criterio claro y transparente, por todos conocido, para la determinación de estas variables, que son claves en el éxito de los proyectos. La propia existencia del mercado interno se está poniendo en duda, dado que ante el clima de incertidumbre son muy pocos los proyectos que se encuentran en un estado de avance

confirmado. Y esta duda se acrecienta sabiendo que la Autoridad de Aplicación puede reducir las cuotas de corte obligatorio cuando lo desee.

El acceso a los beneficios es otro punto oscuro, ya que no se especifican totalmente las condiciones requeridas, en especial cuando la ley se refiere a que será necesario que los proyectos tengan “la capacidad técnica y económico-financiera que determine la Autoridad de aplicación”, concepto muy vago e impreciso. Y aquellos requerimientos que si son precisos, son restrictivos de estas “capacidades”: poner los proyectos bajo el control mayoritario de productores agropecuarios o del estado no sólo restringe el abanico de inversores, sino que da prioridad a sectores que carecen de capital intensivo y del know how requerido para manejar proyectos industriales de alto riesgo. Por otra parte, no es menor el hecho de restringir el monto a asignar en concepto de beneficios fiscales a la política presupuestaria del gobierno de turno, en lugar de afectarlo a la cantidad de proyectos requeridos para asegurar un consumo mínimo. A esto se debe adicionar el carácter excluyente de los beneficios de Amortización Acelerada de Bienes de Capital, y de Devolución Anticipada del IVA, los cuales en el proyecto de Ley original eran independientes.

Finalizando el resumen de imprecisiones y errores en la ley, no menos importante son los conceptos de falta de visión a largo plazo (los beneficios contemplan un horizonte temporal de entre 3 y 15 años a partir de la autorización del proyecto, según el tipo de beneficio), de ausencia de incentivos a la exportación, y de solapamiento con las legislaciones provinciales (las mismas pueden modificar ciertos aspectos de la Ley Nacional, agregando aún más incertidumbre).

Recomendaciones.

En primer término, es fundamental limitar el control de la Autoridad de Aplicación sobre el comercio del etanol carburante, tanto a nivel de la fijación de precio como de los volúmenes a ser distribuidos. El problema de fondo en este sentido radica en los precios de las naftas en Argentina. En un país donde el GO es escaso pero las naftas abundan y se exportan, aún así tenemos un precio interno muy inferior al del resto del mundo. Y a diferencia del GO y del GNC, que tienen un uso industrial, comercial e incluso social muy importante (su precio impacta el transporte tanto de productos como de pasajeros, en la generación eléctrica y la calefacción doméstica, y por supuesto en la productividad industrial); la nafta tiene un impacto mucho menor sobre la economía en su conjunto, pues se utiliza mayoritariamente para esparcimiento y/o comodidad de los individuos o familias que tienen acceso a un vehículo propio. Un incremento en el precio de las naftas posibilitaría un precio del etanol en el mercado local mucho más cercano a su valor internacional. Esto se debe a que el etanol solo formaría, en principio, el 5% del la mezcla final a comercializar (E05), por lo tanto un incremento de las naftas

del 10 centavos (o sea poco más de 3 centavos de dólar, mínimo acercamiento con respecto a valores internacionales) permitiría incrementar el precio del etanol hasta 20 veces más -asumiendo el caso ideal de que exista linealidad en la distribución de costos con respecto a la participación en la mezcla final-. Esto generaría una equiparación entre los precios locales e internacionales del etanol mucho mayor, en proporción, que la equiparación propuesta entre los precios locales e internacionales de las naftas. Es decir, el efecto se ve magnificado de un producto a otro. Esto posibilita vender el etanol en el mercado local a un precio atractivo para los inversores de riesgo, pero sin un fuerte impacto en el bolsillo de los consumidores. Pero claro que para que esto suceda, el Gobierno debe asumir la imperiosidad de descongelar los combustibles y reducir el intervencionismo en el mercado. Claro que esto debe hacerse en forma gradual en el caso de las naftas, pero en el caso del etanol cuyo impacto sobre el bolsillo de los consumidores será mínimo, puede plantearse un mayor grado de libertad desde el comienzo. Asimismo, este efecto se irá disminuyendo a medida que el porcentaje de corte sea menor (incrementos en el precio del etanol tendrá un mayor impacto sobre el precio de las mezclas).

El acceso a los beneficios debería clarificarse, y hacer extensivo a otro tipo de sectores con experiencia en proyectos de alto riesgo, como son la industria química, alimenticia y energética. La incorporación de los ingenios azucareros ha sido un avance en este sentido, el cual debe hacer extensivo a cualquier sector industrial que esté en condiciones de invertir con éxito en este negocio. Incluso las grandes cereales y petroleras deberían participar, ya que son quienes tienen mayor posibilidad de lograr la integración vertical con otros negocios, concepto clave para reducir los riesgos y mejorar la rentabilidad. Esto no necesariamente supone la exclusión de productores agropecuarios, PyMES o el mismo Estado. Una opción de compromiso sería obligar a la sociedad dueña del proyecto a incluir un porcentaje mínimo de participación de estos agentes en el negocio, pero sin obligarlos a aportar más del 51% del capital (gran esfuerzo financiero) ni tampoco sacrificar el proyecto poniéndolo bajo el control obligatorio de estos agentes. Asimismo, también debería permitirse que aquellos emprendimientos que deseen destinar la mayor parte de su producción al mercado local, gozando de los beneficios asociados, tengan también la posibilidad de exportar parte de su producción mejorando con ello los indicadores del negocio sin perder los beneficios.

Si lo que se busca es permitir el acceso a los proveedores de materia prima, entonces se pueden otorgar beneficios adicionales (ejemplo subsidios) para cada tonelada de maíz o caña que provenga de productores que hayan sido incorporados como accionistas minoritarios del proyecto (esto va de la mano con las técnicas de Financiamiento basado en las Ventas mencionadas en la sección anterior). O en su defecto cualquier otra opción que facilite el acceso de inversionistas fuertes (no olvidemos que se requieren más de 30 millones de dólares para una planta de capacidad media) y con el suficiente know-how. El objetivo es acelerar el desarrollo, luego los beneficios para el productor llegarán tarde

o temprano porque si la industria crece, entonces los productos como el maíz o la caña tendrán un nuevo foco de demanda y por consiguiente un mejor precio.

En cuanto a los beneficios, además de expandirlos de la forma sugerida, debería también hacerse extensivos de la manera en que fue concebido el proyecto de ley original, es decir sin que sean mutuamente excluyentes. El cupo fiscal debería determinarse según proyecciones del consumo de naftas, asegurando un monto mínimo para destinar en concepto de beneficios a los productores del mercado interno, y menor medida también a los exportadores. Todos deberían gozar de beneficios especiales (ejemplos exenciones impositivas fuertes) durante la etapa de inversión.

Incorporar a los exportadores al esquema de beneficios es clave: no son competencia para las plantas de menor capacidad destinadas el mercado local, y una vez que se tiene un complejo exportador que sea rentable entonces se puede asegurar el abastecimiento interno a través de esquemas de retenciones o incluso obligándolos a que deriven un porcentaje mínimo de su negocio a la venta local, en caso de falta de oferta: si se exportaran 2.000 millones de litros al año para 2010, se requeriría menos del 12% de dicho volumen para satisfacer la demanda local. Pero para que esto no represente un castigo al complejo exportador, habría que compensarlo con el descongelamiento de precios internos antes mencionado. Y en el caso de de aplicar esquemas de retenciones, no hacerlo hasta tener un complejo exportador en marcha y que pueda tolerarlo, teniendo en cuenta las retenciones a la exportación de los feedstocks principales (abaratan la materia prima localmente, y con ello se puede aplicar mayores retenciones al producto terminado). En este sentido, es importante recalcar que lo fundamental no es sólo determinar que permitir y que regular, sino hacerlo en forma clara, precisa y transparente, de forma de que haya reglas claras de juego para todo tipo de inversores potenciales.

Por último, es fundamental evitar el solapamiento con legislaciones provinciales y la incorporación de una visión a largo plazo, pero que sea adaptable según la evolución que tome el mercado local e internacional. Concretamente, esto implica: extender los beneficios en el tiempo, contemplar un porcentaje de corte creciente, y contemplar el surgimiento de nuevos feedstocks fuera del sector agropecuario. El horizonte temporal no debería ser menor a 20 años en ningún caso, efectuándose periódicamente revisiones a la ley y a sus beneficios a medida que el mercado evoluciona, pero siempre teniendo presente que es imperioso que la oferta crezca y que lo haga en forma rápida pero sustentable económicamente y en el tiempo.

Se requieren soluciones de compromiso, que sepan equilibran la existencia de reglas claras y firmes, con los requerimiento necesarios para hacer despegar el sector y mantenerlo produciendo, adaptándose a los cambios que seguramente vendrán.

Lanzamiento de normas complementarias.

En consistencia con el perfeccionamiento de la Ley 26.093 y su Decreto Reglamentario, otro tipo de normas podrían ser puestas en práctica a fin de estimular la demanda y la producción bajo normas de seguridad, higiene y calidad internacionales.

En primer lugar, las normas que regula el vertido de efluentes líquidos y gaseosos deberían ser actualizadas, basándose en la experiencia de países como EEUU, Brasil, España o Alemania. Luego debería efectuarse un control más riguroso, una opción para esto podría ser implementar un doble control entre la Autoridad de Aplicación y las autoridades medioambientales correspondientes a cada jurisdicción (Provincias).

El cumplimiento de las leyes laborales no es un tema menor, sobre todo en explotaciones agrícolas de mano de obra intensiva como la cañera o vitivinícola. Lo ideal sería incorporar requerimientos de condiciones laborales mínimas para que estas explotaciones puedan destinar su producción a cualquier tipo de industria (no sólo la del bioetanol), mediante controles rigurosos por autoridades diversas (que no recaiga en una única institución/persona). Asimismo y una vez que la industria esté en marcha, no sería ilógico pensar en la obligatoriedad de cumplir con normas del tipo ISO 14.000 (gestión ambiental) u OSHAS 18.000 (seguridad e higiene en el trabajo). Pero lo ideal sería crear normas específicas basadas en los requerimientos de certificación que exijan las grandes naciones consumidoras, como la UE: esto puede parecer un freno a la industria pero en la práctica es una forma de anticiparse a un requerimiento que si no se contempla en forma adecuada, puede transformarse en una barrera no arancelaria infranqueable. Y esto es una realidad que se aproxima y que fue claramente enunciada como un peligro importante en el Seminario para Análisis de Proyectos de Inversión en Biocombustibles, dictado por expertos de la AABH en Septiembre de 2007. Pero de implementarse estas normas de calidad y gestión en nuestro país, es fundamental desarrollar institutos de certificación eficientes y transparentes, con conocimientos específicos de la industria del etanol y su impacto en el medio ambiente natural, los trabajadores y la sociedad.

Por el lado del desarrollo de la demanda, la prohibición en el uso del MTBE y otros aditivos de naftas peligrosos es un aporte que puede incrementar el consumo interno en forma importante. Pero esta medida no debe tomarse a la ligera, sino que implica el estudio detallado de todos los puntos que se mencionaron en la sección *Promoción de la Demanda de Etanol Argentino*. Asimismo, el lanzamiento de leyes similares a la *Clean Air Act* de los EEUU, sería otro factor de crecimiento de la demanda imprescindible para aplicar en el mediano plazo, una vez que existe un complejo productor en marcha.

Finalmente, una forma de mitigar el “problema del huevo y la gallina” sería implementar un esquema de subsidios para aquellos productores que destinen parte de sus tierras al cultivo de feedstocks alternativos como el sorgo azucarero u otros cultivos energéticos dedicados como los de origen celulósico. Los subsidios deberían tener una componente proporcional a la tierra destinada a tal fin, y otra temporal (por cuantos años se comprometen a mantener la producción), teniendo en cuenta las potenciales pérdidas a las que se ve expuesto el productor, de acuerdo con su escala, su riesgo climático y comercial, etc. Esto va de la mano con la creación de institutos de investigación destinados a efectuar el *research* necesario (medida que se comentará en párrafos posteriores), los cuales también deben crearse por ley/decreto.

La inserción en el mercado mundial: desde la tecnología de producción al etanol sustentable.

Los procesos de gran escala y fuerte inversión en tecnología e I+D requieren que los países donde se alojan fomenten la inversión en estas áreas, o en su defecto inviertan recursos para procurar los desarrollos generados en otras partes del globo. En este último caso, una forma de probado éxito para recuperar este tipo de inversiones es la exportación de los conocimientos adquiridos luego de ser perfeccionados, y por supuesto, de aquellos productos de características diferenciales que se obtienen con dichas mejoras.

Existen ejemplos concretos de relaciones bilaterales o multilaterales entre países que han fomentado el intercambio tecnológico y productos, en misma industria del etanol: EEUU y Brasil es el ejemplo más claro, y un fenómeno similar se está dando en los últimos tiempos entre Japón y varias otras naciones, entre ellas Brasil y Australia. Los grandes consumidores del hemisferio norte venden tecnología (patentes de procesos o incluso productos novedosos como ser ciertas enzimas) a los países del hemisferio sur con ventajas comparativas (grandes extensiones de tierra disponible, clima propicio, bajo costos de mano de obra, excedentes de feedstocks) que no han sido totalmente explotadas, para que las adapten a su contexto de negocio, lo hagan más eficiente en costos y rendimientos, y luego les proporcionen un producto de mejor calidad y sobre todo más barato, a sus ansiosos mercados. Estos intercambios pueden ser tanto a nivel de agencias de estado (Institutos de Investigación), como también a nivel de empresas particulares, pero que actúan con la anuencia (y muchas veces el apoyo financiero) de los correspondientes Gobiernos. Es decir que en primera instancia, es el Estado quien debe efectuar el acercamiento inicial para abrir las negociaciones.

Y este protagonismo se vuelve imprescindible si en lugar de discutir intercambios tecnológicos lo que se discuten son aranceles a la importación y/o el acceso a determinados mercados internacionales. Aquí no sólo es importante el poder de lobby

de un estado individual, sino de agrupaciones de naciones productoras con intereses comunes. Claro que esto no es fácil: hoy por hoy, sería muy difícil que países como Argentina y Brasil se pongan de acuerdo en una estrategia común frente a la UE, pues sus industrias son diferentes tanto en tamaño como en grado de madurez, forma e incluso en su evolución a futuro. Pero si podrían hacerlo Argentina y Chile buscando un ingreso al mercado Asiático, por ejemplo: Argentina posee las tierras, el acceso a materias primas y a la energía, mientras que Chile posee los puertos al Pacífico que permitirían reducir notablemente los costos logísticos.

Volviendo a la posibilidad de tener que afrontar esquemas de certificación para acceder a mercados internacionales, sin dudas que el poder de negociación del estado es clave para retrasar el surgimiento de estas barreras. Pero para poder negociar, se tiene que ser un actor protagónico, es decir tener una buena participación en el comercio internacional, aunque más no sea hoy sí el día de mañana.

Las herramientas para el mañana: políticas de I+D intensivo hoy.

Poder contar con un abanico de innovaciones es la clave para liderar en un mercado emergente y con un alto potencial de mejora, como es el caso del bioetanol. Sobre todo teniendo en cuenta que existen dos áreas que tendrán un altísimo desarrollo en el futuro: la mejora de los feedstocks actuales (variedades de maíz y otros cereales específicamente diseñados para esta industria), y el desarrollo de los nuevos, en conjunto con sus correspondientes procesos para optimizar su aprovechamiento. El ejemplo del etanol de celulosa probablemente sea el caso más concreto, junto con el aprovechamiento del glicerol y demás materias que permitan obtener un etanol de segunda generación. Esto a su vez tiene una importante relación con los esquemas de certificación, sobre todo desde el punto de vista de los criterios de mínimo uso de recursos y energía. Pero es claro que generar estos desarrollos lleva tiempo, esfuerzo, y dinero. El tiempo y el esfuerzo son recursos humanos que Argentina posee. El dinero tiene un comportamiento diferente: provendrá de las empresas sólo si ven un mercado futuro donde colocar sus desarrollos y/o explotarlos para generar riqueza. Y si miramos a Argentina, aún existe incertidumbre en relación a la existencia de dicho mercado. Por lo tanto caemos nuevamente en el problema del huevo y la gallina: nadie se anima a desarrollar conocimiento si no hay un mercado seguro donde explotarlo; pero para que dicho mercado exista se necesitan innovaciones que permitan recuperar el tiempo perdido con respecto al resto del mundo, utilizando procesos más eficientes. La solución es pensar que existen un amplio potencial natural para desarrollar los feedstocks (maíz, sorgo dulce, residuos celulósicos, glicerol, e incluso caña de azúcar), por lo tanto si se invierte en I+D para potenciar esas ventajas naturales y optimizar el aprovechamiento de esos feedstocks, el éxito se multiplicará. La investigación incluso permitirá mejorar

la integración vertical (generando nuevos y mejores subproductos) y es la semilla para la exportación de conocimientos en forma de patentes y consultoría.

Brasil es un claro ejemplo de un país Sudamericano donde el Estado vio la oportunidad de crear una industria para generar empleo y desarrollo, y la aprovechó a través de la investigación, tanto propia como adquirida de otras naciones. En este último caso, si el Estado no cuenta con los recursos para investigar debe entonces fomentar la participación de las empresas, a través de beneficios económicos, financieros o fiscales concretos. Más aún si se pretende que el Estado tenga una participación accionaria de los proyectos que surjan: es su responsabilidad que se mantengan a la vanguardia y sean exitosos.

Otra alternativa exitosa es la alianza estratégica entre empresas con fines de investigación: a principios de 2007 una importante petrolera estadounidense efectuó un acuerdo de este tipo con el mayor aserradero de Canadá, con el objetivo de investigar la producción de etanol de celulosa. El rol del Estado en este caso podría ser favorecer estas alianzas, por ejemplo eximiendo sus actividades de investigación de impuestos, o poniendo a su disposición determinados organismos o instituciones del gobierno para que efectúen sus ensayos. A cambio de esto, el Estado podría exigir que durante un determinado número de años dichas patentes sean empleadas en proyectos radicados únicamente en el país de origen (Argentina), o que el Estado reciba parte de las regalías de las mismas en el caso de ser explotadas en otras regiones.

Lo importante es que el conocimiento se genere y se aplique en el país, en proyectos concretos, y que traiga beneficios tangibles a la industria con el mayor alcance posible. Teniendo en cuenta esto último, se debería evitar que una única empresa monopolice el conocimiento, sino tratar de difundirlo entre todas las industrias locales, pero teniendo siempre presente que quienes la hayan desarrollado tenga acceso preferencial a su explotación. De ahí que es importante que los mayores desarrollos vengan del Estado, ya que se de ser así los mismo se podrán administrar de la forma más conveniente para la industria en su conjunto.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.

Durante este breve capítulo se intentarán puntualizar los principales aspectos del estudio desarrollado, buscando culminar el análisis en una guía concreta de mejores prácticas a implementar, tanto desde el Estado como desde el lugar que ocupen los actores privados en la futura cadena del etanol Argentino. Aún así, es importante destacar que el objetivo del presente estudio ha sido abarcar todos los posibles aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar una industria emergente y que tiene un fuerte impacto sobre la vida de una nación. Por lo tanto, no se busca inducir al lector hacia una línea de pensamiento única y estricta, sino dejar que el mismo saque sus propias conclusiones en base a los datos objetivos presentados, y que dicha información le sirva como punto de partida para efectuar análisis más profundos sobre los tópicos planteados. Pero siempre manteniendo como meta el lograr una industria competitiva y sustentable, que sea eficiente tanto bajo criterios técnicos y económicos como así también a la hora de cumplir con sus objetivos relacionados con el bien común.

El primer aspecto a destacar –que saltó a la vista en las páginas iniciales- es que Argentina posee un enorme potencial para la producción de etanol carburante, sea este de primera generación (a partir de cereales, de caña de azúcar u otros cultivos energéticos), de segunda generación (a partir de glicerol o residuos celulósico), e incluso a partir de nuevos feedstocks que aún no se han desarrollado, dado que presenta las condiciones necesarias para producirlos con éxito. Afortunadamente, este potencial no sólo deriva de sus condiciones naturales (ventajas comparativas), pues si así fuera no se trataría de una oportunidad tan grande, sino que además se origina en connotaciones económicas (bajos costos de producción de materiales y mano de obra), tecnológicas (algunas de ellas aún potenciales, se deben desarrollar), y sobre todo humanas, pues existe la capacidad para generar conocimientos y hacer buenos negocios asociados a esos conocimientos. La agroindustria local es un claro ejemplo de ello y lo mismo sucede con la industria de la biotecnología, ambas estrechamente relacionadas con la producción de biocombustibles.

Sin embargo, al día de hoy todas estas ventajas son potenciales, es decir que no han sido encaminadas hacia la producción sustentable del etanol. Esta realidad permite efectuar una doble lectura: por un lado, es evidente que existen factores que están frenando su desarrollo; por el otro, se trata de una ventana de oportunidad aún abierta, pues todo está por hacerse. Muchas de las ideas asociadas a la primera lectura han sido tratadas a lo largo de Capítulo 2 (problemas legales y de seguridad jurídica para la inversión, trabas a la exportación y falta de competitividad internacional, problema “del huevo y la gallina”), en conjunto con otras barreras potenciales que podrían surgir a futuro si no se diseña correctamente la industria (ineficiencia energética y en la captura de carbono,

problemas ambientales, distribución no equitativa de los ingresos y el empleo, encarecimiento de la proteína animal). Y lo mismo se ha hecho a la hora de efectuar la segunda lectura: analizar un conjunto de políticas a poner en práctica para eliminar o minimizar las barreras, y transformar las ventajas comparativas en ventajas competitivas.

Uno de los principales objetivos a la hora de analizar las debilidades presentes o futuras de esta nueva industria, fue arrojar luz sobre ciertas cuestiones que normalmente suelen ser tratadas por los medios de forma muy superficial. Una de ellas está asociada con la puja existente entre alimentos y energía (*Food vs Fuel*), una tema que está muy relacionado con el contexto económico bajo el cual se analice. Se demostró que para una nación como Argentina, con importantes excedentes exportables de productos agrícolas, la posibilidad de agregarle valor a los mismos no debe desaprovecharse. Sobre todo teniendo en cuenta que de no ser así, su transformación en etanol ocurrirá puertas afuera con el consiguiente encarecimiento de los commodities, pero sin beneficiarse nuestro país de los puestos de trabajo asociados a la etapa de industrialización, la exportación de bienes manufacturados, y el aprovechamiento de los subproductos generados. Este aprovechamiento no es un concepto menor sino que tiene un fuerte impacto tanto en la mitigación del encarecimiento de la proteína, como así también en la integración vertical de los proyectos, pues se trata de toda una industria complementaria que se genera a partir del etanol de cereales. Pero a pesar de haber arrojado luz sobre esta polémica, también se la analizó desde un punto de vista netamente crítico: no sólo es posible mitigar el encarecimiento de la proteína y beneficiarse de la integración vertical que trae aparejada, también es posible “patear el tablero” y pensar un modelo completamente distinto, generando etanol a partir de cultivos y/o feedstocks no tradicionales, siempre teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de este esquema. Aquí es donde se observa el verdadero agregado de valor de este trabajo: no se limita a un único modelo productivo como si este fuera una solución mágica, sino que se analizan diversas posibilidades con distintas connotaciones cada una, teniendo en cuenta sus pros y contras para cada región y sector económico del país. Después de todo, el único modelo a seguir es el del desarrollo rápido, eficiente y sustentable: bajo ciertas condiciones este desarrollo implica producir etanol a partir de maíz, en otras zonas podrá ser de caña, y bajo otro contexto de precios tal vez la respuesta sea la celulosa o el sorgo dulce. Asimismo el destino podrá ser la exportación como etanol hidratado o deshidratado, o la transformación en MTBE, sin dejar por ello de cumplir con los requerimientos del mercado interno (semilla de la producción local, pero que debe expandirse hacia otros objetivos).

Otras cuestiones que se pretendieron clarificar fueron el balance energético y de GHG (gases de efecto invernadero) del ciclo del etanol: cuantificarlo y analizar su potencial de mejora bajo distintos esquemas productivos, atendiendo siempre al concepto de análisis a ciclo completo. Se desmintió que ambos parámetros puedan ser negativos,

pero dejando en claro que no es lo mismo el balance del maíz o la remolacha, que el de la caña o la celulosa. En relación con esta eficiencia, se puntualizó la importancia de tener en cuenta su impacto a largo plazo, en el caso de que los principales actores de mercado impongan barreras que exijan índices más ecológicos y eficientes. Esto son los mencionados criterios de sustentabilidad, los cuales en muchos casos buscan el bien común mientras que en otros buscan proteger ciertos intereses. Sea cual fuere el caso, Argentina debe estar preparada para adaptarse a un mercado cambiante. De allí la importancia de que el Estado se involucre en las políticas de diseño de la industria: mejorando y ampliando las medidas de promoción e incentivos, apuntando a la diversificación de feedstocks y de mercados, fomentando la investigación y desarrollo, atrayendo inversiones bajo reglas claras de juego, cerrando acuerdos estratégicos con las naciones consumidoras y proveedoras de tecnología, facilitando el acceso a financiamiento blando, etc. Como habrá quedado claro, su participación es clave, y esto lo obliga a cambiar su actitud con respecto a esta floreciente industria cuanto antes.

Pero también es imprescindible una activa participación de los agentes privados, es decir de los dueños de los proyectos. Como primera instancia, se debe superar la barrera de la incertidumbre (el problema del huevo y la gallina). Esto no significa invertir a ciegas y sin criterio, pues sería un total desperdicio de capital, tiempo, y conocimientos. Por el contrario, es fundamental que aporten a la investigación y que generen empleos genuinos a través de la capacitación del personal en todos los niveles de la cadena: desde el agricultor manual al ingeniero encargado de desarrollar un nuevo proceso. Estas medidas no representan un deseo por una industria utópica, sino que serán ventajas a capitalizar en el futuro: estar a la vanguardia del I+D les permitirá a los empresarios ser los primeros en desarrollar nuevos procesos y nuevos feedstocks, y el hecho de contribuir al desarrollo social y económico de las regiones donde se instalen los proyectos les permitirá cumplir con los criterios de sustentabilidad que exigirán los nuevos mercados, sin incurrir en costos adicionales. En relación con este último, también debe destacarse su compromiso con el cuidado del ambiente y el uso eficiente de los recursos naturales, son herramientas que hacen tanto el bien común como también a la mejora de su situación comercial. Sirvan como ejemplo el acceso a financiamiento a través de los bonos de carbono, o la transformación de residuos (glicerol, residuos de industria maderera, resto de caña o de maíz) en nuevos combustibles y energía, que implican más ventas comerciales y mejor calidad de vida para la población en general.

Claro que para lograr este nivel de sustentabilidad y eficiencia, hay que tener conocimiento, capital, y experiencia. Y antes de correr, se debe aprender a caminar. Es por ello que el paso inicial es formar una industria incipiente con los feedstocks y el conocimiento disponibles: en base a caña y maíz. Pero nunca dejar de investigar e invertir en los esquemas hacia los cuales se dirige el mundo: etanol de segunda

generación, integrando procesos y negocios a la cadena, minimizando el impacto ambiental y maximizando los beneficios hacia la comunidad.

Como conclusión de lo expuesto, se presenta la guía de políticas para la construcción de una industria eficiente y sustentable del etanol carburante en Argentina:

- 1) Modificación de la legislación actual según lo expuesto en el Capítulo 3: ampliación de los beneficios a industrias exportadoras o que estén fuera del control de productores agropecuarios o del estado; acceso a los mismos a través de criterios claros y con un presupuesto basado en los requerimientos de la industria; menor intervención estatal en el control de precios y cuotas de mercado; tasa de corte creciente; incorporar subsidios e incentivos a la producción de cultivos energéticos y la exportación de tecnología y know-how en etanol. Es fundamental que el marco legal incluya una visión a largo plazo, y evitar el solapamiento de la legislación provincial y nacional.
- 2) Lanzamiento de normas complementarias. Por un lado, que impliquen un mayor control ambiental y aseguren mejores condiciones laborales. Por el otro, prohibir el uso de MTBE y otros productos químicos nocivos para la salud y el ambiente que puedan ser reemplazados con etanol o sus derivados, previo estudio analítico de su comportamiento químico para dimensionar con exactitud el porcentaje de sustitución. La obligatoriedad de producir autos con capacidad flex (utilizar tanto nafta como E85 o E100) es una medida que no se analizó pero tuvo un éxito probado en Brasil.
- 3) Descongelamiento del precio interno de las naftas. Esta medida es fundamental para incentivar la inversión en plantas destinadas a abastecer el mercado interno. Disminuye el impacto relativo del etanol en el encarecimiento de naftas e incrementa la exploración y explotación de hidrocarburos. También es imprescindible que Argentina participe activamente en acuerdos internacionales de comercio e intercambio tecnológico con las naciones líderes del mercado.
- 4) Fuerte inversión en I+D, por parte del Estado y de los privados, en orden de mejorar la eficiencia de los procesos conocidos y desarrollar nuevos, y a la vez crear nuevos feedstocks orientados a la producción intensiva de etanol carburante. También se recomienda profundizar el estudio de aquellos aspectos respecto a los cuales aún faltan análisis específicos: emisión de NOx y COVs de las mezclas de etanol y nafta; balance de GHG y energético a ciclo completo en la industria Argentina; aptitud para el cultivo de sorgo azucarero de diferentes zonas del país; estudio comparativo del comportamiento de las mezclas MTBE-nafta y ETBE/etanol-nafta.
- 5) Poner en marcha una industria a gran escala lo antes posibles, a partir de los recursos comercialmente aprovechables al día de hoy: maíz y caña de azúcar. Para ello es fundamental aplicar lo mencionado en el punto 2). Esto permitirá asegurar una producción estable que abastezca el corte obligatorio para 2010, y

empezar a consolidar a la Argentina como jugador importante en la escena mundial. A su vez será el punto de partida para extender la industria a otras regiones a través del uso de nuevas tecnologías y materiales, utilizando la experiencia y conocimientos ganados con los procesos tradicionales. El cultivo de variedades de maíz de alta fermentación es una opción inteligente para mejorar la rentabilidad de los proyectos, junto con el diseño de procesos flexibles para producir en base a trigo o maíz alternativamente. El concepto de integración vertical es fundamental: incorporar tambos o feedlots a los proyectos en base a cereales mejora el aprovechamiento del feedstock y su capacidad para evitar el encarecimiento de la proteína. El agregado de biodigestores al ciclo mejorara el balance energético, lo mismo que el agregado de usinas eléctricas que quemen el bagazo de caña. Y en todos los casos apuntar a obtener los certificados de emisiones reducidas (bonos de carbono), para fortalecer el financiamiento y demostrar que efectivamente se reducen las emisiones de gases de invernadero. El grado último de integración es la incorporación de proveedores de maíz, caña y energía como accionistas, y eventualmente a las petroleras encargadas de distribuir el producto.

- 6) Diversificar los feedstocks. Esta es la clave para tener éxito en el futuro y lograr extender la industria hacia distintas regiones en forma rentable y sustentable. El sorgo azucarero es la opción más factible a corto plazo, cultivado en el oeste de Santiago del Estero para incorporar a la matriz de abastecimiento de los ingenios azucareros de Tucumán. Luego podría extenderse a Salta y el norte de Santa Fe. El aprovechamiento del glicerol generado por las grandes instalaciones de biodiesel logrará mejorar la sustentabilidad de ambas industrias y fortalecer la matriz de abastecimiento de feedstocks. Pero sin dudas que la solución a largo plazo reside en desarrollar el etanol de celulosa, para lo cual se debe empezar a investigar hoy. Esto a su vez contribuirá a la supervivencia de las industrias de etanol en base a maíz o caña de azúcar, permitiendo el aprovechamiento integral de la biomasa cosechada. La inversión en I+D en etanol de celulosa es clave.
- 7) Incorporar la ingeniería financiera necesaria para mitigar los riesgos del proyecto y facilitar el acceso a financiamiento “a medida”: contratos de aprovisionamiento de materia prima y suministro de energía a largo plazo; contratos de venta a futuro para el etanol y subproductos; contratos de ingeniería, provisión y construcción con proveedores de tecnología, garantizando eficiencias mínimas y puesta en marcha a tiempo; utilizar créditos de bancos de desarrollo o instituciones similares. Respecto a las técnicas no tradicionales, se recomienda estudiar el financiamiento sin recurso (basado únicamente el flujo de fondos que genera el proyecto), o en su defecto aplicar el financiamiento con recurso limitado (las garantías serán los activos del proyecto y determinados activos de sus dueños). Otra opción a contemplar, que requiere un profundo análisis según cada proyecto en particular, es emplear financiamiento basado en las ventas, otorgando derechos sobre parte de la

producción a los financistas a cambio de que los mismos aseguren provisión de insumos o tecnología.

Como se puede apreciar, hay mucho por hacer. Pero la oportunidad es enorme y está en nosotros saber capitalizarla hacia el bien común en forma rentable y sostenida en el tiempo.

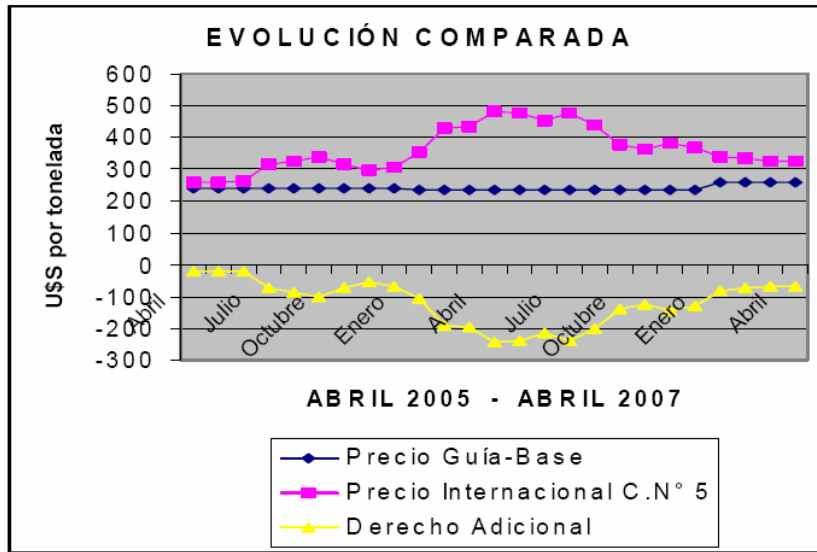
Anexo I: Producción de caña y azúcar en ingenios azucareros.

Datos ingenios azucareros 2006.

INGENIOS	Producción azúcar (t)	Caña Molida (t)
Ledesma	383.227	3.306.231
Concepción	334.817	2.821.174
San Martín del Tabacal	208.376	1.816.286
La Providencia	133.305	1.290.835
La Trinidad	139.349	1.283.613
La Florida	143.854	1.265.039
La Fronterita	116.632	1.017.127
Bella Vista	86.283	768.142
Nuñorco	81.431	750.585
Santa Bárbara	87.292	728.770
Santa Rosa	73.077	685.549
La Esperanza	71.073	639.258
La Corona	67.600	628.443
Rio Grande	69.059	569.051
San Juan	53.220	515.774
Marapa	59.001	503.661
Leales	55.337	481.206
Aguilares	53.933	474.498
San Isidro	44.386	416.723
Cruz Alta	40.058	388.177
Arno	8.386	74.926
San Javier	2.723	32.325
TOTAL PAIS	2.312.421	20.457.392

- Aproximadamente un 40% de la producción se exporta.
- El rendimiento promedio de la caña es de 63 TN/ha para el 65% de la producción (Tucumán, a secano) y 90 TN/ha para el 35% restante (Salta y Jujuy, bajo riego). Ponderado resulta en 72,45 TN de caña por ha.
- Las mejoras en la producción durante los últimos años se han dado debido a un incremento en los rindes y no a una expansión del cañaveral. Se cree que existe potencial para incrementar los rindes hasta en un 3% anual.
- Se partió de una superficie cultivada de 290.000 has, sabiendo que dicho cañaveral se encuentra al 80% de su capacidad, por lo cual podría incrementarse en un 25% máximo.
- Rendimiento en producción de etanol de 11 lts/TN a partir de melazas (con obtención de azúcar), y 85 lts/TN. En Brasil se alcanzan rendimientos superiores a 95 Tn de caña por ha y 90 litros de etanol por Tn de caña procesada (sin obtención de azúcar).
- Las diferencias en costos de producción a favor de Brasil hacen que se tienda a importar azúcar desde este país, pero existe un arancel del 20% más un derecho adicional que en este momento es negativo (-10%, Disposición 797/92), y un flete de aprox. 40 USD. El precio internacional ronda los 330 USD/Tn (FOB Santos), por lo tanto el azúcar importado llega al puerto de Buenos Aires a 405 USD/Tn. Mientras tanto, el precio interno mayorista que se le paga a los ingenios es de unos 300 USD.
- El derecho adicional negativo no puede aplicarse hasta más del 50% del arancel ad-valorem, como lo indica el decreto N° 797/92, resultando en los valores de importación que se presentan en el siguiente cuadro. La evolución del Derecho Adicional durante los últimos dos años, comparado con la del precio internacional y el precio Guía-Base (de los cuales se deduce), se puede observar en el gráfico siguiente. Allí advertimos un proceso de constante crecimiento del derecho adicional desde julio de 2006, que tiende a

estabilizarse en torno a los U\$S 100 negativos, como se registró en el período de julio a diciembre de 2005.



Estimación de la capacidad ociosa de los ingenios azucareros.

Actualmente la capacidad de molienda se aproxima a los 30 millones de toneladas de caña al año. La actividad de molienda se encuentra a su máxima capacidad diaria durante los meses de Junio, Julio y Agosto, sin embargo la misma puede extenderse hasta desde Mayo a Noviembre por cuestiones climáticas, abarcando un máximo de 7 meses. Sin embargo, a pesar de los vaivenes de la zafra por cuestiones de maduración del cultivo, siempre se observa una mayor concentración de la actividad durante 3 o 4 meses al año. El en el peor de los casos, la industria debe estar dimensionada para poder absorber casi toda la producción de caña en unos pocos meses, supongamos el 80% de Junio a Agosto. Esto significa que deben poder procesar 8 millones de toneladas al mes.

Ahora bien, en peor de los casos la cantidad de meses ociosos será de 5 (de Diciembre a Abril). Suponiendo que dediquen un mes para tareas de puesta a punto, entonces el valor mas conservador sería de 4 meses ociosos al año, concentrados entre Diciembre y Abril. Si las instalaciones están dimensionadas para procesar hasta 8 millones de toneladas por mes, entonces esto arroja una capacidad ociosa de 32 millones de toneladas al año, como mínimo. Y esto sin tener en cuenta los meses durante los cuales se procesan pocas cantidades de caña (de Mayo a Noviembre pero fuera de los 3 o 4 meses de máxima actividad).

Anexo II: Supuestos de modelos IMPACT y CARD.

Supuestos modelo IMPACT.

Elaborado en Noviembre de 2006, el estudio comienza mencionando ciertos hechos sobre los mercados del crudo, el etanol y los granos:

- El rápido crecimiento de la demanda de crudo, su abastecimiento finito y la inestabilidad política reinante en los países con mayores exportaciones están aumentando día a día los precios del crudo y haciéndolos más volátiles.
- Durante el siglo 20, la agricultura se caracterizó por una tendencia de largo plazo hacia la baja en los precios reales de los productos. Avances constantes en la tecnología hicieron que la oferta se expandiese más rápido que la demanda, resultando en menores retornos por hectárea, lo cual llevó a un incremento en el tamaño de las granjas en búsqueda de retornos aceptables. Esto alimentó un éxodo de las zonas rurales hacia las ciudades. La industria del bioetanol podría revertir esta tendencia global, aumentando los ingresos de los granjeros, pero como contrapartida aumentando también el precio de los alimentos.
- En los EEUU, el mayor productor de etanol de maíz del mundo, el negocio es rentable con precios del crudo mayores a 45-50 USD/barril.
- Un estudio hechos por los mismos autores del modelo, muestra que entre 15 y 30 millones de acres podrían ser destinados a cultivos energéticos en los EEUU, llevando a una reducción significativa de la producción de alimentos y forraje dado el papel exportador del país del norte, con el consiguiente aumento de precios de los mismos.

Supuestos modelo CARD.

- El modelo parte de un precio inicial para el crudo de 60 USD/barril, lo cual al momento de su desarrollo resultó un supuesto bastante conservador pues el mercado NYMEX de crudo ligero comercializaba futuros en el orden de los 60-65 USD/barril para el período 2007-2012.
- Se asumió también que la producción de etanol será (eventualmente) tan grande que el precio del mismo estará fuertemente condicionada por su valor energético. Siendo nuevamente conservadores, se estimó el equivalente energético del etanol en 0,667 del de las naftas.
- Se corrió el modelo asumiendo dos posibles situaciones impositivas para el etanol (las cuales impactan fuertemente sobre su precio): existencia o no existencia del VEETC. Este es un impuesto aplicado a las refinerías que mezclan etanol con nafta, de aproximadamente 0,51 USD/galón. Si se asume una competencia suficientemente fuerte entre refinerías, este impuesto se verá reflejado en el precio del maíz.
- Debido a que se trata de un análisis de largo alcance en el tiempo, se supuso que la existencia de vehículos flex (pueden utilizar tanto naftas ordinarias como mezclas con etanol) no es un factor limitante en el largo plazo.
- Se asumió un tamaño de planta promedio de 50 millones de galones (190 millones de litros) por año, con un rendimiento medio de 3 galones de etanol por bushel de maíz (447 lts. de etanol por tonelada de maíz). El precio de los DDGS, se asumió constante en 78 USD/TN, con un crédito de 0,66 USD por bushel de maíz utilizado por la planta. Se asumió un costo operativo de 0,52 USD/galón, con una inversión inicial de 80 millones de dólares amortizable en 10 años con un costo de capital de 0,24 USD/galón (o 0,0634 USD/lit).

Anexo III: Cálculo del potencial de sustitución del maíz por DDGS en base a su contenido nutricional.

Supuestos:

- 1 Kg. de DDGS contiene el doble de nutrientes que el maíz.
- 1 Kg. de DDGS cuesta 1,4 veces más que el maíz.
- Cada tonelada de maíz retirada del mercado de forrajes para ser usada en etanol, devuelve 330 Kg. de DDGS.

Cálculos:

1 TN maíz = X TN de nutrientes = 120 USD $\longrightarrow$ $P_{\text{nutr}} = (120/X) \text{ USD/TN}$.

1 TN DDGS = 2X TN de nutrientes = 120 USD x 1,4 = 168 USD
 $\longrightarrow$ $P_{\text{nutr}} = (168/2X) \text{ USD/TN}$

Por lo tanto, antes del etanol con 120 USD compraba X unidades de nutrientes, pero ahora con los mismos 120 USD compraré: $(120/168) \times (2X) = 1,43 \text{ X unidades de nutrientes}$, o sea un 43% más.

Como se explica en Capítulo 2, si este 43% de valor nutricional excedente realmente existirá y a partir de cuando, es un hecho incierto y sumamente difícil de predecir. Esto se debe a que depende en gran medida de cómo evolucionen las nuevas técnicas para procesar el maíz, para refinar los subproductos del etanol, y de variables no mesurables derivadas de efectos especulativos y de desconfianza al nuevo producto. Sin embargo, el fenómeno de sustitución en sí mismo existirá y eventualmente se tendrá que dar, generando una baja del costo del maíz para forraje a largo plazo que compensará fuertemente las subas iniciales.

Anexo IV: Balance energético y de GHG a ciclo completo.

Eficiencia energética y reducción de GHG, para etanol de cereales (maíz y trigo).

	Feedstock	Ethanol production efficiency (litres/tonne feedstock)	Fuel process energy efficiency (energy in/out)	Well-to-wheels GHG emissions: compared to base (gasoline) vehicle (per km travelled)	
				Fraction of base vehicle	Percent reduction
GM/ANL, 2001	corn-a	372.8	0.50	n/a	n/a
GM/ANL, 2001	corn-b	417.6	0.55	n/a	n/a
Pimentel, 2001/91	corn	384.8	1.65	1.30	-30% ^c
Levelton, 2000	corn	470.0	0.67	0.62	38%
Wang, 2001a	corn-dry mill	387.7	0.54	0.68	32%
Wang, 2001a	corn-wet mill	372.8	0.57	0.75	25%
Levy, 1993	corn-a	367.1	0.85	0.67	33%
Levy, 1993	corn-b	366.4	0.95	0.70	30%
Marland, 1991	corn	372.8	0.78	0.79	21%
Levington, 2000	wheat	348.9	0.90	0.71	29%
ETSU, 1996	wheat	346.5	0.98	0.53	47%
European Commission, 1994	wheat	385.4	1.03	0.81	19%
Levy, 1993	wheat-a	349.0	0.81	0.68	32%
Levy, 1993	wheat-b	348.8	0.81	0.65	35%

Los casos maíz-a y maíz-b representan los límites de una banda de estimación obtenida como resultado en el mismo estudio.

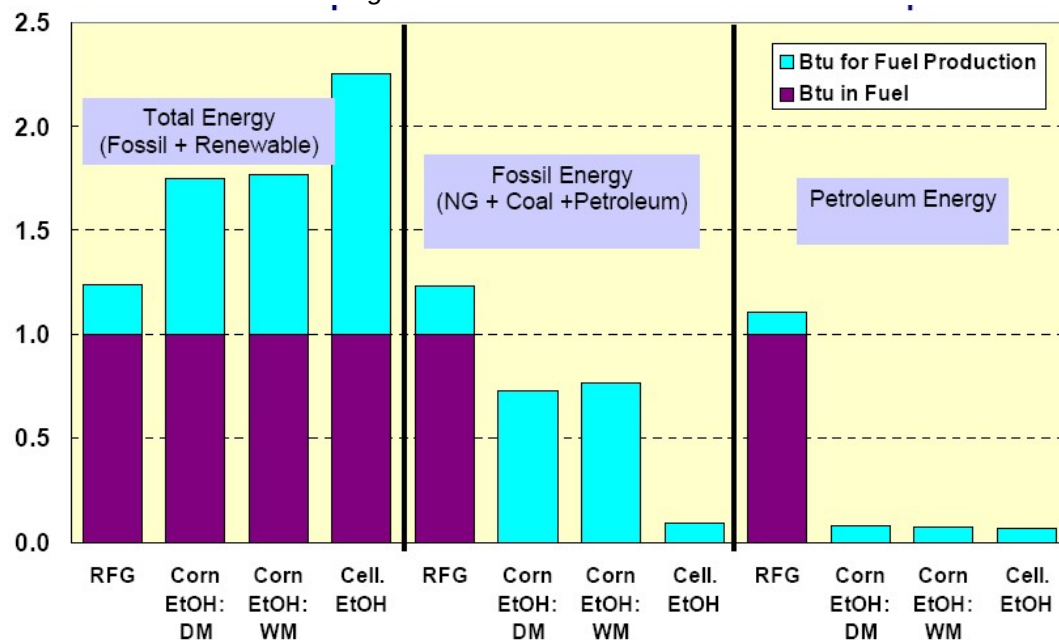
(c): Una reducción negativa se interpreta como un aumento.

El término "Fuel process energy" hace referencia a la energía de ciclo completo, no sólo al proceso industrial.

Fuente: CONCAWE, 2002.

El siguiente cuadro (extraído del estudio efectuado por Shapouri, Duffield y Wang en 2002) muestra que mientras la energía total necesaria para producir una unidad de etanol es mayor que la energía total necesaria para producir una unidad de nafta, el etanol sale ganando si se tienen en cuenta: 1) sólo la energía fósil necesaria; 2) sólo la energía derivada del petróleo.

Energía inyectada para producir una unidad de energética en forma de etanol y en forma de nafta: tres metodologías de cálculo.



EtOH: etanol; RFG: Nafta reformulada; DM: Molienda seca; WM: Molienda húmeda.

Anexo V: Marco legal biocombustibles.

LEY 26.093: REGIMEN DE REGULACION Y PROMOCION PARA LA PRODUCCION Y USO SUSTENTABLES DE BIOCOMBUSTIBLES

CAPITULO I

ARTICULO 1. — Dispónese el siguiente Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles en el territorio de la Nación Argentina, actividades que se regirán por la presente ley.

El régimen mencionado en el párrafo precedente tendrá una vigencia de quince (15) años a partir de su aprobación.

El Poder Ejecutivo nacional podrá extender el plazo precedente computando los quince (15) años de vigencia a partir de los términos establecidos en los artículos 7º y 8º de la presente ley.

Autoridad de Aplicación

ARTICULO 2. — La autoridad de aplicación de la presente ley será determinada por el Poder Ejecutivo nacional, conforme a las respectivas competencias dispuestas por la Ley Nº 22.520 de Ministerios y sus normas reglamentarias y complementarias.

Comisión Nacional Asesora

ARTICULO 3. — Créase la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, cuya función será la de asistir y asesorar a la autoridad de aplicación. Dicha Comisión estará integrada por un representante de cada uno de los siguientes organismos nacionales: Secretaría de Energía, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Secretaría de Hacienda, Secretaría de Política Económica, Secretaría de Comercio, Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, y Administración Federal de Ingresos Públicos y todo otro organismo o instituciones públicas o privadas — incluidos los Consejos Federales con competencia en las áreas señaladas— que pueda asegurar el mejor cumplimiento de las funciones asignadas a la autoridad de aplicación y que se determine en la reglamentación de la presente ley.

Funciones de la Autoridad de Aplicación

ARTICULO 4. — Serán funciones de la autoridad de aplicación:

- a) Promover y controlar la producción y uso sustentables de biocombustibles.
- b) Establecer las normas de calidad a las que deben ajustarse los biocombustibles.
- c) Establecer los requisitos y condiciones necesarios para la habilitación de las plantas de producción y mezcla de biocombustibles, resolver sobre su calificación y aprobación, y certificar la fecha de su puesta en marcha.

- d) Establecer los requisitos y criterios de selección para la presentación de los proyectos que tengan por objeto acogerse a los beneficios establecidos por la presente ley, resolver sobre su aprobación y fijar su duración.
- e) Realizar auditorías e inspecciones a las plantas habilitadas para la producción de biocombustibles a fin de controlar su correcto funcionamiento y su ajuste a la normativa vigente.
- f) Realizar auditorías e inspecciones a los beneficiarios del régimen de promoción establecido en esta ley, a fin de controlar su correcto funcionamiento, su ajuste a la normativa vigente y la permanencia de las condiciones establecidas para mantener los beneficios que se les haya otorgado.
- g) También ejercitará las atribuciones que la Ley Nº 17.319 especifica en su Título V, artículos 76 al 78.
- h) Aplicar las sanciones que correspondan de acuerdo a la gravedad de las acciones penadas.
- i) Solicitar con carácter de declaración jurada, las estimaciones de demanda de biocombustible previstas por las compañías que posean destilerías o refinerías de petróleo, fraccionadores y distribuidores mayoristas o minoristas de combustibles, obligados a utilizar los mismos, según lo previsto en los artículos 7º y 8º.
- j) Administrar los subsidios que eventualmente otorgue el Honorable Congreso de la Nación.
- k) Determinar y modificar los porcentajes de participación de los biocombustibles en cortes con gasoil o nafta, en los términos de los artículos 7º y 8º.
- l) En su caso, determinar las cuotas de distribución de la oferta de biocombustibles, según lo previsto en el último párrafo del artículo 14 de la presente ley.
- m) Asumir las funciones de fiscalización que le corresponden en cumplimiento de la presente ley.
- n) Determinar la tasa de fiscalización y control que anualmente pagarán los agentes alcanzados por esta ley, así como su metodología de pago y recaudación.
- o) Crear y llevar actualizado un registro público de las plantas habilitadas para la producción y mezcla de biocombustibles, así como un detalle de aquellas a las cuales se les otorguen los beneficios promocionales establecidos en el presente régimen.
- p) Firmar convenios de cooperación con distintos organismos públicos, privados, mixtos y organizaciones no gubernamentales.
- q) Comunicar en tiempo y forma a la Administración Federal de Ingresos Públicos y a otros organismos del Poder Ejecutivo nacional que tengan competencia, las altas y bajas del registro al que se refiere el inciso o) del presente artículo, así como todo otro hecho o acontecimiento que revista la categoría de relevantes para el cumplimiento de las previsiones de esta ley.
- r) Publicar periódicamente precios de referencia de los biocombustibles.

s) Ejercer toda otra atribución que surja de la reglamentación de la presente ley a los efectos de su mejor cumplimiento.

t) Publicar en la página de Internet el Registro de las Empresas beneficiarias del presente régimen, así como los montos de beneficio fiscal otorgados a cada empresa.

Definición de Biocombustibles

ARTICULO 5. — A los fines de la presente ley, se entiende por biocombustibles al bioetanol, biodiesel y biogás, que se produzcan a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos, que cumplan los requisitos de calidad que establezca la autoridad de aplicación.

Habilitación de Plantas Productoras

ARTICULO 6. — Sólo podrán producir biocombustibles las plantas habilitadas a dichos efectos por la autoridad de aplicación.

La habilitación correspondiente se otorgará, únicamente, a las plantas que cumplan con los requerimientos que establezca la autoridad de aplicación en cuanto a la calidad de biocombustibles y su producción sustentable, para lo cual deberá someter los diferentes proyectos presentados a un procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que incluya el tratamiento de efluentes y la gestión de residuos.

Mezclado de Biocombustibles con Combustibles Fósiles

ARTICULO 7. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como gasoil o diesel oil —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Título III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que pueda prever la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla con la especie de biocombustible denominada "biodiesel", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.

La Autoridad de Aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 8. — Establécese que todo combustible líquido caracterizado como nafta —en los términos del artículo 4º de la Ley Nº 23.966, Título III, de Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, o en el que prevea la legislación nacional que en el futuro lo reemplace— que se comercialice dentro del territorio nacional, deberá ser mezclado por aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar esta mezcla, con la especie de biocombustible denominada "bioetanol", en un porcentaje del CINCO POR CIENTO (5%) como mínimo de este último, medido sobre la cantidad total del producto final. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley.

La autoridad de aplicación tendrá la atribución de aumentar el citado porcentaje, cuando lo considere conveniente en función de la evolución de las variables de mercado interno, o bien disminuir el mismo ante situaciones de escasez fehacientemente comprobadas.

ARTICULO 9. — Aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas por la autoridad de aplicación para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º, exclusivamente a las plantas habilitadas a ese efecto por la autoridad de aplicación. Asimismo deberán cumplir con lo establecido en el artículo 15, inciso 4.

La violación de estas obligaciones dará lugar a las sanciones que establezca la referida autoridad de aplicación.

ARTICULO 10. — La autoridad de aplicación establecerá los requisitos y condiciones para el autoconsumo, distribución y comercialización de biodiesel y bioetanol en estado puro (B100 y E100), así como de sus diferentes mezclas.

ARTICULO 11. — El biocombustible gaseoso denominado biogás se utilizará en sistemas, líneas de transporte y distribución de acuerdo a lo que establezca la autoridad de aplicación.

Consumo de Biocombustibles por el Estado nacional

ARTICULO 12. — El Estado nacional, ya se trate de la administración central o de organismos descentralizados o autárquicos, así como también aquellos emprendimientos privados que se encuentren ubicados sobre las vías fluviales, lagos, lagunas, y en especial dentro de las jurisdicciones de Parques Nacionales o Reservas Ecológicas, deberán utilizar biodiesel o bioetanol, en los porcentajes que determine la autoridad de aplicación, y biogás sin corte o mezcla. Esta obligación tendrá vigencia a partir del primer día del cuarto año calendario siguiente al de promulgación de la presente ley, y su no cumplimiento por parte de los directores o responsables del área respectiva, dará lugar a las penalidades que establezca el Poder Ejecutivo nacional.

La autoridad de aplicación deberá tomar los recaudos necesarios para garantizar la provisión de dichos combustibles en cantidades suficientes y con flujo permanente.

CAPITULO II

Régimen Promocional

Sujetos Beneficiarios de la Promoción

ARTICULO 13. — Todos los proyectos de radicación de industrias de biocombustibles, gozarán de los beneficios que se prevén en la presente ley, en tanto y en cuanto:

a) Se instalen en el territorio de la Nación Argentina.

b) Sean propiedad de sociedades comerciales, privadas, públicas o mixtas, o cooperativas, constituidas en la Argentina y habilitadas con exclusividad para el desarrollo de la actividad promocionada por esta ley, pudiendo integrar todas o algunas de las etapas industriales necesarias para la obtención de las materias primas

renovables correspondientes. La autoridad de aplicación establecerá los requisitos para que las mismas se encuadren en las previsiones del presente artículo.

c) Su capital social mayoritario sea aportado por el Estado nacional, por la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, los Estados Provinciales, los Municipios o las personas físicas o jurídicas, dedicadas mayoritariamente a la producción agropecuaria, de acuerdo a los criterios que establezca el decreto reglamentario de la presente ley.

d) Estén en condiciones de producir biocombustibles cumpliendo las definiciones y normas de calidad establecidas y con todos los demás requisitos fijados por la autoridad de aplicación, previos a la aprobación del proyecto por parte de ésta y durante la vigencia del beneficio.

e) Hayan accedido al cupo fiscal establecido en el artículo 14 de la presente ley y en las condiciones que disponga la reglamentación.

ARTICULO 14. — El cupo fiscal total de los beneficios promocionales se fijará anualmente en la respectiva ley de Presupuesto para la Administración Nacional y será distribuido por el Poder Ejecutivo nacional, priorizando los proyectos en función de los siguientes criterios:

- Promoción de las pequeñas y medianas empresas.
- Promoción de productores agropecuarios.
- Promoción de las economías regionales.

Déjase establecido que a partir del segundo año de vigencia del presente régimen, se deberá incluir también en el cupo total, los que fueran otorgados en el año inmediato anterior y que resulten necesarios para la continuidad o finalización de los proyectos respectivos.

A los efectos de favorecer el desarrollo de las economías regionales, la autoridad de aplicación podrá establecer cuotas de distribución entre los distintos proyectos presentados por pequeñas y medianas empresas, aprobados según lo previsto en los artículos 6º y 13, con una concurrencia no inferior al veinte por ciento (20%) de la demanda total de biocombustibles generada por las destilerías, refinerías de petróleo o aquellas instalaciones que hayan sido debidamente aprobadas por la Autoridad de Aplicación para el fin específico de realizar la mezcla con derivados de petróleo previstas para un año.

Beneficios Promocionales

ARTICULO 15. — Los sujetos mencionados en el artículo 13, que cumplan las condiciones establecidas en el artículo 14, gozarán durante la vigencia establecida en el artículo 1º de la presente ley de los siguientes beneficios promocionales:

1.- En lo referente al Impuesto al Valor Agregado y al Impuesto a las Ganancias, será de aplicación el tratamiento dispensado por la Ley Nº 25.924 y sus normas reglamentarias, a la adquisición de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura correspondientes al proyecto respectivo, por el tiempo de vigencia del presente régimen.

2.- Los bienes afectados a los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta establecido por la Ley N° 25.063, o el que en el futuro lo complemente, modifique o sustituya, a partir de la fecha de aprobación del proyecto respectivo y hasta el tercer ejercicio cerrado, inclusive, con posterioridad a la fecha de puesta en marcha.

3.- El biodiesel y el bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por la autoridad de aplicación, para satisfacer las cantidades previstas en los artículos 7º, 8º y 12 de la presente ley, no estarán alcanzados por la tasa de Infraestructura Hídrica establecida por el Decreto N° 1381/01, por el Impuesto sobre los Combustibles Líquidos y el Gas Natural establecido en el Capítulo I, Título III de la Ley N° 23.966, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, por el impuesto denominado "Sobre la transferencia a título oneroso o gratuito, o sobre la importación de gasoil", establecido en la Ley N° 26.028, así como tampoco por los tributos que en el futuro puedan sustituir o complementar a los mismos.

4.- La autoridad de aplicación garantizará que aquellas instalaciones que hayan sido aprobadas para el fin específico de realizar las mezclas, deberán adquirir los productos definidos en el artículo 5º a los sujetos promovidos en esta ley hasta agotar su producción disponible a los precios que establezca la mencionada autoridad.

5.- La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos, promoverá aquellos cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación productiva del sector agropecuario. A tal fin, dicha Secretaría podrá elaborar programas específicos y prever los recursos presupuestarios correspondientes.

6.- La Subsecretaría de Pequeña y Mediana Empresa promoverá la adquisición de bienes de capital por parte de las pequeñas y medianas empresas destinados a la producción de biocombustibles. A tal fin elaborará programas específicos que contemplen el equilibrio regional y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

7.- La Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva promoverá la investigación, cooperación y transferencia de tecnología, entre las pequeñas y medianas empresas y las instituciones pertinentes del Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. A tal fin elaborará programas específicos y preverá los recursos presupuestarios correspondientes.

Infracciones y Sanciones

ARTICULO 16. — El incumplimiento de las normas de la presente ley y de las disposiciones y resoluciones de la autoridad de aplicación, dará lugar a la aplicación por parte de ésta de algunas o todas las sanciones que se detallan a continuación:

1.- Para las plantas habilitadas:

- a) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad;
- b) Las multas que pudieran corresponder;
- c) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

2.- Para los sujetos beneficiarios de los cupos otorgados conforme el artículo 15:

- a) Revocación de la inscripción en el registro de beneficiarios;
- b) Revocación de los beneficios otorgados;
- c) Pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que establezca la Administración Federal de Ingresos Públicos;
- d) Inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de beneficiarios.

3.- Para las instalaciones de mezcla a las que se refiere el artículo 9º:

- a) Las multas que disponga la autoridad de aplicación;
- b) Inhabilitación para desarrollar dicha actividad.

4.- Para los sujetos mencionados en el artículo 13:

- a) Las multas que disponga la Autoridad de Aplicación.

ARTICULO 17. — Todos los proyectos calificados y aprobados por la Autoridad de Aplicación serán alcanzados por los beneficios que prevén los mecanismos —sean Derechos de Reducción de Emisiones; Créditos de Carbono y cualquier otro título de similares características— del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 1997, ratificado por Argentina mediante Ley Nº 25.438 y los efectos que de la futura ley reglamentaria de los mecanismos de desarrollo limpio dimanen.

ARTICULO 18. — Establécese que las penalidades con que pueden ser sancionadas las plantas habilitadas y las instalaciones de mezcla serán:

- a) Las faltas muy graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta CIEN MIL (100.000) litros de nafta súper.
- b) Las faltas graves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta CINCUENTA MIL (50.000) litros de nafta súper.
- c) Las faltas leves, sancionables por la autoridad de aplicación con multas equivalentes al precio de venta al público de hasta DIEZ MIL (10.000) litros de nafta súper.
- d) La reincidencia en infracciones por parte de un mismo operador, dará lugar a la aplicación de sanciones sucesivas de mayor gravedad hasta su duplicación respecto de la anterior.
- e) En el caso de reincidencia:
 - 1. En una falta leve, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas graves.
 - 2. En una falta grave, se podrán aplicar las sanciones previstas para faltas muy graves.

3. En una falta muy grave, sin perjuicio de las sanciones establecidas en el punto a) del presente artículo, la autoridad de aplicación podrá disponer la suspensión del infractor de los respectivos registros con inhabilitación para inscribirse nuevamente en el registro de productores.

ARTICULO 19. — A los efectos de la actuación administrativa de la autoridad de aplicación, será de aplicación la Ley Nacional de Procedimientos Administrativos y sus normas reglamentarias.

Agotada la vía administrativa procederá el recurso en sede judicial directamente ante la Cámara Federal de Apelaciones con competencia en materia contencioso-administrativa con jurisdicción en el lugar del hecho. Los recursos que se interpongan contra la aplicación de las sanciones previstas en la presente ley tendrán efecto devolutivo.

ARTICULO 20. — Invítase a las Legislaturas provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires a que adhieran al presente régimen sancionando leyes dentro de su jurisdicción que tengan un objeto principal similar al de la presente ley.

ARTICULO 21. — Comuníquese al Poder Ejecutivo.

DECRETO 109/2007: ACTIVIDADES ALCANZADAS POR LOS TÉRMINOS DE LA LEY 26.093. AUTORIDAD DE APLICACIÓN. FUNCIONES. COMISIÓN NACIONAL ASESORA. HABILITACIÓN DE PLANTAS PRODUCTORAS. RÉGIMEN PROMOCIONAL.

Artículo 1º — Determinase que las actividades alcanzadas por los términos de la Ley Nº 26.093 son la producción, mezcla, comercialización, distribución, consumo y uso sustentables de Biocombustibles.

A tales efectos se entenderá que las actividades citadas en el párrafo anterior serán reguladas de conformidad a lo previsto en los Artículos 2º, 3º y 6º de la Ley Nº 17.319, con excepción de lo previsto en la Ley Nº 26.093, el presente decreto reglamentario y las normas complementarias que se dicten al respecto.

Art. 2º — Determinase como Autoridad de Aplicación de la Ley Nº 26.093 al MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a través de la SECRETARIA DE ENERGIA, dependiente de dicha cartera de Estado; excepto en las cuestiones de índole tributario o fiscal para las cuales cumplirá el rol de Autoridad de Aplicación el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION.

Art. 3º — La Autoridad de Aplicación tendrá las siguientes funciones:

- a) Realizará tareas de difusión y de promoción nacional relativas al uso de los Biocombustibles. Suscribirá acuerdos con provincias y municipios a fin de que tales autoridades promuevan o dispongan la utilización de Biocombustibles por parte de aquellas empresas permisionarias, concesionarias o contratistas que operen en cada jurisdicción.
- b) Controlará las actividades y calidad del producto en las etapas de producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles.
- c) Determinará las especificaciones de los Biocombustibles, definiendo la calidad necesaria, los parámetros mínimos, sus valores y tolerancias.
- d) Dictará la normativa técnica, definirá las condiciones mínimas de seguridad y los requerimientos de tratamiento de efluentes de las plantas de producción, mezcla, distribución y despacho de Biocombustibles.
- e) Controlará el cumplimiento de los requisitos y la documentación necesaria, y establecerá los formatos de presentación que deberán cumplir tanto las instalaciones que produzcan Biocombustibles como el resto de las operaciones involucradas en la cadena comercial.
- f) Calculará anualmente las cantidades de Biocombustibles necesarias para el periodo siguiente, requeridas para proceder a la mezcla, de acuerdo con los porcentajes establecidos en los Artículos 7º y 8º de la Ley Nº 26.093.
- g) En el supuesto que inicialmente se presenten una cantidad significativa de proyectos que tengan por objeto acogerse a los beneficios establecidos por la Ley Nº 26.093, de modo tal que sumados todos los aspirantes se supere el volumen total que resulte de uso obligatorio en el Mercado Nacional de Combustibles, deberá arbitrar un procedimiento para la selección de los proyectos que tenga en cuenta las prioridades previstas en el Artículo 14 de la ley antes citada, así como fijará los términos y condiciones específicas para otorgar su aprobación, hasta la concurrencia del volumen

requerido por el mercado. Los proyectos que no hayan calificado para el cupo fiscal podrán comercializar libremente el producto en el mercado interno o externo, pero no gozarán de los beneficios fiscales establecidos. De acuerdo a la información suministrada por las empresas que comercializan combustibles, se calcularán anualmente las necesidades de Biocombustibles del mercado para el período siguiente, requeridas para proceder a la mezcla de acuerdo al porcentaje establecido por la Autoridad de Aplicación. En base a ello se aprobarán los proyectos adicionales que se requieran para contar con la oferta necesaria, teniendo en cuenta para ello las prioridades definidas en el texto legal.

h) Realizará inspecciones y auditorias, sin previo aviso, a las instalaciones inscriptas y podrá inspeccionar aquellos establecimientos que se presuma estén produciendo Biocombustibles y no se hallen inscriptos en el registro, debiendo reglamentar el Régimen Sancionatorio aplicable.

i) Dictará la normativa complementaria que resulte necesaria para controlar el cumplimiento de los requisitos previstos en el Artículo 13 de la Ley N° 26.093, y aquellos otros que establezca en ejercicio de las facultades emergentes de la presente reglamentación.

j) Dictará, en el ámbito de su competencia, las normas complementarias que resulten necesarias para interpretar y aclarar el régimen establecido en la Ley N° 26.093 y en el presente decreto.

k) En caso de incumplimiento, aplicará las sanciones establecidas en la Ley N° 26.093. En el caso que el infractor quede incurso en la sanción de revocación de los beneficios, lo intimará para que dentro del plazo que se determine, adopte las medidas del caso a fin de evitar la declaración de revocación.

l) Dictará un reglamento de infracciones a fin de garantizar la gradualidad y razonabilidad de la aplicación del Régimen de Penalidades establecido en la Ley N° 26.093.

m) Creará un registro de todas las personas físicas o jurídicas que se dediquen a la producción, mezcla, almacenaje y comercialización de Biocombustibles, en el que se llevará un legajo actualizado de cada uno de los sujetos que intervienen en la cadena de producción y comercialización.

n) Suscribirá acuerdos de cooperación con organismos públicos, privados, mixtos, y organizaciones no gubernamentales con el objeto de promover el desarrollo de tecnología de producción, el consumo de Biocombustibles, a los fines de ejercer de manera eficiente sus potestades de fiscalización.

o) Deberá mantener adecuadamente informada, a través de la SUBSECRETARIA DE COMBUSTIBLES dependiente de la SECRETARIA DE ENERGIA del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, a la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, permitiendo que ésta desempeñe correctamente las funciones previstas en la Ley N° 26.093. En especial, deberá informarle todo dato o incumplimiento del Régimen que resulte relevante.

p) Publicará periódicamente los precios de referencia para cada uno de los Biocombustibles contemplados en la Ley N° 26.093 y su reglamentación, que resulten de uso obligatorio en el mercado conforme a los Artículos 7° y 8° de la referida ley.

q) Realizará periódicamente un relevamiento de los precios del mercado de Biocombustibles, y los publicará en su página de Internet.

r) Determinará, sujeto al cupo fiscal informado por el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION, la aprobación de proyectos promocionados y el orden de prioridades de los mismos, a los efectos de su asignación.

Art. 4º — El MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION tendrá las siguientes funciones:

a) Dictará las reglamentaciones y realizará las interpretaciones y aclaraciones de orden fiscal y/o tributario.

b) Determinará el monto máximo previsto en el Presupuesto Nacional disponible para otorgar beneficios promocionales.

c) Dictará las reglamentaciones, programas y políticas específicas que los incisos 5 y 6 del Artículo 15 de la Ley Nº 26.093 delegan a las Dependencias Nacionales allí consideradas dependientes de ese Ministerio.

d) Aplicará sanciones específicas referidas a incumplimientos de índole tributario o fiscal por parte de los sujetos beneficiados por este régimen.

e) En función del listado remitido por la Autoridad de Aplicación de acuerdo a lo normado en el inciso r) del artículo anterior, efectuará la asignación de los cupos fiscales correspondientes a cada proyecto.

Art. 5º — La Autoridad de Aplicación será asistida y asesorada en forma colegiada por la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, e individualmente, por cada una de las Secretarías y organismos que integran la referida Comisión, a los fines de cumplir los objetivos de la presente reglamentación.

Art. 6º — La Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles, funcionará en el ámbito de la SECRETARIA DE ENERGIA del MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS, y estará conformada por un Grupo de Miembros Permanentes, donde estarán representados cada uno de los organismos oficiales previstos en el Artículo 3º de la Ley Nº 26.093.

La Comisión funcionará de la siguiente manera:

a) El Grupo Permanente estará compuesto por miembros titulares y miembros suplentes, a los fines de garantizar el adecuado funcionamiento de la Comisión.

b) La Comisión estará presidida por el representante que designe la SECRETARIA DE ENERGIA.

c) Los integrantes del Grupo Permanente de la Comisión no percibirán retribución alguna por integrar la misma, correspondiendo a cada dependencia que la integra hacerse cargo de los gastos o viáticos que genere el integrante de la Comisión.

La función de la Comisión será de carácter consultivo e informativo, y será convocada cada vez que sea necesario, a los fines de considerar aquellas medidas de carácter general o acciones de coordinación administrativa, técnica o legal que resulten necesarias realizar para facilitar el desarrollo de la industria de los Biocombustibles.

Art. 7º — La Autoridad de Aplicación publicará un listado de definiciones técnicas y requisitos de calidad de los Biocombustibles previstos en la Ley Nº 26.093.

Art. 8º — La producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles estará sujeta a autorización previa de la Autoridad de Aplicación, con independencia del tipo de producto objeto de consideración. Se considerará clandestina y contraria a la Ley Nº 26.093 toda planta de producción, mezcla y almacenaje de Biocombustibles que no se encuentre autorizada por la Autoridad de Aplicación.

A los efectos de obtener la habilitación:

a) Todos los sujetos interesados en realizar actividades de producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles, promocionados o no, bajo los términos de la Ley Nº 26.093, deberán registrarse ante la Autoridad de Aplicación, cumpliendo con todos los requisitos que establezca dicha Autoridad.

b) La Autoridad de Aplicación establecerá la normativa técnica que deberán cumplir las plantas de producción, mezcla y almacenaje de Biocombustibles, relativa a la seguridad y medio ambiente, y aquella relativa a la aptitud del proceso para obtener productos para ser comercializados en el mercado interno.

c) La habilitación de las plantas de producción o mezcla de Biocombustibles no será otorgada hasta tanto se encuentre garantizado adecuadamente el proceso de producción de los combustibles, se verifique que las instalaciones finales corresponden a las presentadas y hasta tanto se certifique que el producto obtenido cumple con las normas de calidad establecidas por la Autoridad de Aplicación.

d) Las plantas que se encuentren en funcionamiento o en proceso de prueba a la fecha de aprobación de la presente reglamentación, deberán cumplimentar lo establecido en la Ley Nº 26.093, la presente reglamentación, y toda la normativa que dicte la Autoridad de Aplicación, en un período que no podrá superar los NOVENTA (90) días hábiles contados desde la publicación del presente decreto. Las plantas que no se inscriban en el plazo establecido serán consideradas clandestinas y se les aplicará el régimen sancionatorio.

e) La Autoridad de Aplicación establecerá un procedimiento a los efectos de aprobar la exportación de productos definidos como Biocombustibles únicamente a empresas que se encuentren debidamente registradas.

Art. 9º — Las empresas que se dediquen a la actividad de producción, mezcla y/o comercialización de Biocombustibles, inscriptas en los registros a su cargo, abonarán la Tasa de Fiscalización definida en el Artículo 74, inciso b) de la Ley Nº 25.565, actual Artículo 83, inciso b) de la Ley Nº 11.672, Complementaria Permanente de Presupuesto (t.o. 2005), para cada litro de Biocombustible comercializado en el mercado interno o externo.

Art. 10. — Las mezclas de Biocombustibles con combustibles fósiles deberán ser aprobadas por la Autoridad de Aplicación, quien definirá las condiciones que deberán cumplimentar a tal fin.

Se encontrarán excluidas de lo previsto por el Artículo 8º de la Ley Nº 26.093 las gasolinas naturales y las naftas de uso petroquímico.

Se encuentra prohibida la mezcla de Biocombustibles con combustibles fósiles en instalaciones que no se encuentren previamente habilitadas por la Autoridad de Aplicación.

La Autoridad de Aplicación estará facultada para anticipar el uso obligatorio de Biocombustibles para su mezcla con gasoil, diesel oil o nafta, por debajo del límite porcentual establecido en los Artículos 7º y 8º de la Ley Nº 26.093, si considera que se verifican condiciones de oferta y abastecimiento interno que lo hagan técnicamente aconsejable, y siempre que tal decisión resulte satisfactoria para promover el desarrollo sustentable de los Biocombustibles.

La Autoridad de Aplicación, teniendo en cuenta la evolución del mercado o situaciones de escasez, se encontrará habilitada para incrementar o disminuir los porcentajes de mezclas de los Biocombustibles con combustibles fósiles, en forma independiente para cada uno de ellos. En caso de que se incrementen los porcentajes, para posibilitar la concurrencia de proyectos que soliciten la calificación correspondiente que los habilite para incorporarse al cupo fiscal, se informará esta modificación con un mínimo de VEINTICUATRO (24) meses antes de su puesta en vigencia.

Art. 11. — Establécese que aquellas instalaciones que hayan sido habilitadas para realizar las mezclas previstas en la presente reglamentación estarán obligadas a informar, con la periodicidad que indique la Autoridad de Aplicación las cantidades de combustibles fósiles y Biocombustibles que adquieren, detallando el origen y volúmenes de ventas de las mezclas realizadas.

Las instalaciones de mezclas sólo podrán adquirir combustibles fósiles de las empresas habilitadas a tal fin, de acuerdo a las Leyes Nros. 17.319 y 13.660, y Biocombustibles, en primer término y hasta agotar su producción disponible, a las plantas propiedad de sujetos promovidos, de acuerdo al Artículo 15, inciso 4) de la Ley Nº 26.093.

Art. 12. — Las adquisiciones de Biocombustibles a las empresas promocionadas, a los efectos del cumplimiento del Artículo 9º de la Ley Nº 26.093 se realizarán a los valores que determine la Autoridad de Aplicación.

Dichos valores serán calculados propendiendo a que los productores, que operen en forma económica y prudente, tengan la oportunidad de obtener ingresos suficientes para satisfacer todos los costos operativos razonables aplicables a la producción, impuestos, amortizaciones y una rentabilidad razonable, de tal modo que la misma:

- a) Sea similar al de otras actividades de riesgo equiparable o comparable; y
- b) guarde relación con el grado de eficiencia y prestación satisfactoria de la actividad.

Art. 13. — Los productos obtenidos de las mezclas de Biocombustibles y combustibles fósiles, habilitados para su comercialización y consumo por el mercado interno se identificarán como B5, compuesto por NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%) de gasoil y CINCO POR CIENTO (5%) de biodiesel; B100, compuesto por CIEN POR CIENTO (100%) de biodiesel; E5 compuesto por NOVENTA Y CINCO POR CIENTO (95%) de naftas y CINCO POR CIENTO (5%) de etanol y E100, compuesto por CIEN POR CIENTO (100%) de etanol. La Autoridad de Aplicación podrá aprobar mezclas

con productos sustitutos de combustibles fósiles, adoptando las medidas de identificación y resguardo que correspondan, o bien de las que surjan por lo establecido en los Artículos 7º y 8º de la Ley N° 26.093.

La Autoridad de Aplicación definirá la posibilidad de incorporar el alcohol directamente o por intermediarios, siempre que se mantenga el equivalente de alcohol definido para la mezcla final.

Art. 14. — La Autoridad de Aplicación definirá las condiciones bajo las cuales podrá utilizarse el Biogás puro y, cuando así lo considere oportuno, las condiciones en las cuales podrá integrarse a una red de gas natural.

Asimismo determinará las condiciones de operación con el objetivo de garantizar la seguridad de la operación y el medio ambiente.

Art. 15. — La Autoridad de Aplicación establecerá y coordinará con los organismos, Secretarías y miembros de la Comisión Nacional Asesora para la Promoción de la Producción y Uso Sustentables de los Biocombustibles los porcentajes y la fecha de utilización obligatoria de Biocombustibles en sus condiciones comerciales B5, B100, E5 y E100, así como la habilitación para la comercialización de nuevas mezclas acorde con la evolución del mercado.

La Autoridad de Aplicación estará facultada para anticipar gradualmente el uso obligatorio de Biocombustibles en el caso de los contratistas de obras y servicios públicos, concesionarios, permisionarios de hidrocarburos, obra pública, transporte fluvial o terrestre, minería, prestadores de servicios públicos y sus contratistas, habilitados por el ESTADO NACIONAL.

La Autoridad de Aplicación se encontrará habilitada para determinar compuestos comerciales diferentes a los compuestos B5, B100, E5 y E100, o para habilitar algún consumo especial que se verifique a tal efecto. En tal supuesto deberán adoptarse los recaudos pertinentes para evitar que el nuevo combustible sea desviado del consumo particular para el que fue aprobado.

La Autoridad de Aplicación definirá los términos, condiciones técnicas y comerciales para permitir que las empresas que realizan mezclas estén adecuadamente abastecidas de los Biocombustibles promocionados por la Ley N° 26.093, y de los combustibles necesarios para formular el producto final, en un todo de acuerdo con el Artículo 11 del presente decreto.

Art. 16. — Se define como autoconsumo, a los efectos de la Ley N° 26.093, el caso en que una persona física o jurídica produzca Biocombustibles para su consumo propio, con materia prima producida por dicha persona.

Quedan comprendidas en las disposiciones del presente artículo las personas físicas o jurídicas, constituidas de conformidad con el inciso b) del Artículo 13 de la Ley N° 26.093, cuyas instalaciones reciban los beneficios del presente régimen y que produzcan Biocombustibles para consumo de sus accionistas, socios, asociados o integrantes, siempre que reúnan las condiciones establecidas por este artículo, y que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas agropecuarias.

Los productores de Biocombustibles destinados a autoconsumo, gozarán de los beneficios previstos en el Artículo 15, inciso 3 de la Ley Nº 26.093, pero estarán alcanzados por lo previsto en el Artículo 9º del presente reglamento.

La Autoridad de Aplicación autorizará los volúmenes de producción y definirá los términos y condiciones bajo las cuales deberán operar.

Las instalaciones de producción de Biocombustibles diseñadas para el autoconsumo deberán inscribirse en el registro habilitado por la Autoridad de Aplicación. Las instalaciones para autoconsumo que violen lo dispuesto en el Artículo 9º de la Ley Nº 26.093 y su reglamentación, serán sancionadas y serán responsablemente solidarias con los compradores de los impuestos no ingresados como consecuencia de la comercialización.

Aquellos proyectos que hayan obtenido los beneficios promocionales y deban abastecer el Biocombustible requerido por las empresas mezcladoras, podrán solicitar anualmente a la Autoridad de Aplicación autorización previa para destinar un volumen determinado del Biocombustible producido, a las labores de aquellos socios que se dediquen a la actividad agropecuaria.

Art. 17. — El MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION será el encargado de prever el cupo anual de beneficios promocionales previstos por la Ley Nº 26.093 y gestionará su inclusión en la ley de presupuesto del año fiscal siguiente.

Art. 18. — El MINISTERIO DE PLANIFICACION FEDERAL, INVERSION PUBLICA Y SERVICIOS como Autoridad de Aplicación de la presente deberá seleccionar aquellos proyectos que resulten elegibles de acuerdo a los criterios establecidos en el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093, y los demás términos y condiciones que la misma determine.

A los efectos de la priorización de los proyectos presentados para acceder al cupo fiscal a que alude el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093, la Autoridad de Aplicación procederá a evaluar las solicitudes presentadas en el marco del régimen de promoción establecido en el Artículo 1º de la Ley Nº 26.093.

Los criterios a los que alude el Artículo 14 de la Ley Nº 26.093 serán aplicables siguiendo los siguientes parámetros:

a) Promoción de las Pequeñas y Medianas Empresas, según lo define la Disposición Nº 147 de fecha 25 de octubre de 2006 de la SUBSECRETARIA DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA Y DESARROLLO REGIONAL de la SECRETARIA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA, dependiente del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION aplicable a los propietarios, socios y/o accionistas del solicitante de los beneficios, en proporción a la participación de cada uno.

b) Promoción de Productores Agropecuarios: porcentaje del promedio ponderado de los ingresos de origen agropecuario, calculado con la metodología utilizada para la aplicación del inciso c) del Artículo 13 de la Ley Nº 26.093, sobre el total de la producción de cada uno los propietarios, socios y/o accionistas del solicitante de los beneficios.

En caso de que una cooperativa forme parte de un proyecto, se requerirá que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas

agropecuarias. No se requerirá que la cooperativa se dedique de forma mayoritaria a la producción agropecuaria.

c) Promoción de las Economías Regionales: Ubicación de la planta. Cuando la planta abarque más de una región, se ponderará el volumen de facturación de cada una de las regiones incluidas.

Aquellos proyectos aprobados que no cumplan razonablemente los plazos de construcción o el resto de los compromisos técnicos, productivos y comerciales aceptados por la Autoridad de Aplicación perderán el cupo asignado. Los sujetos que, cumpliendo los términos y condiciones previstos en la Ley Nº 26.093 y su reglamentación, accedan a los beneficios promocionales, gozarán de los mismos durante todo el período de vigencia del Régimen, salvo que incurran en incumplimientos graves, en cuyo caso se revocarán los beneficios de conformidad a lo previsto en el Artículo 16 de la Ley Nº 26.093 y se aplicarán las sanciones y penalidades previstas en los Artículos 16 y 18 de la citada ley.

Art. 19. — Para gozar de los beneficios previstos en el Artículo 15 de la Ley Nº 26.093, los proyectos de radicación de plantas de producción de Biocombustibles deberán cumplir los requisitos y condiciones fijados en el presente artículo, y en la normativa complementaria que apruebe la Autoridad de Aplicación.

Los sujetos beneficiarios, mencionados en el Artículo 13, inciso b) de la Ley Nº 26.093 que se instalen a partir de la vigencia del presente decreto, constituidos en la REPUBLICA ARGENTINA para conformar proyectos promocionados bajo la Ley Nº 26.093, deberán cumplir los siguientes requisitos:

a) El capital accionario social mayoritario será aportado por cualquiera de los siguientes sujetos:

I. El ESTADO NACIONAL, la CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES, los estados provinciales, los municipios o las personas físicas, sociedades del estado, entes de fomento y promoción de inversiones, sociedades anónimas donde el capital mayoritario pertenezca a algunas de las jurisdicciones estatales consideradas en el Artículo 13 de la Ley Nº 26.093.

II. Personas físicas o jurídicas domiciliadas, radicadas y/o constituidas regularmente en la REPUBLICA ARGENTINA, cuyo objeto social y actividad principal en el país sea la producción agropecuaria, y que dispongan de inmuebles en el país aptos para cultivo, estando como mínimo el CINCUENTA POR CIENTO (50 %) de sus activos y de sus ingresos relacionados a la actividad agropecuaria en la REPUBLICA ARGENTINA. A estos fines se tomarán en cuenta tanto las personas jurídicas tenedoras de las acciones como las sociedades controlantes o controladas por las mismas.

b) Las sociedades que se constituyan para acceder a los beneficios de la Ley Nº 26.093 deberán estar inscriptas en un capítulo particular del Registro de Empresas Petroleras, que establecerá la Autoridad de Aplicación.

c) Para inscribirse en el Registro mencionado en el inciso anterior los sujetos interesados deberán contar con la capacidad técnica y económico-financiera que determine la Autoridad de Aplicación.

d) En caso en que una cooperativa forme parte de un proyecto, se requerirá que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de las materias primas agropecuarias.

e) No podrán acogerse al presente Régimen:

I. Las sociedades cuyos directores, administradores, síndicos, mandatarios o gestores se encuentren condenados por evasión impositiva.

II. Las personas físicas o jurídicas que al tiempo de la inscripción tuviesen deudas impagas de carácter impositivo, previsional o aduanero, o cuando se encuentre firme una decisión judicial o administrativa, declarando tal incumplimiento en materia aduanera, impositiva o previsional, hasta que no se dé cumplimiento a lo resuelto en ella.

III. Las personas físicas o jurídicas sometidas a proceso de concurso preventivo o quiebra.

f) La aptitud de los procesos de producción será evaluada y auditada por la Autoridad de Aplicación quien ejercerá controles directos y auditorias técnicas para verificar la continuidad y calidad de los procesos.

g) No se admitirá que algún accionista minoritario de la empresa promocionada tenga directa o indirectamente el control operativo o comercial del proyecto y/o de la sociedad utilizada como vehículo del proyecto, cualquiera sea la forma jurídica de instrumentación. La violación de esta disposición constituirá causal de revocación de los beneficios.

h) Los sujetos que hayan accedido a los beneficios promocionales estarán obligados a comercializar el total de su producción para la mezcla con combustibles fósiles en el mercado local, a partir del momento en que resulte obligatoria la mezcla con Biocombustibles prevista en la Ley Nº 26.093.

Si por razones de demanda del mercado resultaren excedentes, la Autoridad de Aplicación podrá autorizar volúmenes específicos para otros destinos. Estos volúmenes no gozarán de los beneficios establecidos en la Ley Nº 26.093.

Art. 20. — A los fines del Artículo 15 de la Ley Nº 26.093, se establecen las siguientes disposiciones:

a) De conformidad a lo establecido en el Artículo 15, inciso 1 de la citada ley, los sujetos titulares de proyectos aprobados en el marco de las disposiciones de esta podrán obtener la devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente a los bienes nuevos amortizables -excepto automóviles-, u obras de infraestructura -excepto obras civiles- incluidos en el proyecto o, alternatively, practicar en el impuesto a las ganancias la amortización acelerada de los mismos, no pudiendo acceder a los DOS (2) tratamientos por un mismo proyecto.

I. Devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado (IVA): El Impuesto al Valor Agregado (IVA) que por la compra, fabricación, elaboración o importación definitiva de bienes de capital o la realización de obras de infraestructura les hubiera sido facturado a los responsables del gravamen, luego de transcurridos como mínimo TRES (3) períodos fiscales contados a partir de aquél en el que se hayan realizado las respectivas inversiones, les será acreditado contra otros impuestos a cargo de la

ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, entidad autárquica en el ámbito del MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION o, en su defecto, les será devuelto, en ambos casos en el plazo estipulado en el acto de aprobación del proyecto y en las condiciones, con las garantías que al respecto establezca la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS. Dicha acreditación o devolución procederá en la medida en que el importe de las mismas no haya debido ser absorbido por los respectivos débitos fiscales originados por el desarrollo del proyecto.

1. A tales fines se considerarán inversiones realizadas a aquéllas que correspondan a erogaciones de fondos efectuadas a partir de la fecha de aprobación del proyecto, de conformidad a los plazos establecidos en el mismo.

2. Cuando los bienes a los que se refiere el presente punto se adquieran en los términos y condiciones establecidos por la Ley N° 25.248, los créditos fiscales correspondientes a los cánones y a la opción de compra sólo podrán computarse a los efectos de este Régimen luego de transcurridos como mínimo TRES (3) períodos fiscales contados a partir de aquél en que se haya ejercido la citada opción.

3. No podrá realizarse la acreditación prevista en este Régimen contra obligaciones derivadas de la responsabilidad sustitutiva o solidaria de los contribuyentes por deudas de terceros, o de su actuación como agentes de retención o de percepción. Tampoco será aplicable la referida acreditación contra gravámenes con destino exclusivo al financiamiento de fondos con afectación específica.

4. El Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente a las inversiones a que hace referencia el punto 1 se imputará contra los débitos fiscales una vez computados los restantes créditos fiscales relacionados con la actividad gravada.

5. No procederá la acreditación o devolución a que se refiere el presente apartado, según corresponda, cuando al momento de su solicitud los respectivos bienes de capital no integren el patrimonio de los titulares del proyecto.

II. Amortización acelerada en el Impuesto a las Ganancias: Los sujetos titulares de proyectos promovidos en el marco de la Ley N° 26.093 por las inversiones correspondientes a dichos proyectos efectuadas con posterioridad a su aprobación y de conformidad a los plazos previstos en el mismo, podrán optar por practicar las respectivas amortizaciones a partir del período fiscal de habilitación del bien, de acuerdo con las normas previstas en el Artículo 84 de la Ley de Impuesto a las Ganancias T.O. 1997 y sus modificaciones, o conforme al Régimen que se establece a continuación:

1. Para inversiones realizadas durante los primeros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha de aprobación del proyecto:

1.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en TRES (3) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

1.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al CINCUENTA POR CIENTO (50%) de la estimada.

2. Para inversiones realizadas durante los segundos DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha indicada en el punto 1:

2.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en CUATRO (4) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

2.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al SESENTA POR CIENTO (60%) de la estimada.

3. Para inversiones realizadas durante los terceros DOCE (12) meses inmediatos posteriores a la fecha indicada en el punto 2:

3.1. En bienes muebles amortizables adquiridos, elaborados, fabricados o importados en dicho período: como mínimo en CINCO (5) cuotas anuales, iguales y consecutivas.

3.2. En obras de infraestructura iniciadas en dicho período: como mínimo en la cantidad de cuotas anuales, iguales y consecutivas que surja de considerar su vida útil reducida al SETENTA POR CIENTO (70%) de la estimada.

Cuando se trate de operaciones que den derecho a la opción prevista en el Artículo 67 de la Ley de Impuesto a las Ganancias T.O. 1997 y sus modificaciones, la amortización especial establecida en el presente apartado deberá practicarse sobre el costo determinado de acuerdo con lo dispuesto en la referida norma legal. Si la adquisición y la venta se realizaran en ejercicios fiscales diferentes, la amortización eventualmente computada en exceso deberá reintegrarse en el balance impositivo correspondiente a dicha enajenación.

El tratamiento especial previsto en el presente apartado queda sujeto a la condición de que los bienes adquiridos permanezcan en el patrimonio del titular del proyecto de que se trate durante TRES (3) años contados a partir de la fecha de habilitación del bien. De no cumplirse esta condición, corresponderá rectificar las declaraciones juradas presentadas e ingresar las diferencias de impuesto resultantes con más sus intereses, salvo en el supuesto previsto en el párrafo siguiente.

No se producirá la caducidad del tratamiento señalada precedentemente en el caso de reemplazo de bienes que hayan gozado de la franquicia, en tanto el monto invertido en la reposición sea igual o mayor al obtenido por su venta. Cuando el importe de la nueva adquisición fuera menor al obtenido en la venta, la proporción de las amortizaciones computadas que en virtud del importe reinvertido no se encuentre alcanzada por el Régimen tendrá el tratamiento indicado en el párrafo anterior.

b) A los fines de lo dispuesto en el Artículo 15, inciso 2 de la Ley Nº 26.093, los bienes que no integrarán la base de imposición del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta son los afectados al proyecto promovido e ingresados al patrimonio de la empresa titular del mismo con posterioridad a la fecha de su aprobación.

c) Las disposiciones del Artículo 15, inciso 3 de la Ley Nº 26.093, serán de aplicación al biodiesel y al bioetanol producidos por los sujetos titulares de los proyectos aprobados por el MINISTERIO DE ECONOMIA Y PRODUCCION para ser mezclados con los combustibles de origen fósil de acuerdo a lo previsto en los Artículos 7º, 8º y 12 de la ley antes citada. En la comercialización de combustibles fósiles mezclados con Biocombustibles, los tributos que gravan a los primeros serán satisfechos aplicando las alícuotas respectivas sobre la proporción de combustible de origen fósil que contenga la mezcla.

d) En los casos que, de conformidad con las disposiciones del Artículo 16 de la Ley N° 26.093, procediera el pago de los tributos no ingresados, con más los intereses, multas y/o recargos que pudieran corresponder, no será de aplicación el trámite establecido por los Artículos 16 y siguientes de la Ley N° 11.683, texto ordenado en 1998 y sus modificaciones, sino que la determinación de la deuda quedará ejecutoriada con la simple intimación de pago del impuesto y sus accesorios por parte de la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, sin necesidad de otra sustanciación.

El término de la prescripción para exigir la restitución de los créditos fiscales acreditados o devueltos o, en su caso, del Impuesto a las Ganancias y a la Ganancia Mínima Presunta ingresados en defecto, con más los accesorios que pudieran corresponder, será de CINCO (5) años contados a partir del 1 de enero del año siguiente a aquél en que haya finalizado el plazo fijado para el cumplimiento de las previsiones del proyecto.

Facúltase a la ADMINISTRACION FEDERAL DE INGRESOS PUBLICOS, a dictar la normativa que resulte necesaria a los efectos de la aplicación de lo dispuesto precedentemente.

Art. 21. — La SECRETARIA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE dependiente de la JEFATURA DE GABINETE DE MINISTROS deberá adoptar las decisiones que resulten necesarias para asegurar el cumplimiento de lo establecido en el Artículo 17 de la Ley N° 26.093.

A tales efectos asesorará a la Autoridad de Aplicación y a los sujetos calificados para gozar de los beneficios previstos en la Ley N° 26.093, sobre las condiciones, programas y beneficios contemplados en el Artículo 17 de la Ley N° 26.093, a los fines de que los mismos puedan ser capitalizados por las sujetos beneficiarios.

Anexo VI: Parámetros para el análisis del negocio en base a trigo.

Tasa de conversión.

Es aproximadamente un 13% menor que la que se había estimado para maíz: se parte de 345 lts/TN en el primer año de operaciones, y luego se incrementa gradualmente (siguiendo la misma curva de aprendizaje que en el caso en base a maíz) hasta estabilizarse en 365 lts/TN en el quinto año (en el caso del maíz se estabiliza en 420 lts/TN).

Precios.

Los precios futuros del trigo se obtuvieron de proyecciones del USDA (*Agricultural Outlook 2007*), restando un 10% por fletes para obtener valores FOB Argentina. El precio de los DDGS se aumentó un 10% dado que los subproductos del trigo son de mejor calidad que los de maíz para la alimentación de ganado. Asimismo, también se incrementa levemente la cantidad de DDGS obtenido por tonelada de cereal procesado (pasa de 330 a 335 Kg por TN).

Proceso.

El tiempo de permanencia del material en cada etapa es similar que en el caso en base a maíz. En cuanto al balance de línea, se debe incrementar el volumen de los equipos en la parte de licuefacción, sacarificación, fermentación, y destilación. Se hace teniendo en cuenta que con maíz el contenido de alcohol en la cerveza era de un 15% (al final de la fermentación), y con trigo pasa a ser de 10%. Esto significa que la capacidad de los procesos aumenta un 50%.

Inversión.

Teniendo en cuenta que la capacidad de los procesos debe aumentar en un 50%, se recalculó la inversión de la siguiente manera: el monto en el sector de licuefacción se incrementa un 25%, y en el sector de fermentación un 35%. El de los sectores quedan sin cambios pues no se altera el volumen a procesar ni las capacidades de los equipos.

Resto de los parámetros.

Pueden mantenerse constantes dado debido a dos razones:

- 1) Son similares para ambos procesos.
- 2) No tienen una influencia significativa sobre los indicadores del caso (VAN y TIR).

Anexo VII: Supuestos para analizar la viabilidad del etanol de remolacha.

- El rendimiento supuesto fue de 8.000 litros de etanol por hectárea (NextFuel, Abril 2007).
- Teniendo en cuenta que las pruebas piloto para desarrollar el cultivo de esta especie con destino a etanol se están desarrollando en San Juan, se partió de datos del consumo de combustibles para dicha provincia. Durante el año 2006 dicho consumo fue de 50.340 m³, que corresponden al 1,1% del total país (datos de la Secretaría de Energía para el año 2006).
- Si el consumo de naftas para el total país se estima en 4.400.000 m³ para 2010 (ver tabla en Capítulo 2, sección *Food vs Fuel*) aplicando el mismo porcentaje de participación llegamos a 52.320 m³ para la Provincia de San Juan en el mismo período. Teniendo en cuenta el porcentaje de corte obligatorio del 5% por la Ley 26.093, esto implica una necesidad de etanol de 2.616 m³ para dicha región.
- En base a dicha necesidad y al rendimiento de la remolacha de 8 m³/ha, se requerirían plantar 330 has para satisfacer el consumo de dicha provincia. En caso de desear exportar un volumen mínimo de 10 millones de litros a Europa (fuerte consumidora del etanol de remolacha), la necesidad de plantaciones sería de 1.250 has, asumiendo el mismo rendimiento que en el cálculo anterior.
- Según datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, actualmente se cultivan aproximadamente 6.000 has de remolacha en todo el territorio nacional, principalmente concentradas en Santa Fe y Buenos Aires. Las variedades más utilizadas no se corresponden con la variedad alcoholífera.

Anexo VIII: relación entre el consumo de G.O. y el PBI.

Proyección de la demanda de biodiesel para mercado interno.

Datos consumo de G.O. y PBI, estadísticas de la regresión.

	<i>PBI</i>	<i>GO (M3)</i>	<i>Coef estac PBI</i>
I-98	271,7	2.780.814	0,94
II-98	301,2	2.982.684	1,05
III-98	293,3	2.964.510	1,02
IV-98	286,3	3.006.985	0,99
I-99	265,0	2.730.520	0,95
II-99	286,4	2.944.385	1,03
III-99	278,5	2.893.108	1,00
IV-99	283,6	3.019.021	1,02
I-00	264,6	2.834.492	0,96
II-00	285,3	2.858.990	1,03
III-00	276,8	2.904.871	1,00
IV-00	278,1	2.871.444	1,01
I-01	259,2	2.699.711	0,98
II-01	284,8	2.857.473	1,08
III-01	263,1	2.613.300	1,00
IV-01	248,9	2.615.346	0,94
I-02	216,8	2.380.902	0,92
II-02	246,3	2.608.203	1,05
III-02	237,4	2.523.573	1,01
IV-02	240,4	2.516.339	1,02
I-03	228,6	2.502.462	0,89
II-03	265,4	2.589.138	1,04
III-03	261,5	2.556.960	1,02
IV-03	268,6	2.710.491	1,05
I-04	254,3	2.672.368	0,91
II-04	284,4	2.839.517	1,02
III-04	284,4	2.724.943	1,02
IV-04	293,5	2.887.893	1,05
I-05	274,6	2.825.969	0,90
II-05	313,9	2.973.180	1,03
III-05	310,6	3.013.363	1,02
IV-05	319,9	3.161.754	1,05
I-06	298,7	2.958.738	0,90
II-06	338,2	3.220.098	1,02
III-06	337,7	3.131.967	1,02
IV-06	347,6	3.342.069	1,05
I-07	322,5	3.142.122	0,98

Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,947134243
Coefficiente de determinación R ²	0,897063273
R ² ajustado	0,894122224
Error típico	72284,04126
Observaciones	37

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grado de lib	Suma de cuadrados	Prom cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1,5937E+12	1593696497445,50	305,0146982	7,39668E-19
Residuos	35	1,82874E+11	5224982621,34		
Total	36	1,77657E+12			

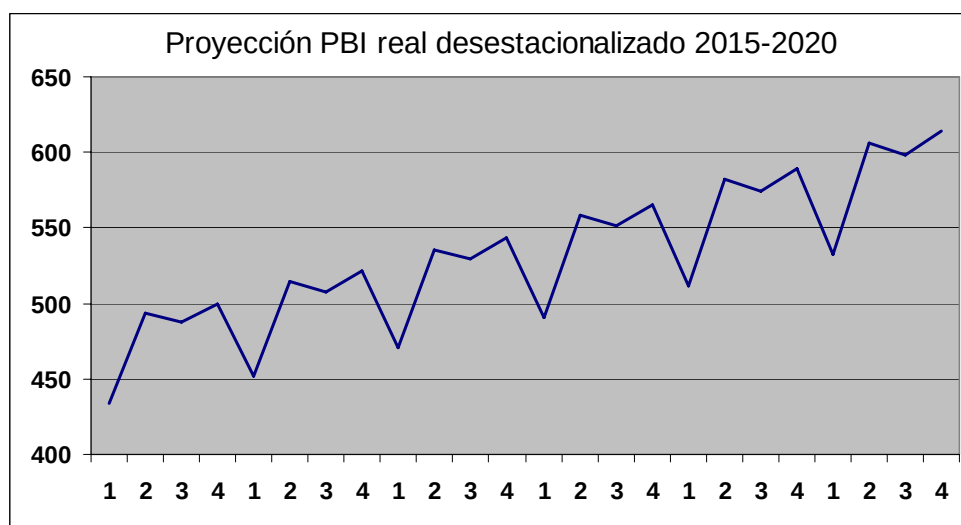
	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	882177,9761	112390,9458	7,85	3,17225E-09	654011,9472	1110344,005	654011,9472	1110344,005
Variable X 1	6962,87825	398,6836425	17,46	7,39668E-19	6153,506438	7772,250063	6153,506438	7772,250063

Proyección del PBI a largo plazo.

AÑO	PBI
2007	344
2008	359
2009	374
2010	390
2011	406
2012	423
2013	441
2014	459
2015	479
2016	499
2017	520
2018	542
2019	564
2020	588

Factor de crecimiento

0,042



*Guía para la construcción de una industria eficiente y sustentable
de bioetanol carburante en Argentina*

Proyección a largo plazo del consumo de biodiesel para mercado interno (corte con G.O.).

AÑO	TRIM	PBI	GO (M3)	Biodiesel (M3)	Biod ANUAL (M3)
2015	1	434	3.902.298	195.115	843.066
	2	494	4.319.178	215.959	
	3	487	4.275.625	213.781	
	4	500	4.364.218	218.211	
2016	1	452	4.029.143	201.457	871.064
	2	514	4.463.532	223.177	
	3	508	4.418.150	220.907	
	4	521	4.510.464	225.523	
2017	1	471	4.161.316	208.066	900.239
	2	536	4.613.948	230.697	
	3	529	4.566.661	228.333	
	4	543	4.662.852	233.143	
2018	1	491	4.299.040	214.952	930.639
	2	558	4.770.683	238.534	
	3	551	4.721.409	236.070	
	4	566	4.821.640	241.082	
2019	1	511	4.442.548	222.127	962.315
	2	582	4.934.000	246.700	
	3	575	4.882.657	244.133	
	4	590	4.987.098	249.355	
2020	1	533	4.592.083	229.604	995.322
	2	606	5.104.177	255.209	
	3	599	5.050.677	252.534	
	4	614	5.159.504	257.975	

Anexo IX: Supuestos para el análisis económico de integración vertical etanol-tambo-biodigestor.

Los valores asumidos para el consumo de GN, energía eléctrica y maíz de la planta, así como los rendimientos de etanol y de DDGS por tonelada de maíz, fueron los mismos empleados en el estudio de pre-factibilidad para una planta de producción de etanol de maíz realizado por el autor en Noviembre de 2006 (ver Descriptor Bibliográfico). En referencia a los rendimientos de DDGS por tonelada de maíz a procesar, los mismos son muy variables. Si bien normalmente se estabilizan alrededor de 330 kg/TN, se tomó un valor conservador 3% menor (321 Kg/TN), típico de los primeros años de operación.

El contenido de humedad de los DDGS varía entre un 8% y un 10%, se tomó valor medio del 9% según datos del *National Corn-to-Ethanol Research Center*. En cuanto a los WDGS, se supuso una situación de alta humedad (mínimo deshidratado), correspondiente a un contenido del 65%. Si bien este deshidratado mínimo reduce el gasto energético de la planta, condiciona la distribución del subproducto a muy pocos kilómetros de la misma (no más de 50, según datos del *Babcock Institute*, Universidad de Wisconsin, verificado con transportistas de la zona)

El precio del Gas se obtuvo de tablas del ENARGAS, correspondientes a las tarifas de la distribuidora Litoral Gas (que corresponde a la zona donde se considera la potencial localización de la planta, es decir la localidad de Venado Tuerto Pcia. de Santa Fe). Abarca un promedio ponderado de las tarifa por m³ consumido, por capacidad diaria reservada y la tarifa fija, correspondientes a la categoría Grandes Usuarios FD.

El precio de la energía eléctrica se obtuvo de consultas con la administración del Parque Industrial La Victoria, ubicado en la zona de localización de la planta.

Los datos referentes a la alimentación de vacas lecheras fueron obtenidos de investigaciones realizadas en el *Babcock Institute*, el *U.S. Grain Council*, la Universidad Estatal de Dakota del Sur y la Universidad Estatal de Iowa (ver listado de *Papers* en el Descriptor Bibliográfico), y de artículos técnicos publicados en el portal ganadero Engormix.com ("Recomendaciones para la alimentación de las vacas lecheras", Beth Wheeler; y "Argentina - Un tambo con futuro", artículo que hace referencia al proyecto del firma Adecco Agro). Dichos parámetros fueron adaptados a las condiciones imperantes en sector lechero Argentino a través de consultas con médicos veterinarios y productores tamberos de la región, lo mismo que la composición de los suplementos nutricionales que normalmente se utiliza en la actualidad.

La relación de sustitución entre los DDGS y el maíz seco puede llegar a 3 (*Babcock Istitute* y Universidad de Iowa), sin embargo con el objetivo de efectuar cálculos conservadores se tomó un 10% menos. La relación de sustitución entre el maíz seco y los WDGS se calculó a partir de la relación de sustitución entre el maíz seco y los DDGS, y la diferencia en el contenido de humedad de ambos subproductos.

Los datos referentes a la generación de biogás a partir de estiércol vacuno se obtuvieron de los trabajos: *Microbiología Agrícola, Capítulo 5: Rumen y Biogas* (Leonor Carrillo, 2003); *Biogas 2005: Software para la evaluación técnico económica financiera de biodigestores rurales* (Flolean, Panichelli, Hilbert, 2005); y *Aplicaciones del Biogás* (Cátedra de Técnicas Energéticas, Fac. Ing. UBA).

La información sobre generación eléctrica a partir de biogás fue obtenida de los trabajos mencionados en el párrafo anterior, junto con la publicación *Generación eléctrica a partir de biogás* (R. Botero, 2007), y el artículo técnico “*Generación eléctrica no convencional*”, publicado por la firma Sicca.

El precio del maíz se obtuvo según cotizaciones de la Bolsa de Cereales de Rosario a Septiembre de 2007, estimando un costo de flete de \$0,15 por tonelada y por Km, similar al de los DDGS. Este valor se obtuvo de consultas con empresas transportistas que trabajan en la zona núcleo de la cuenca maicera. En cuanto al precio de los DDGS, en mercados desarrollados como EEUU el mismo ha llegado a ser 70% superior al maíz. Pero en los comienzos esta diferencia puede ser tan baja como 20%. Sin embargo, dado que el mismo se utiliza para cuantificar el costo de oportunidad de consumir ese subproducto en lugar de venderlo, con el objetivo de llevar el caso a una posición desfavorable se asumió un sobreprecio del 45% con respecto a la tonelada de maíz.

Anexo X: Proyección del precio de naftas en surtidor.

El siguiente es un extracto de “Proyecto de Inversión: Planta de producción de etanol carburante a partir de maíz” (ver Bibliografía adjunta).

Esta es una variable sumamente difícil de pronosticar, ya que el gobierno realiza una fuerte presión sobre el precio de los combustibles en la Argentina. Debido a esto, el precio de las naftas no sigue en nuestro país una correlación directa con el precio internacional de las gasolinas ni con el precio internacional del crudo. Luego de investigar varias relaciones potenciales, se obtuvo una correlación aceptable entre en el precio de las naftas a salida del surtidor y el índice de precios internos mayoristas para petróleo y gas (IPIM Petróleo y gas). Los datos del precio promedio de las naftas en surtidor (se usaron las naftas súper y ultra por ser las más consumidas) se obtuvieron de la Secretaría de Energía y los datos sobre el IPIM para Petróleo y Gas se obtuvieron del INDEC. A partir de valores estimados para dicho índice, se procedió entonces a proyectar el precio de las naftas a la salida del surtidor.

Datos a partir de los cuales se efectuó el análisis.

MES	IPIM Petróleo y gas	Precio prom. Súper + Ultra salida de surtidor (\$/l)
Ene-03	513	1,8465
Feb-03	490	1,8441
Mar-03	465	1,8445
Abr-03	424	1,8441
May-03	410	1,8436
Jun-03	419	1,8254
Jul-03	413	1,8207
Ago-03	442	1,8193
Sep-03	423	1,8183
Oct-03	418	1,8166
Nov-03	434	1,8176
Dic-03	473	1,8174
Ene-04	450	1,8175
Feb-04	462	1,8175
Mar-04	459	1,8175
Abr-04	464	1,8175
May-04	481	1,8190
Jun-04	471	1,8190
Jul-04	513	1,8355
Ago-04	587	1,8402
Sep-04	577	1,8385
Oct-04	599	1,8459
Nov-04	537	1,8458
Dic-04	550	1,8641
Ene-05	481	1,8567
Feb-05	505	1,8608
Mar-05	540	1,8796
Abr-05	610	1,8569
May-05	593	1,8571
Jun-05	583	1,8573
Jul-05	611	1,8462
Ago-05	645	1,8576
Sep-05	725	1,8605
Oct-05	736	1,8608
Nov-05	682	1,8612
Dic-05	721	1,8608
Ene-06	670	1,8903
Feb-06	677	1,9002
Mar-06	685	1,9109
Abr-06	692	1,9215
May-06	700	1,9318
Jun-06	707	1,9408
Jul-06	715	1,9521
Ago-06	722	1,9613
Sep-06	730	1,9723
Oct-06	737	1,9809
Nov-06	745	1,9901
Dic-06	752	1,9998

Cabe aclarar que el modelo original utilizaba datos hasta Diciembre de 2005, pero para este trabajo los mismos fueron extendidos hasta fines de 2006. Teniendo en cuenta esto, se corrió nuevamente la regresión. El coeficiente de correlación (R^2)

obtenido fue de 0,65 lo cual se considera un valor aceptable para este tipo de proyecciones.

El valor del IPIM fue pronosticado asumiendo un crecimiento del orden del 11% anual, decreciendo este valor en un 1 punto porcentual cada año, según fuentes consultadas de la industria del petróleo y gas en Argentina. Este comportamiento es similar al que se observaría si se traza una línea de tendencia de los datos históricos empleados.

Resultados obtenidos para el período 2010-2012.

MES	IPIM Petróleo y gas	Precio prom. Súper + Ultra salida de surtidor (\$/l)
Ene-10	1031	2,5356
Feb-10	1039	2,5465
Mar-10	1046	2,5574
Jul-10	1054	2,5683
Ago-10	1061	2,5792
Sep-10	1069	2,5901
Oct-10	1076	2,6010
Nov-10	1084	2,6118
Dic-10	1091	2,6227
Ene-11	1099	2,6336
Feb-11	1107	2,6445
Mar-11	1114	2,6554
Abr-11	1122	2,6663
May-11	1129	2,6772
Jun-11	1137	2,6881
Jul-11	1144	2,6990
Ago-11	1152	2,7099
Sep-11	1159	2,7208
Oct-11	1167	2,7419
Nov-11	1174	2,7503
Dic-11	1182	2,7719
Ene-12	1189	2,7961
Feb-12	1197	2,8102
Mar-12	1204	2,8309
Abr-12	1212	2,7970
May-12	1220	2,8122
Jun-12	1227	2,8334
Jul-12	1235	2,8507
Ago-12	1242	2,8729
Sep-12	1250	2,8913
Oct-12	1257	2,9099
Nov-12	1265	2,9154
Dic-12	1272	2,9299

BIBLIOGRAFIA.

Emerging liquid biofuel markets: ¿A dónde va la Argentina? P. Lammers. IIEE, 2006.

Biofuels for transport. An Internacional Perspective. IEA, 2006.

The energy balance of corn ethanol: an update. H. Shapouri, J. A. Duffield, M. Wang. USDA, 2002. Agricultural Economic Report N° 814.

Evaluation of small-volume releases of ethanol-blended gasoline at UST sites: groundwater and vapor impacts. Chevron Texaco, 2005.

Biofuels implications for agricultural water use. C. de Fraiture, M. Giordano, L. Yongsong. International Water Managment Institute, 2005.

Ajustes a los cambios recientes en el sector energético: retos y oportunidades. Junta de Comercio y Desarrollo, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2006.

The long run impact of Corn-Based Ethanol on the Grain Oilseed and Livestocks Sectors: a Preliminary Assessment. A. Elobeid, S. Tokgoz, D. J. Hayes, B. A. Babcock, C. E. Hart, 2006. CARD Briefing Paper 06-BP 49.

Policy debate on Global Biofuels Development. SEI, 2005. ISSN 1101-8267.

Evaluating the Impacts of an Increse in Fuel-ethanol Demand on Agricultural and the Economy. J. N Ferris, S. V. Joshi. Michigan State University. 2004.

Sweet Sorghum – A potencial Alternative Raw Material for Bio-ethanol and Bio-energy. B. Reddy, S. Rmaesh, P. S. Reddy, B. Ramaiah, P. M. Salimath, R. Kachapur. ICRISAT, 2004.

New technologies in biofuels production. R. J. Bothast. Southern Illinois University, 2005.

International trade in biofuels: Good for development? And good for the environment? A. Dufey. IIED, 2007.

Opportunities and barriers for sustainable international bioenergy trade. M Junginger (main editor). IEA, 2006.

The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications. S. Zarrilli. Unite Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD), 2006.

The impact of sustainability criteria on the costs and potentials of bioenergy production. E Smeets, A Faaij, I. Lewandowski. 2005. ISBN 90-73958-00-8.

Challenges and opportunities for developing countries in producing biofuels. UNCTAD, 2006.

Potential uses of structured finance techniques for renewable energy projects in developing countries. UNCTAD, 2005.

Criteria for Assessing Environmental, Economic, and Social Aspects of Biofuels in Developing Countries. U. R. Fristsche, K. Hunecke, K. Wiegmann. Oko-Institut, 2005.

Bioenergy and Agriculture: Promises and Challenges. P. Hazell, R. K. Pachauri. Internacional Food Policy Research Institute, 2006.

Biocarburantes en el transporte. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, 2006.

Argentina: Tendencias y perspectivas del sector forestal al año 2020. G. Braier. 2004

Series estadísticas forestales 1999-2005. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. ISSN 1850-7174.

Hydrogen and Etanol Production from Glycerol-Containing Wastes Discharged alter Biodiesel Manufacturing Process. T. Ito, Y. Nakashimada, K. Senba, T. Matsui, N. Nishio. Hiroshima University. 2005.

Agricultural commodity markets Outlook 2007-20016. OECD-FAO-FAPRI-USDA-EC. 2007.

Microbiología agrícola. L. Carrillo. 2003.

Utilizando el creciente abasto de granos de destilería. R. M. Kaiser. Intituto Babcock, Universidad de Wisconsin. 2006.

Granos de Destilería para Ganado Lechero. D. J. Schingoethe. South Dakota University. 2004.

El valor nutritivo de los coproductos de plantas de etanol de molienda en seca. A. Trenkle. Iowa State University. 2005.

La Industria del Etanol a partir de Maíz: ¿Es Factible su Desarrollo en Argentina? G.A Vergagni. 2004.

Estudio de Pre-Factibilidad: Producción de etanol carburante a parte de maíz. E. F. Acuña Soya, M. L. Espínola, G. Hierro, M. L. Cerviño. Cátedra de Proyectos de Inversión, ITBA. 2006.