

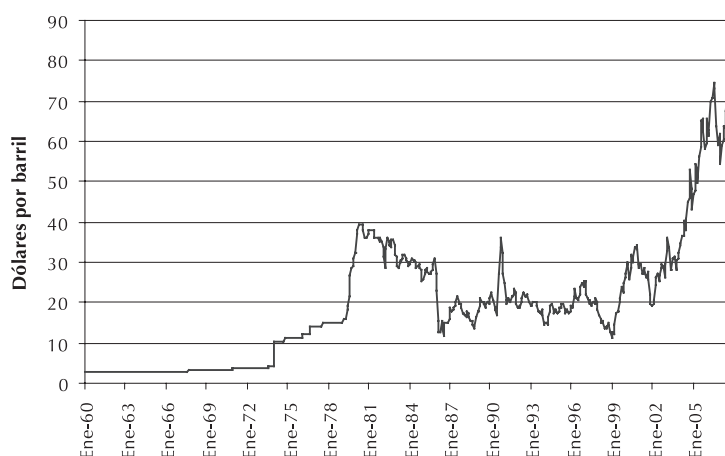
Capítulo 10: Biocombustibles, una oportunidad

En la actualidad la oferta energética se encuentra concentrada en fuentes fósiles. Estos recursos constituyen una fuente no renovable de generación de energía. Hoy el mundo crece a tasas del 4% y las necesidades energéticas deben acompañar este crecimiento. El precio del crudo comienza a aumentar como consecuencia de la interacción entre la oferta y la demanda. Los mayores precios del petróleo posibilitan la generación alternativa de energía. En la actualidad existe la posibilidad tecnológica y económica de obtener combustibles líquidos en base a aceites vegetales y grasas animales. Dentro del contexto, Argentina enfrenta un gran desafío. Sin embargo, la bioenergía también presenta grandes riesgos. Por lo que la pregunta relevante debiera ser ¿De qué manera debe abordar el país la generación de energía a partir de biomasa?

10.1 Entorno de los biocombustibles

En las últimas tres décadas, en tres oportunidades, las economías dependientes del petróleo se han visto fuertemente afectadas por el incremento sufrido en el precio del barril. A mediados de los '70, a comienzo de los '80 y en el período actual 2004-2007 se observan picos en la serie histórica de precios. Sin embargo, el de mayor envergadura es el correspondiente al último período. Se ha observado en el mes de octubre del presente año precios de US\$ 90 el barril. A niveles tan altos los países comienzan a tener problemas energéticos.

Gráfico 10.1: Evolución del precio del petróleo



Fuente: IIE sobre la base de EIA.

A su vez, la volatilidad del mercado ha complicado la planificación económica. Según un estudio de la ONU- Energía¹; la producción de petróleo ya ha alcanzado el límite en una larga lista de países incluyendo Indonesia, México, Noruega, Inglaterra y los Estados Unidos. Los analistas predijeron una incertidumbre sobre la tendencia del precio del crudo. La misma depende en gran medida del desarrollo de regiones poco estables.

¹ Para mayor información ver "Bioenergía sostenible: Un marco para la toma de decisión". <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/sinsigla/xml/5/29835/P29835.xml&xsl=/tpl/p10f.xsl>

La dependencia de los combustibles fósiles se ha convertido en un gran riesgo para los países en desarrollo. Mucho de ellos destinan gran parte de divisas al pago de las importaciones de combustibles. Sus sectores productivos utilizan tecnologías intensivas en combustibles. El aumento en los costos genera una disminución en la competitividad. Lo cual complica aun más la balanza comercial.

El desarrollo de los biocombustibles, surge como una oportunidad de diversificar la oferta energética. La evolución del mercado del petróleo determinará en última instancia la posibilidad de métodos alternativos de generación energética. Internacionalmente la velocidad de desarrollo de estas tecnologías estará íntimamente vinculada con la velocidad de aumento del precio del petróleo.

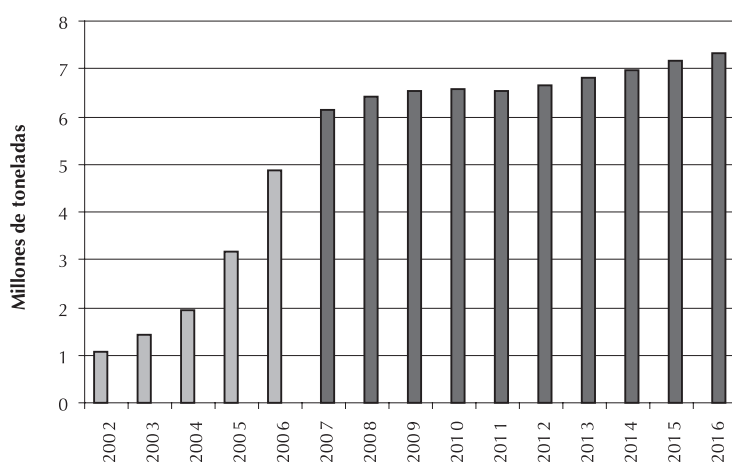
En este contexto la bioenergía puede ser concebida como una alternativa energética para aquellos países no productores de petróleo. Pero también como una alternativa estratégica para países con potencial agroexportador.

Los biocombustibles, y en particular los de primera generación² se han convertido en una opción de creación de riqueza. A medida que las materias primas (granos en este caso) avanzan sobre los eslabones del proceso productivo, se va generando valor agregado. Los biocombustibles pueden constituir el producto final de un proceso de transformación. Los encadenamientos productivos son una importante fuente de creación de valor, contribuyendo al desarrollo del país.

10.1.1 El mercado internacional

La producción de los biocombustibles se ha convertido en una de las industrias más dinámicas de los últimos tiempos. La necesidad de diversificar la oferta energética ha impulsado el desarrollo de fuentes alternativas de energía. Dentro de estas tecnologías, los biocombustibles presentan grandes ventajas. Una de ella se vincula con la facilidad de adaptación de motores para el uso de los biocombustibles líquidos.

Gráfico 10.2: Evolución de la producción estimada de biodiesel en la Unión Europea



Fuente: IIE sobre la base de Fapri.

Brasil, Estados Unidos y Alemania son los principales actores en el mercado de biocombustibles. Su temprano desarrollo les ha permitido acumular conocimientos que se ven reflejados en la competitividad de sus industrias.

La competitividad de los biocombustibles depende en gran medida del insumo utilizado. El etanol de Brasil en base a caña de azúcar es económicamente más eficiente que el etanol a base de maíz de los Estados Unidos.

² La bioenergía incluye toda energía producida a través del uso de biomasa. La biomasa puede ser generada directamente (madera y carbón vegetal) o indirectamente convirtiéndola en combustibles líquidos (biodiesel y bioetanol) o gaseosos (biogás). Dentro de los combustibles líquidos podemos clasificar los de primera y segunda generación. Los combustibles de *primera generación* se refieren a biocombustibles hechos a partir del azúcar, almidón, aceite vegetal o grasas animales. Los combustibles de *segunda generación* se elaboran a partir de biomasa lignocelulósica, utilizando tecnologías avanzadas.

Recuadro 10.1: La experiencia brasileña

Brasil es el productor más grande del mundo de etanol. Desde mediados de los '70, el país emprendió un programa para producir etanol.

Todo el etanol brasileiro es producido con caña de azúcar a través de la fermentación del azúcar contenido en el jugo de la caña. En la temporada de cultivo 2005/06, Brasil cosechó cerca de 400 millones de toneladas de caña de azúcar en 5,5 millones de hectáreas. Existen 330 ingenios azucareros de propiedad privada, cada uno procesó en promedio 1,2 millones por año. El subproducto, bagazo (pulpa de la caña) y barbojo (hojas restantes de la cosecha) son generalmente quemados. El bagazo en particular es tradicionalmente quemado en calderas y usado como una fuente de calor (vapor) y electricidad para el proceso azúcar/etanol. En cambio el barbojo es quemado en el campo, no produciendo valor energético.

La reciente expansión de los mercados internos y externos de etanol, ha disparado el interés de los inversores, y muchos nuevos ingenios de azúcar se han comenzado a construir.

Se estima que los cultivos de caña de azúcar se extiendan alcanzando 570 millones de toneladas hacia el 2010, lo cual representa un incremento del 42,5 % respecto al año 2005. La industria de etanol demandará aproximadamente 235 millones de toneladas de caña de azúcar. Con las cuales producirá, 21.394 millones de litros de etanol.

Gráfico 10.3: Evolución de la producción de etanol en Brasil

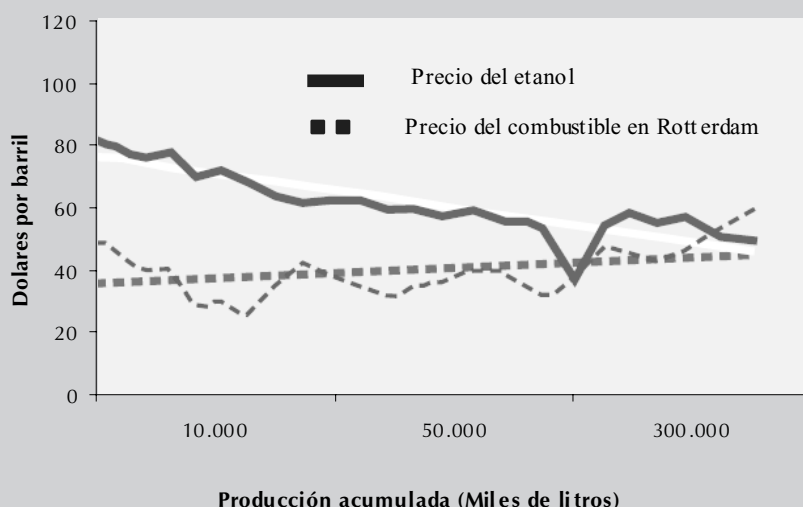


Fuente: IIE sobre la base de Fapri.

Cerca de noventa nuevos ingenios serán operativos entre 2006 y 2010, muchos de los cuales fueron diseñados para manipular en promedio tres millones de toneladas de caña de azúcar por año. Además las viejas refinerías también serán modernizadas para incrementar su productividad.

Los ingenios azucareros también diversificaron su producción de energía. Desde 1997, cuando la legislación permitió a los productores independientes vender electricidad a la red, su oferta ha crecido significativamente.

La utilización del bagazo como fuente generadora de electricidad amplió sus posibilidades económicas; contribuyendo a mejorar la eficiencia. En el Gráfico 10.4 se observa como el precio del etanol disminuye a medida que se incrementa la escala de producción de etanol. Los niveles de producción han ido incrementándose a través del tiempo. Las economías de escala se reflejan en la tendencia decreciente de los precios a medida que aumenta el nivel de producción.

Gráfico 10.4: Evolución del precio del etanol en función a la producción acumulada

Fuente: IIE sobre la base de Ifpri.

El ritmo de las inversiones futuras consolidará la posición de Brasil en el mercado mundial del etanol. La capacidad de procesamiento de las plantas aumentará, permitiendo obtener mayores economías de escala. El modelo brasileiro se encuentra orientado a lograr un biocombustible de gran competitividad en el mercado. Hoy es el principal productor del mundo de etanol, y desea posicionarse como el mayor exportador del producto.

Sin embargo, la bioenergía no debe ser vista únicamente desde el punto de vista económico. En contraposición de estas tres grandes naciones, en la mayoría de los países no existe experiencia en la producción y consumo de los biocombustibles. Tampoco se han evaluados los impactos económicos, sociales y ambientales de la bioenergía. Lo cual constituye un tema prioritario en países con potencial para su desarrollo.

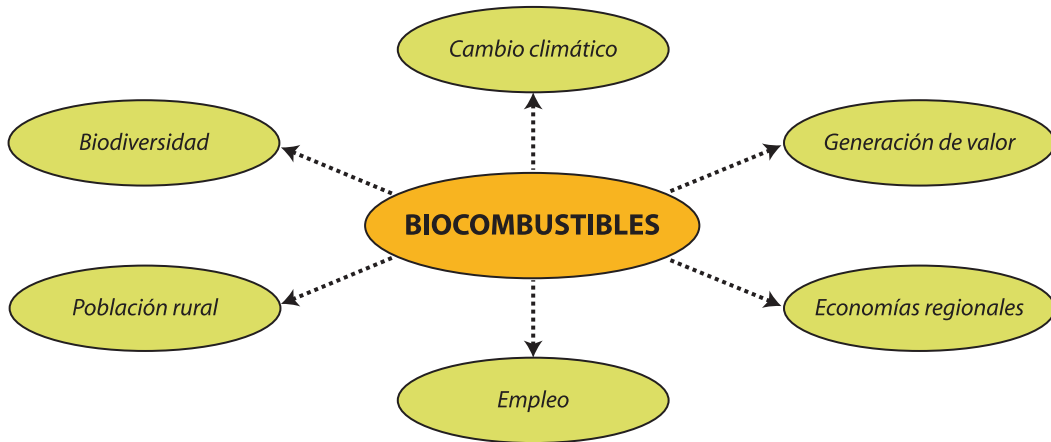
Si bien esta fuente de energía presenta grandes oportunidades en países como la Argentina, también acarrea grandes riesgos y desventajas. La bioenergía debe ser concebida en un contexto de desarrollo sustentable. Por desarrollo sostenible se entiende aquel desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

10.1.2 Desarrollo sostenible de los biocombustibles

La sostenibilidad económica, social y ambiental da origen a la idea de un modelo sustentable. Los países subdesarrollados deben orientarse hacia este tipo de modelo. En última instancia, sólo se podrá avanzar sobre la etapa del subdesarrollo generando crecimiento económico genuino, pero sin descuidar la calidad de vida de la sociedad. El crecimiento económico debe estar equilibrado con políticas distributivas y ambientales.

El presente apartado no pretende ser una guía para la formulación de planes de desarrollo de biocombustibles; sino más bien pretende destacar la importancia de ciertos aspectos sobre los que pueden impactar los biocombustibles.

Esquema 10.1: Desarrollo Sustentable de los biocombustibles



Fuente: IIE sobre la base de ONU-Energía.

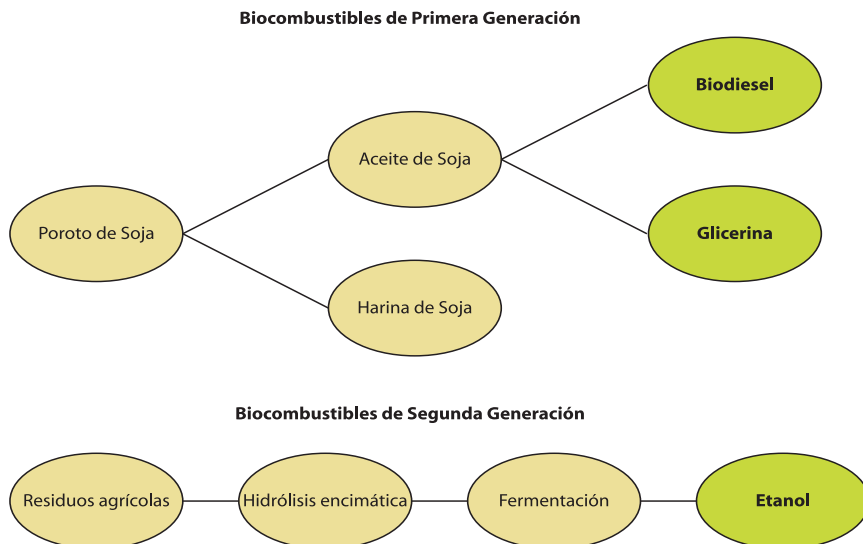
10.1.2.1 Impacto de los biocombustibles en la generación de valor

La generación de valor en el país se produce a medida que la materia prima avanza sobre las etapas productivas. Mientras más eslabonamientos posean el proceso productivo, mayor valor agregado se crea en el país. Es claro que el encadenamiento debe ser competitivo para poder vender el producto final en el mercado.

Un ejemplo de esto es lo que sucede con nuestras exportaciones de soja hacia China. De nada sirve vender los 6,3 millones de toneladas de poroto de soja que se exportan actualmente a ese país sin ningún tipo de procesamiento. Ya que en la transformación del poroto de soja en harina (pelltes) y aceite; se logra un aumento de aproximadamente del 30% en el valor final.

En línea con los encadenamientos, el aceite vegetal puede ser transformado en biodiesel. El biodiesel es un ejemplo de los biocombustibles de primera generación. El mismo constituye un claro ejemplo de cómo avanzar sobre los eslabones mas especializados. La especialización contribuye a la diferenciación de producto, posibilitando la obtención de mayor valor.

Esquema 10.2: Proceso de transformación



Fuente: IIE sobre la base de ONU-Energía.

La industria aceitera Argentina se encuentra concentrada en las inmediaciones de la ciudad de Rosario. En un tramo de 90 km. desde los puertos de Timbúes hasta los de General Lagos en el sur; se procesa aproximadamente el 75 % de las oleaginosas exportadas. La industria aceitera ha logrado ser la más competitiva del mundo. Argentina es el principal exportador de aceite de soja del mundo.

Recuadro 10.2: La industria aceitera en Argentina

El complejo industrial de crushing esta constituido por un grupo pequeño de grandes empresas.

Cuadro 10.1: Ranking de empresas del sector según capacidad instalada

	Empresa	Nº de Plantas	Toneladas/día
1	Cargil	7	30.906
2	Molinos Río de la Plata	3	22.200
3	Dreyfus	2	20.000
4	Terminal 6	1	19.000
5	Bunge	4	15.700
6	Vicentin	3	12.050
7	Oleaginosa San Lorenzo	1	10.000
8	Aceitera General Dehesa	2	9.700
9	Oleaginosa Moreno	4	4.750
10	Nidera	2	4.200
11	Aceitera Chabas	1	4.000
Primeras 11 empresas		30	152.506

Fuente: IIE sobre la base de J.J Hinrichsen.

La industria posee una capacidad promedio de procesamiento de 167.543 toneladas por día de soja. Las primeras 11 empresas de la industria, concentran aproximadamente el 90 % de la capacidad instalada del país.

La distribución nacional de la industria aceitera se concentra en la provincia de Santa Fe. El acceso a las vías fluviales otorga una ventaja competitiva para la exportación. Esta es la principal razón por la que grandes empresas se ubican sobre el cordón up-river rosarino.

Cuadro 10.2: Distribución de las plantas de crushing en el país

Provincia	Nº de Plantas	Toneladas/día
Santa Fe	23	128,013
Buenos Aires	26	24,400
Córdoba	7	11,120
Entre Ríos	5	17,500
Chaco	1	1,000
Misiones	3	520
San Luis	1	400
La Pampa	1	300
Salta	1	40
Total	68	167.543

Fuente: IIE sobre la base de J.J Hinrichsen.

El perfil exportador de la industria aceitera es un componente estratégico para el desarrollo de los biocombustibles líquidos; y en particular para el desarrollo de biodiesel en base al aceite de soja.

10.1.2.2 Impacto de los biocombustibles sobre las economías regionales

Sin embargo la concentración industrial puede impactar sobre las economías regionales. Si la industria de procesamiento, la responsable de generar valor agregado, se concentra en un espacio geográfico determinado, puede existir una gran desigualdad territorial.

El desarrollo de un país federal requiere de una mejor distribución de las riquezas por sobre el territorio nacional. Las etapas más desarrolladas de la cadena de valor están vinculadas con productos diferenciados; que le permite tener un mayor poder de mercado. Los eslabones más avanzados de la cadena son los que generan mayor valor.

La concentración de la industria productora de biocombustible en un determinado espacio geográfico; influye en la redistribución territorial del valor generado.

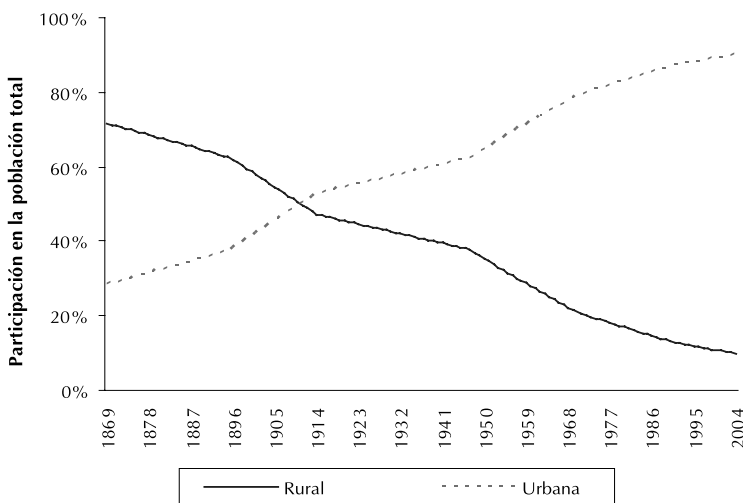
En otra dirección, para las economías regionales es muy importante la independencia energética. La misma contribuye a mejorar la eficiencia y la productividad de los negocios agropecuario. Actualmente existen restricciones energéticas. El consumo sobrepasa la oferta disponible. La posibilidad de continuar con el proceso productivo es una prioridad en los sistemas regionales; que a su vez deben afrontar las problemáticas de las pequeñas y medianas empresas. Hoy la independencia energética es una ventaja estratégica en las pymes.

En este contexto, se cree que el desarrollo de los biocombustibles a nivel regional es una prioridad en un modelo de desarrollo sostenible.

10.1.2.3 Impacto de los biocombustibles sobre la población rural

La concentración de la industria podría llevar a los pequeños productores ocupen una posición de proveedores de materia prima. La concentración de la demanda (exportadores, productores de biodiesel, etc) frente a una oferta atomizada, se refleja en un menor poder de negociación por parte de los productores agrícolas. Eso puede contribuir a menores precios percibidos por parte de los productores.

Gráfico 10.5: Evolución de la población rural y urbana como porcentaje de la población total Argentina



Fuente: IIE sobre la base de Orlando Ferreres y asociados.

A su vez, la población rural deberá enfrentar mayores precios en sus alimentos. La introducción de un nuevo componente de demanda por parte de los biocombustibles incrementa el precio de los granos impactando en última instancia en el de los alimentos. Si bien la proporción de la población rural sobre la población total viene disminuyendo, los biocombustibles deberían transformarse en una oportunidad y no en una amenaza para ellos.

Dentro del porcentaje de la población que vive en zonas rurales, la mayoría son trabajadores agrícolas y pequeños productores. Los biocombustibles deben constituir una oportunidad y no una amenaza para ellos.

La tecnología disponible en el mercado permite la producción de biodiesel en pequeña escala. De esta manera la población rural tiene la posibilidad de generar valor y llegar a una etapa más avanzada de la cadena. El productor agropecuario, responsable de trabajar la tierra y de asumir riesgos de precios y climáticos no debería ser excluido de la cadena de valor.

10.1.2.4 Impacto de los biocombustibles sobre el empleo

La bioenergía se produce a través de tecnologías intensivas en mano de obra en comparación a las tecnologías de generación de combustibles fósiles. Inclusive la producción a pequeña escala requiere de mayor mano de obra que la producción a gran escala.

La producción de biodiesel en pequeña escala es un proceso simple³; el cual puede ser llevado a cabo por personal no calificado. De hecho, las plantas de autoconsumo están diseñadas para ser mano de obra intensiva⁴.

10.1.2.5 Impacto de los biocombustibles sobre la biodiversidad

Uno de los riesgos más grandes de los biocombustibles es el impacto en la biodiversidad. El aumento de precios de los granos energéticos provoca una modificación de precios relativos entre los distintos cultivos. El cambio en los precios relativos reorienta las decisiones de inversión hacia los cultivos más rentables.

El problema aparece cuando existe una inversión dominante. En este caso los recursos se reorientan hacia un solo cultivo. El monocultivo tiene impactos muy negativos sobre la calidad de los suelos. Por lo tanto, la biodiversidad es un factor de gran importancia en un contexto de desarrollo sustentable.

Es importante lograr una rotación de cultivos. En la Argentina el desarrollo de la soja comienza a generar sus primeras consecuencias sobre los perfiles edáficos. La colza es una oleaginosa que debido a su ciclo en contra estación con la soja, comienza a ser una inversión rentable. Además, el desarrollo de este cultivo contribuye a la rotación de cultivos⁵.

Recuadro 10.3: El cultivo de la Colza

La colza es una oleaginosa de invierno. El desarrollo del cultivo inicialmente se vio como una alternativa productiva. El ciclo productivo de la soja no permitía un abastecimiento continuo de las plantas aceiteras. La colza era una alternativa para abastecer a las plantas procesadoras de oleaginosas en el mes de noviembre. Sin embargo, el silo bolsa y la gran expansión de la soja han permitido que la soja este disponible en todo momento.

Actualmente se ha retomado la discusión sobre la producción de colza. La Unión Europea (UE) produce biodiesel a partir de este cultivo. Para el año 2010 la UE debe reemplazar 5,75% de su consumo de gasoil por biodiesel. Según cálculos realizados por la Bolsa de Comercio de Rosario se deberán im-

³ Ver apartado 10.3.1.

⁴ Ver apartado 10.3.

⁵ Sobre este aspecto ver Capítulo 19.

portar 6 millones de toneladas de biodiesel para satisfacer el cupo impuesto. En el año 2006 Argentina exportó aproximadamente 6 millones de toneladas de aceite de soja. El país podría abastecer esas necesidades sin ningún problema.

Sin embargo, la UE tiene fuertes normas de calidad sobre los biocombustibles. Por esta razón la UE estaría dispuesta a importar aceite de palma o de colza. Este incremento en la demanda, dada la necesidad de importación del grano crea una perspectiva favorable para el desarrollo del cultivo.

La anterior no es la única razón por la cual la colza constituye una alternativa rentable. La semilla de colza tiene un 46% de aceite. El aceite de colza es de excelente calidad. En el caso de la semilla de colza, la transformación en harina y aceite aumenta aproximadamente un 50% el valor del producto final; contra un 30% aproximado de la soja. Inclusive el precio de la colza (\$1.150) es mayor al de la soja (\$800).

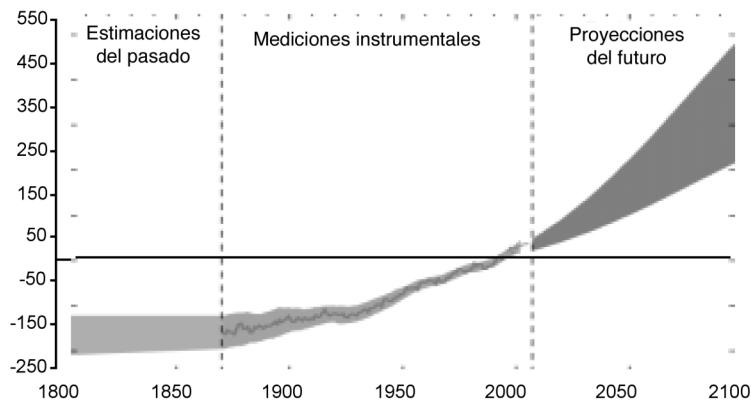
El problema con el cultivo es la falta de variedades adaptables a las condiciones agronómicas de Argentina y la falta de experiencia en el desarrollo del mismo.

10.1.2.6 Impacto de los biocombustibles sobre el cambio climático

El desarrollo de las energías verdes es sustentado por el impacto en el cambio climático. Las energías verdes contribuyen a controlar las emisiones de los gases del efecto invernadero, principal responsable del fenómeno de calentamiento global.

A través de los años la temperatura en el mundo ha ido aumentando. El Gráfico 10.6 refleja el impacto que el cambio climático tendrá en los próximos noventa años en el nivel del mar. Allí se puede observar el constante aumento verificado en el nivel de los océanos en los últimos años.

Gráfico 10. 6: Cambio en el nivel del mar. En milímetro. Período 1800-2100



Fuente: IIE sobre la base de EPA.

Una de las posibles causas de este fenómeno es el impacto del efecto invernadero. El efecto invernadero afecta al cambio climático, generando el fenómeno conocido como calentamiento global.

El uso de la biomasa moderna puede mitigar la emisión de gases que provocan el efecto invernadero. De hecho, un cuarto de las emisiones de gases surgen como consecuencia de los gases emanados en la

utilización del transporte. El estudio de los balances de los gases para cada uno de los cultivos es prioritario. Las emisiones de gases del efecto invernadero en un ciclo completo producido por la bioenergía varían ampliamente según los cambios en el uso de la tierra (biodiversidad), la elección de la materia prima, los procesos de reconversión o purificado.

10.1.3 El nuevo paradigma

Los biocombustibles líquidos pueden ser considerados sustitutos cercanos de los combustibles fósiles. En el caso particular de la nafta su sustituto a base de biomasa es el etanol, mientras que para el caso del gasoil su par es el biodiesel.

Dado el grado de sustitución, existe una relación estrecha entre el precio de los combustibles fósiles y el de los biocombustibles. La relación causal va desde el precio del petróleo hacia el precio de los biocombustibles. Mientras el precio del petróleo aumente, el precio del etanol y del biodiesel también aumentará (al ser sustitutos cuasi perfectos de la nafta y del gasoil respectivamente).

Desde esta hipótesis los aumentos del precio del petróleo terminan afectando el precio de los commodities utilizados para la producción de combustibles verdes. Como toda oferta, a medida que el precio del bien aumenta la cantidad que se desee ofrecer aumentará. Es decir, a medida que el precio del petróleo aumente también lo hará el precio del biodiesel y ello repercutirá en la cantidad que se desee ofrecer del mismo.

Eso se reinterpreta como una demanda adicional de los granos para la producción de energía. El antiguo paradigma no tenía en cuenta esta relación; ya que no existía una demanda de granos para producir energía.

El paradigma anterior tomaba como canal de transmisión el lado de la oferta. Como todo bien primario, la energía es un insumo importante de producción. Dentro de los costos de producción agrícolas se tienen los gastos de labranza, de siembra, de cosecha y los de aplicación de agroquímicos que se ven afectados por el aumento del combustible.

Los mercados agrícolas poseen una estructura sectorial similar a un mercado de competencia perfecta. En el esquema anterior si los precios no se ajustaban rápidamente, los márgenes disminuían contrayendo la oferta futura. La contracción de la oferta aumentaba los precios de la próxima campaña. Este era el canal de transmisión tradicional.

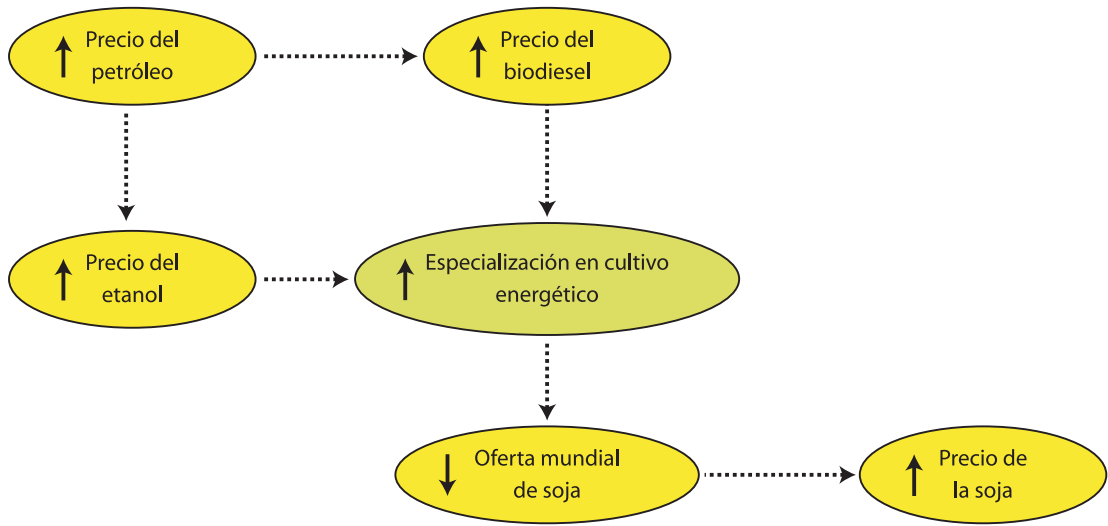
Sin embargo, con el advenimiento de los combustibles verdes hay que agregar los canales de transmisión por el lado de la demanda. El aumento de precio de los combustibles incrementa la oferta de biocombustibles, que a su vez aumenta la demanda del insumo utilizado.

Anteriormente, el aumento del precio del barril no desplazaba la demanda de granos. Los biocombustibles proporcionan un componente adicional a la demanda granaria. Sin embargo, no todos los granos o cultivos se ven beneficiados por la demanda para energía. La producción de biocombustible afectará únicamente la demanda de los cultivos denominados energéticos. De hecho, aún existiendo distintos cultivos energéticos en una determinada zona la demanda por parte de los biocombustibles se realizará en base al cultivo que tenga la ventaja competitiva.

A fin de describir este fenómeno se tomará como base el caso del biodiesel en base al aceite de soja y los efectos de la especialización de los Estados Unidos en la producción de etanol a base de maíz.

Los movimientos en el precio de los combustibles serán acompañados por igual comportamiento en el precio del etanol y del biodiesel. Es decir, si aumenta el precio de la nafta también se incrementará el precio del etanol. En la actualidad, la tendencia en el precio del barril se desplazará hacia el mercado de los combustibles. Con lo cual, es de esperar que aumente el precio tanto del etanol como el del biodiesel.

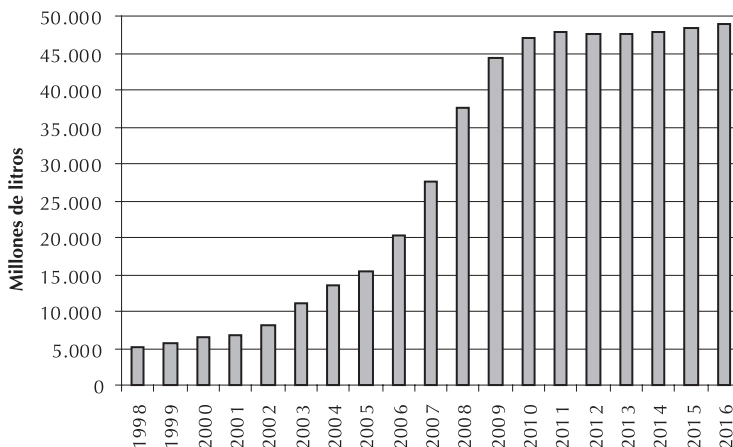
Esquema 10.3: Nuevo Paradigma



Fuente: IIE sobre la base de FAPRI.

En el caso de los Estados Unidos, la industria de los biocombustibles está concentrada en la producción de etanol a base de maíz. Esto se debe principalmente su matriz energética. De hecho, el sector de transporte utiliza en su mayoría la nafta. En los últimos años, la industria ha crecido a tasas elevadas y se espera un comportamiento similar en un futuro cercano.

Gráfico 10. 7: Evolución de la producción estimada de etanol en Estados Unidos

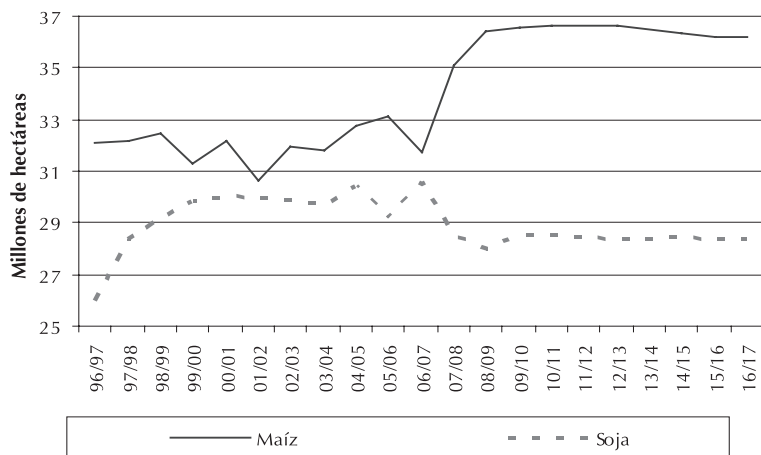


Fuente: IIE sobre la base de Fapri.

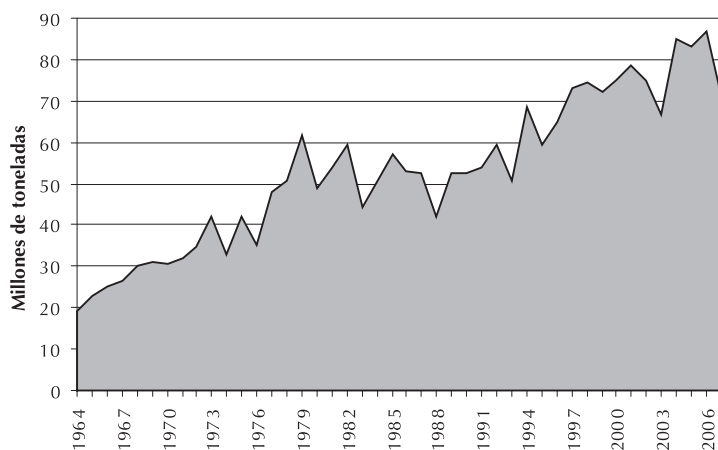
La tendencia en el sector del etanol impulsa la demanda de maíz. La cantidad de tierra disponible para la producción de maíz es fija en el corto plazo. El desarrollo del cultivo sólo será posible sustituyendo hectáreas dedicadas a otro cultivo. La soja es uno de los cultivos que tiene un ciclo similar al del maíz. De hecho, los suelos utilizados en la producción de maíz son compatibles con los requerimientos edáficos⁶ para la producción de soja.

Bajo este análisis es de esperar que exista una redistribución de hectáreas a favor del cultivo energético que tenga las ventajas competitivas.

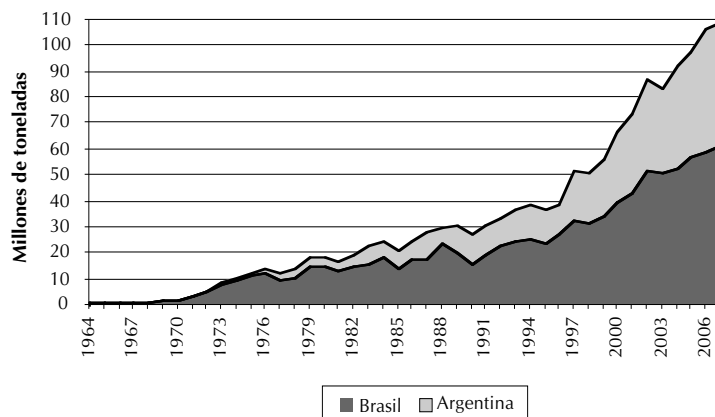
⁶ Relativo al suelo.

Gráfico 10. 8: Evolución de las hectáreas sembradas reales y estimadas de maíz y soja en Estados Unidos

Fuente: IIE sobre la base de Fapri.

Gráfico 10. 9: Evolución de la producción de Soja en Estado Unidos

Fuente: IIE sobre la base de PSD-online.

Gráfico 10. 10: Evolución de la producción de soja en Argentina y Brasil

Fuente: IIE sobre la base de PSD-online.

La reducción de las hectáreas dedicadas a la producción de soja, disminuirán la toneladas producidas en los Estados Unidos. Si bien la proyección prevé a mediano plazo una brecha significativa, las consecuencias de este proceso comienzan a evidenciarse.

Para la campaña 2007-2008 se espera que la producción de soja en EE.UU. disminuya de 86,77 millones de toneladas a 70,70 millones. El cambio de tendencia se relaciona con la especialización en la producción de etanol a base de maíz. La sustitución de cultivos ha provocado una caída del 18,51% en la producción de soja de los Estados Unidos.

En el caso de Argentina, la producción de biocombustible se podrá realizar a través de la utilización de la soja. A diferencia de los Estados Unidos que realiza biocombustible en base al maíz. La magnitud de las especializaciones determinarán si existe o no una reducción en la oferta mundial. Ya que el crecimiento del cultivo por ejemplo en Argentina puede compensar la reducción en los Estados Unidos.

Los tres grandes productores de soja en el mundo son Estados Unidos, Brasil y Argentina. En suma la producción de estos países alcanza un 83% de la producción mundial. Las modificaciones que se produzcan

en estos mercados, afecta la oferta mundial. Para la campaña 2007-2008 se espera que la producción de soja disminuya en un 6%. Por lo tanto, los aumentos esperados de esta campaña en Argentina y Brasil no podrán contrarrestar la reducción esperada en la producción norteamericana.

Cuadro 10.3: Producción mundial de soja

Campaña	Millones de Toneladas
2000-2001	175.771
2001-2002	184.831
2002-2003	196.789
2003-2004	186.531
2004-2005	215.689
2005-2006	220.438
2006-2007	235.773
2007-2008	220.994

Fuente: IIE sobre la base de PSD-online.

La reducción en la oferta mundial de soja aumentará el precio de la oleaginoso. El efecto final en el precio deberá computar el incremento en la demanda del cultivo para la producción de biodiesel.

En suma, la relación entre el mercado del petróleo y el mercado agrícola es más fuerte en la actualidad.

Esto se debe al vínculo que

existe tanto por el lado de la oferta (antiguo paradigma) como por el lado de la demanda (nuevo paradigma). El cambio estructural que produce el fenómeno de los biocombustibles, contribuye inexorablemente a un aumento en el precio de los granos energéticos.

10.2 El presente y futuro de los Biocombustibles en Argentina

El día 19 de abril del año 2006 se sanciona la ley 26.093. Esta ley describe el régimen de regulación y promoción para la producción y uso de los biocombustibles. El principal objetivo de la ley es diversificar la oferta de energía, a fin de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y también promover el desarrollo de las áreas rurales a través de la generación de valor.

10.2.1 Aspectos de la Ley 26.093

En la ley se distinguen dos capítulos. Uno dedicado a las regulaciones generales de producción, comercialización y uso sustentable de los biocombustibles; y otro en donde se detalla el régimen promocional que alcanza la actividad.

10.2.1.1 Capítulo I: Regulación de carácter general relativa a la producción, comercialización y uso de los biocombustibles en el territorio nacional

El régimen tendrá una vigencia de 15 años a partir de su aprobación.

Se establece una Autoridad de Aplicación (AA); que será la Secretaría de Energía. En cuestiones de índole tributaria o fiscal la AA será el ministerio de Economía y Producción.

Serán funciones de la Autoridad de Aplicación:

- Promover y controlar la producción de biocombustible.
- Establecer las normas de calidad.
- Establecer los requisitos y condiciones necesarios para la habilitación de las plantas.
- Calcular anualmente la cantidad de biocombustible necesaria para proceder a la mezcla.
- Determinar las cuotas de distribución de la oferta de biocombustible.

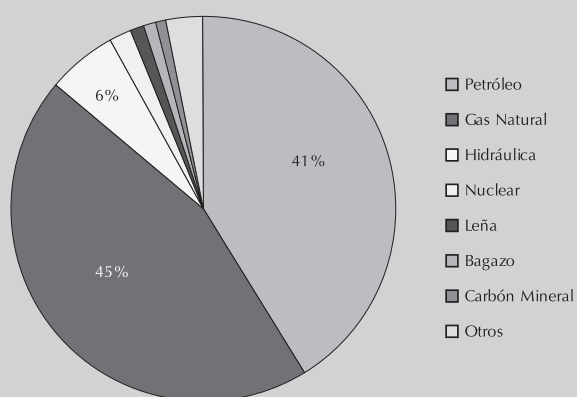
- Determinar los precios aplicables a la entregas de biocombustibles necesarios para cubrir la cuota obligatoria
- Determinar y modificar los porcentajes de participación de biocombustibles en cortes con gasoil y nafta

Los artículos 7 y 8 establecen que a partir del año 2010, el gasoil o diesel oil, que se comercialice dentro del territorio nacional deberá ser mezclado con “biodiesel”, en instalaciones autorizadas, en un porcentaje que –como mínimo- deberá alcanzar el 5% medido en términos del producto final. Idéntica obligación y plazos regirá respecto al “bioetanol” y las naftas.

Recuadro 10.4: Corte obligatorio

La matriz energética primaria de Argentina se caracteriza por una alta participación del petróleo y el gas natural como fuente de energía. Si bien en generación eléctrica las fuentes son principalmente la energía hidráulica y térmica (diesel más gas), la matriz primaria incluye todos los tipos de consumo de energía (incluye consumo domiciliario, para transporte particular, calefacción, etc.).

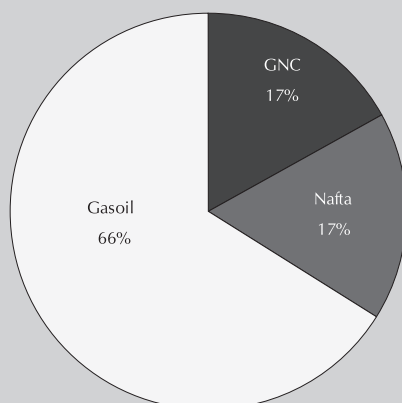
Gráfico 10. 11: Matriz energética Argentina



Fuente: IIE sobre la base de Secretaría de Energía.

Del consumo particular de combustibles fósiles, el gasoil es el que posee la mayor participación. La principal razón es el elevado nivel de consumo por el sector de transporte.

Gráfico 10.12: Participación en el uso de Combustibles



Fuente: IIE sobre la base de Secretaría de Energía.

Según la SAGPyA el consumo proyectado de gasoil para el año 2010 alcanzaría los 13.800 millones de litros. Con la implementación del 5% del uso obligatorio, la cantidad necesaria para la cota sería 685 millones de litros de biodiesel. Cada litro de biodiesel tiene un peso de 0,876 kilos. Con lo cual, los 685 millones de litro son equivalente a 600 mil toneladas.

Inmediatamente surge la pregunta si el país puede abastecer el cupo o si tendrá que importar biodiesel. Sólo en proyectos de tamaño pequeño Argentina tiene una capacidad instalada de 430 mil toneladas de biodiesel. Más aún, la inversión en el sector ha crecido en el presente año.

En el caso de la nafta; el consumo proyectado para el año 2010 alcanzaría los 4.000 millones de litros. La cantidad que debería producirse para la cota es de 200 millones de litros de etanol. El etanol tiene menor peso que el biodiesel. De hecho, un litro de etanol tiene un peso de 0,8 kilos. Los 200 millones de litros serían equivalentes a 160 mil toneladas. Los proyectos de etanol se reservan para las provincias con ingenios azucareros. Tucumán, Salta y Jujuy son las tres provincias de mayor potencial para la producción de etanol. Según un informe privado la capacidad productiva de la industria alcanza los 1,5 millones de litros diarios.

El cupo establece que el 1 de enero del 2010 la nafta deberá ser mezclada con el 5% de etanol. Para ese año se proyecta un consumo de 200 millones de litros. Mientras que la capacidad proyectada para esa época sería de 400 millones de litros. Es decir que los Ingenios tendrán 200 millones de excedentes que pueden ser exportados.

Todos los sujetos que realicen actividades de producción, mezcla y comercialización de Biocombustibles, promocionados o no, deberán obtener la autorización previa de la Secretaría de energía para funcionar. Las plantas de producción, mezcla y almacenaje de biocombustibles que no cuenten con autorización serán consideradas “clandestinas”

Para obtener la habilitación deberán atender a lo siguiente:

- 1) Registrarse ante la AA.
- 2) Cumplir con la normativa técnica que establezca la AA, relativa a seguridad y medio ambiente, y aquella relacionada con la aptitud del proceso para obtener el producto.
- 3) La habilitación de las plantas no se otorgará hasta tanto se encuentre garantizado el proceso de producción, se verifique que las instalaciones sean las presentadas y se certifique la calidad del producto.

Sólo se aprobará la exportación de combustibles realizada por empresas debidamente registradas.

10.2.1.2 Capítulo II: Régimen promocional

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.

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. Si se trata de cooperativas, que sus socios se dediquen mayoritariamente a la producción de materias primas agropecuarias.

Las sociedades que se constituyan para acceder a los beneficios promocionales se inscribirán en un capítulo particular del Registro de Empresas Petroleras a establecer por la AA, previa demostración de capacidad técnica y económica financiera según las pautas que al respecto se determinen.

No podrán acogerse al régimen aquellas sociedades cuyos directores, administradores, síndicos o gestores se encuentren condenados por evasión impositiva. Tampoco podrán acceder aquellas personas que tengan deudas firmes de orden impositivo, previsional o aduanero; ni quienes estén sometidos a procesos de concurso preventivo o quiebra.

El cupo fiscal se asignará priorizando las pymes, los productores agropecuarios y las economías regionales. Con lo cual el ordenamiento se realizará en función del volumen de venta, de la actividad del productor (mayoritariamente destinada a la agricultura), y por último de la ubicación del proyecto. Con respecto a este último punto, no se explicita que zonas serán las más favorecidas.

10.2.1.2.1 Los sujetos beneficiarios

Los sujetos beneficiarios gozarán de los siguientes beneficios durante la vigencia establecida:

Se garantiza a los sujetos promovidos que las instalaciones autorizadas a realizar las mezclas adquirirán los biocombustibles hasta agotar su producción disponible a los precios que establezca la AA. Se podrán fijar cuotas de distribución entre PyMEs con una concurrencia no menor al 20% de la demanda total.

Por medio de organismos del Poder Ejecutivo Nacional se promoverán: los cultivos destinados a la producción de biocombustibles que favorezcan la diversificación del sector agropecuario, la adquisición de bienes de capital por parte de las PyMEs y la investigación y transferencia de tecnología a favor de estas últimas.

Quienes obtengan el beneficio promocional deberán comercializar en el mercado interno la totalidad de su producción de biocombustibles para la mezcla con combustibles fósiles a partir del momento en el que el corte resulte obligatorio. Si por razones de demanda hubiera excedentes la AA podrá autorizar otros destinos pero los volúmenes así comercializados no gozarán de los beneficios promocionales del régimen.

10.2.2 Los nichos de mercado

La ley nacional de biocombustible genera tres nichos diferentes de mercado. Uno con destino a la exportación, otro orientado al corte obligatorio y por último el de autoconsumo.

10.2.3 El nicho orientado a la exportación

La industria orientada a la exportación se desarrollará en las inmediaciones de Rosario. Las ventajas estratégicas del up-river rosarino constituye la principal razón para la localización en esta zona.

Cuadro 10.4: Inversiones en plantas de gran tamaño

Provincia	Monto
Santa Fe	370
Santiago del Estero	64
Buenos Aires	57
San Luís	40
Salta	25
Corrientes	13
No determinado	50
Total	619

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

pacidad productiva nacional. Estas plantas tienen un promedio de 169 mil toneladas de biodiesel anuales⁸. Considerando que funcionan los 256 días hábiles del año, la producción promedio diaria es de aproximadamente 753 mil litros.

Cuadro 10.5: Distribución de la capacidad instalada

Provincia	Tn / Año	N� de Plantas	Toneladas/año
Santa Fe	2.130.000	11	193.636
Santiago del Estero	500.000	2	250.000
Buenos Aires	250.000	2	125.000
San Luís	100.000	1	100.000
Salta	100.000	1	100.000
Corrientes	100.000	1	100.000
No determinado	200.000	2	100.000
Total	3.380.000	20	169.000

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

Cuadro 10.6: Ranking de las empresas de mayor escala

N�	Empresa	Ubicación	Toneladas/año
1	Citrusvil	Taboada	400.000
2	Dreyfus	Timbúes	300.000
3	West Central	Murphy	300.000
4	AGD-Bunge	Terminal 6	250.000
5	Vicentin-Glencore	San Lorenzo	240.000
6	Oil Fox	San Lorenzo	240.000
7	TPR Term. Pto Rosario	Gran Rosario	200.000
8	Raiser- Enarsa	Timbúes	200.000
9	Greenlife	Cangrejales	150.000
10	Repsol- YPF	San Lorenzo	100.000

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen

Las inversiones en el sector se encuentran concentradas en la provincia de Santa Fe⁷, alcanzando aproximadamente el 60% sobre el total nacional.

En cuanto a la capacidad productiva, sigue siendo Rosario el núcleo productivo. Con once plantas distribuidas principalmente en San Lorenzo, la provincia concentra el 63% de la ca-

De los proyectos presentados y/o en marcha, el de Citrusvil es el de mayor capacidad instalada. Este proyecto de 38,8 millones de dólares es un proyecto ambicioso, ya que prevé alcanzar las 400 mil toneladas anuales de producción.

Del ranking de las empresas con mayor capacidad excepto los proyectos de Greenlife y el de Citrusvil, todos los demás se localizan en el up-river del Par n .

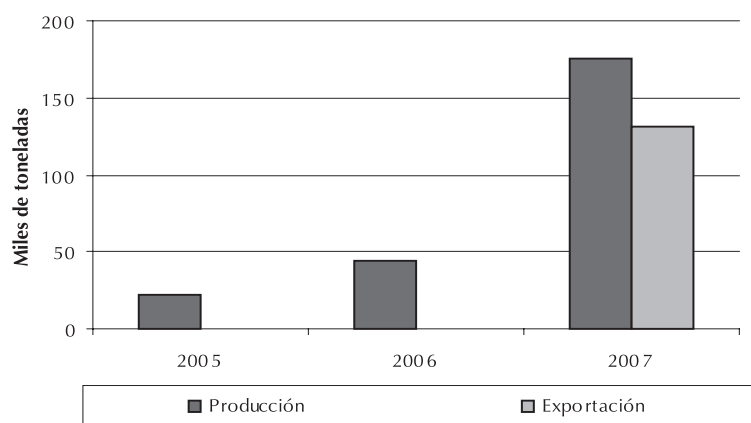
Según datos presentados en el anuario de Hichrsen del año 2007; para el año 2010 se espera que Argentina exporte 1 millón de toneladas de biodiesel frente a un consumo de 10 millones solamente en la Unión Europea.

⁷ Los datos de inversiones fueron tomados del anuario estadístico de Hinrichsen correspondiente al año 2007. Los datos corresponden a inversiones realizadas y a proyectos que se encuentran en etapa de estudio.

⁸ La industria de crushing en Rosario posee una capacidad de procesamiento aproximada de 167.543 toneladas por día.

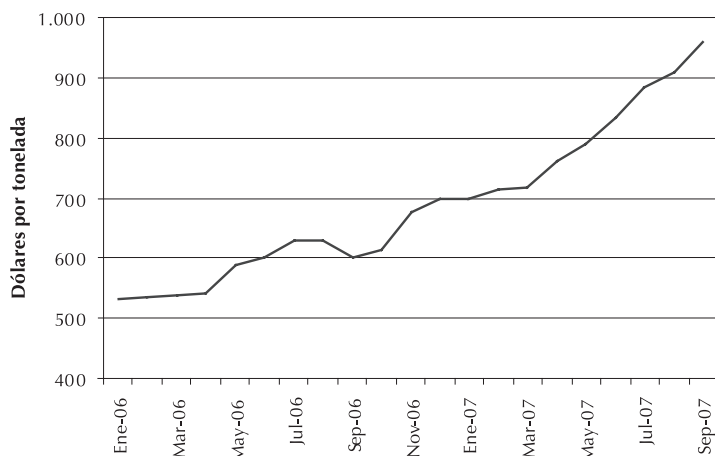
Según un informe de SAGPyA, la Argentina exportó en el período abril–agosto del presente año 46,3 mil toneladas de biodiesel. Obteniendo por estas 35,28 millones de dólares. Es decir US\$ 760 la tonelada.

Gráfico 10. 13: Producción y exportación de biodiesel en Argentina



Fuente: IIE sobre la base de USDA.

Gráfico 10. 14: Evolución del precio externo del aceite de soja



Fuente: IIE sobre la base de CIARA.

biocombustibles. Los derechos a la exportación al aceite de soja (24%) son hoy mayores que el del biodiesel (5%). Además, al exportar biodiesel se obtiene un reintegro del 2.5% de las retenciones.

10.2.4 Los nichos del corte obligatorio y de autoconsumo

La obligación que impone la ley, requiere para el año 2010 la producción de 600 mil toneladas por año. Es muy fácil completar el cupo si se les permite a estas empresas ingresar al nicho del corte. Pero como se observa en la lista, la gran mayoría de estas empresas son exportadoras de cereales. Con lo cual se corre el riesgo de oligopolizar el mercado de los biocombustibles, y convertir a los productores en meros proveedores de materias prima.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) estima que la exportación Argentina de biodiesel en el año 2007 será de 131,4 mil toneladas. Si esta cantidad se vende al precio promedio de US\$760 se obtiene un monto de aproximadamente 100 millones de dólares.

La información obtenida de la oficina de comercio exterior de Senasa afirma que la tonelada de aceite de soja se ha vendido a un precio promedio de US\$645 la tonelada. La diferencia de precios es el principal elemento de decisión en la industria exportadora.

Sin embargo, al mes de octubre de 2007 el precio internacional del aceite de soja crudo por tonelada ha superado ampliamente los US\$760.

Aún cuando el precio del aceite de soja sea mayor que el precio del biodiesel; existe otro argumento a favor de la exportación de

Como se menciona con anterioridad, en la ley se establece que sólo pueden abastecer el cupo aquellas organizaciones cuyo capital social mayoritario (51%) sea del estado o de productores agrícolas. Por lo tanto, se establece el nicho del corte como un nuevo segmento de mercado cautivo para los productores agrícolas, las cooperativas agrícolas, el estado nacional o los estados municipales, provinciales.

Se considera a este mercado como un complemento del mercado de exportación y no un competidor del mismo. La gran incógnita de este mercado es el precio del producto final. La Autoridad de Aplicación (Secretaría de energía) debe fijar el precio al cual se comercializará el biodiesel. Es por ello que muchas inversiones no han sido llevadas a cabo. La imposibilidad de construir un flujo de caja, no permite evaluar la inversión. Las decisiones de inversión se producirán a medida que se avance sobre los aspectos normativos.

En la actualidad existen aproximadamente 25 proyectos de plantas de pequeña y mediana escala en etapa de estudio y/o funcionamiento.

Cuadro 10.7: Número de proyectos de pequeña y mediana escala

Provincia	Nº de Proy.
Buenos Aires	10
Santa Fe	8
Entre Ríos	3
San Luís	1
Jujuy	1
Chaco	1
Córdoba	1
Total	25

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

Cuadro 10.8: Ubicación de los proyectos en Buenos Aires

Empresa o Titular	Ubicación
Bionerg	Chacabuco
Escuela Agropecuaria	Tres Arroyo
Grutasol Petroleo S.A	Villa Astolfi
Biocomb. Tres Arroyos	Tres Arroyo
Nameco	Villa Bosch
Acopio Soracco & IBQ	9 de julio
Agroindustria Madero	Villa Madero
Advanced Organic Mats	Pilar
Cremer y Asociados	Dock Sud

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

El Cuadro 10.7 parece reflejar una concentración geográfica importante. Sin embargo, las empresas se encuentran dispersas en muchas localidades dentro de una misma provincia. Por ejemplo en el caso de la provincia de Buenos Aires posee la siguiente distribución.

A diferencia de la industria de exportación en los nichos de autoconsumo y los orientados al corte no existe una localización estratégica dominante. La ubicación de estas plantas está relacionada con el mercado de destino y en el caso de las del corte con la localización de las refinerías.

Se considera que el nicho del cupo será un mercado cautivo que otorgará buenos beneficios a los productores. Por ello, mucho

de los productores han comenzado a producir biodiesel para llegar al momento del corte obligatorio (1 de enero de 2010) con la experiencia necesaria para ofrecer un combustible que cumpla con las normas de calidad.

A fin de clasificar proyectos con orientación a los distintos mercados (corte y autoconsumo), se realizó una subdivisión dentro de la clasificación pequeña y mediana escala. A las plantas de capacidad menor a 10.000 toneladas año se las agrupará en el grupo de autoconsumo; mientras que a las plantas de 10.000 toneladas anuales o mas se las llamará de corte.

Cuadro 10.9: Proyectos de mediana escala u orientados al corte obligatorio

Empresa o Titular	Ubicación	Provincia	Toneladas/año
Bio Fe S.A	Esperanza	Santa Fe	10.000
Ricedal	Chabas	Santa Fe	10.512
Biocom	Alvear	Santa Fe	40.000
Pitey S.A	Villa Mercedes	San Luís	60.000
Química nova S.A	Caimancito	Jujuy	10.000
Grutasol Petroleo S.A	Villa Astolfi	Buenos Aires	10.000
Biodiesel S.A	Sancti Spiritu	Santa Fe	24.000
Oil Fox S.A	Chabas	Santa Fe	10.000
Acopio Soracco & IBQ	9 de julio	Buenos Aires	20.000
Agroindustria Madero	Villa Madero	Buenos Aires	10.000
Seon Group	Sancti Spiritu	Santa Fe	24.000
Advanced Organic Mats	Pilar	Buenos Aires	40.000
Cremer y Asociados	Dock Sud	Buenos Aires	50.000
Goldaracena	Guaeguaychu	Entre Ríos	40.000
AFA	Los Cardos	Santa Fe	40.000

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

En suma estos proyectos podrían producir aproximadamente 400 mil toneladas anuales, y tienen una capacidad promedio anual de 26.500 toneladas.

En otra dirección se encuentra el nicho de autoconsumo. En un primer momento el sector de autoconsumo fue una propuesta para poner un techo al precio del gasoil. Pero el comportamiento de los precios internacionales de los commodities agrícolas y la política subsidiaria del estado hacia los combustibles fósiles, hizo que el argumento perdiera relevancia.

En la actualidad el tema de los biocombustibles para autoconsumo vuelve a ser un tema de importancia, sin embargo la razón por la cual se reanudó el debate es distinta.

Según diversos analistas la Argentina se aproxima hacia una posible crisis energética. El acelerado crecimiento del país no se encuentra compensado con inversiones que expandan la oferta energética. En el corriente año, la falta de gasoil condicionó las labores agrícolas. La prioridad en los productores es llevar adelante su proceso productivo.

En este contexto, la producción para autoconsumo puede ser vistas como una ventaja competitiva de los productores agrícolas. Ya que les permite continuar con su producción y no detenerla por falta de combustible.

Cuadro 10.10: Proyectos de pequeña escala o de autoconsumo

Empresa o Titular	Ubicación	Provincia	Toneladas/año
Bionerg	Chacabuco	Buenos Aires	1.400
Recomb	Arroyo Seco	Santa Fe	7.260
Escuela Agropecuaria	Tres Arroyo	Buenos Aires	105
Biocomb. Tres Arroyos	Tres Arroyo	Buenos Aires	1.752
Nameco	Villa Bosch	Buenos Aires	105
Vialidad de Entre Ríos	Paraná	Entre Ríos	263
N.N Parque Industrial	Tres Arroyo	Buenos Aires	5.000
Bio Faa	Seis Proyectos	Córdoba	4.205
Hector Bolzán	Aldea Maria Luisa	Entre Ríos	5.256
Pymes del Chaco	Dispersos en Chaco	Chaco	6.300

Fuente: IIE sobre la base de Hinrichsen.

Es importante que el Estado contemple al autoconsumo dentro del marco de la ley, para que no sea una actividad marginal. De esta manera si avanzaría sobre el desarrollo de los biocombustibles en un marco de sostenibilidad. Nuestro interés en el presente capítulo es describir el funcionamiento de plantas destinadas a autoconsumo. Se tratará de reflejar la posibilidad técnica y económica de producir biodiesel en pequeña escala.

Del Cuadro 10.10 se analizará el proyecto BIO FAA (BF), por ser el único proyecto de autoconsumo de la provincia de Córdoba⁹. Se considera a este proyecto como el pionero en la producción de biocombustible en lo que respecta a la provincia de Córdoba.

10.3 La producción para autoconsumo. El proyecto BIO FAA

Por autoconsumo se entiende aquel consumo final de bienes y servicios realizado por el propio productor. Las plantas de autoconsumo tienen por finalidad abastecer a los productores de combustible. La necesidad de una fuente alternativa de combustible permite a los productores obtener una ventaja estratégica debido a la independencia que les proporciona.

El proyecto aquí descrito será una versión resumida y simplificada del proyecto real. A los fines del capítulo se desea reflejar los grandes rasgos del proyecto y no un examen exhaustivo de los aspectos particulares del mismo.

Recuadro 10.5: La génesis del proyecto BIO FAA

En los comienzos de los años 90 el Centro de Investigaciones en Tecnología Láctico Carnicás (Citelac) perseguía el objetivo que le dio origen; la transferencia de tecnología hacia pymes. Su desafío era brindar asesoramiento a pequeñas empresas que no podían acceder a determinado conocimiento, debido a los umbrales mínimos de conocimiento científicos necesarios para la adquisición de tecnología avanzada.

En esos años en una gira por Italia los promotores del Citelac observan la posibilidad de obtener combustibles líquidos a través de cultivos denominados energéticos. Sin embargo, en el año 1994 las condiciones económicas y la realidad del país hicieron que el proyecto no prosperara más allá de la mente de los descubridores.

⁹ Cabe aclarar que cada proyecto puede tener diversas plantas en funcionamiento. Este es el caso del proyecto BF, como así también el de pymes del Chaco.

Desde los años 70, el desarrollo de la soja sigue una tendencia exponencial. Rápidamente el cultivo aumenta su participación en la producción acaparando una gran cantidad de hectáreas y desplazando a los demás (ej: maíz). Ante la posibilidad del monocultivo y las potenciales consecuencias del mismo Federación Agraria toma la problemática y comienza a desarrollar la idea de sistemas sustentables de producción agrícola. Una de las acciones que lleva adelante es promover cultivos alternativos todavía no desarrollados. La colza como oleaginosa de invierno que no compete con la soja comienza a ser una opción que despierta interés entre los productores.

En la búsqueda de beneficios del cultivo descubren la posibilidad de generar combustibles a través de la utilización de su aceite. Es por ello que Federación Agraria comienza a relacionarse con la Universidad Tecnológica de Villa María que por medio de Citelac poseía el conocimiento científico para llevar a cabo el proceso.

Sin embargo, hasta ese momento no contaban con una planta industrial que realice la transformación del aceite en Biodiesel. A la hora de tomar la decisión sobre que metalúrgica iba a construir la planta productora, se deciden por contactar a la empresa IMEGEN. Ya que la misma contaba con larga historia en la industria y además era dueña de una excelente reputación en cuanto a la prestación y calidad de sus productos.

De la colaboración de las tres Instituciones nace el proyecto BF que consta de plantas modulares de generación de biodiesel en base a aceites vegetales y animales. Entregando de manera simple y práctica un diesel de alta calidad y brindando una solución de dependencia energética para los productores.

Las plantas del proyecto BF tienen una capacidad de 4.000 litros diarios de biodiesel. Del análisis técnico surge que para obtener los 4.000 litros de biodiesel se necesitan aproximadamente 17 toneladas de soja o 10 tn de colza por día.

Anualmente la planta tiene una capacidad de 800 mil litros. La capacidad de molienda anual es de 3,5 mil toneladas de soja y 2,0 mil toneladas de colza. A fin de abastecer esta cantidad es necesario sembrar 973 hectáreas de soja o 1.335 hectáreas de colza.¹⁰

Cuadro 10.11: Análisis de alternativas productivas

Cultivo	toneladas por día	toneladas por día	hectáreas a sembrar	hectáreas con riego
Soja	17,52	3.504	973	701
Colza	10,01	2.002	1.335	572

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

En el caso de la utilización de riego es necesario producir menos hectáreas de colza que de soja. La principal razón por la que se produce esto, es el alto contenido de aceite que posee la semilla de Colza¹¹.

Según la Universidad Tecnológica de Villa María (UTNVM), el consumo promedio de combustible en las labores de siembra por hectárea es de 50 litros. Con la producción anual de biocombustible se puede abastecer de combustible la siembra de 16.000 ha.

La planta del proyecto BF está compuesta por dos módulos. El primero, la extractora de aceite y el segundo es la planta productora de biodiesel. El siguiente punto explica en forma resumida cual es el proceso de transformación del aceite vegetal hacia el biodiesel.

¹⁰ Para el análisis se partió del supuesto de un rendimiento promedio de 1,5 toneladas por hectárea en colza y 3,5 toneladas por hectárea en soja.

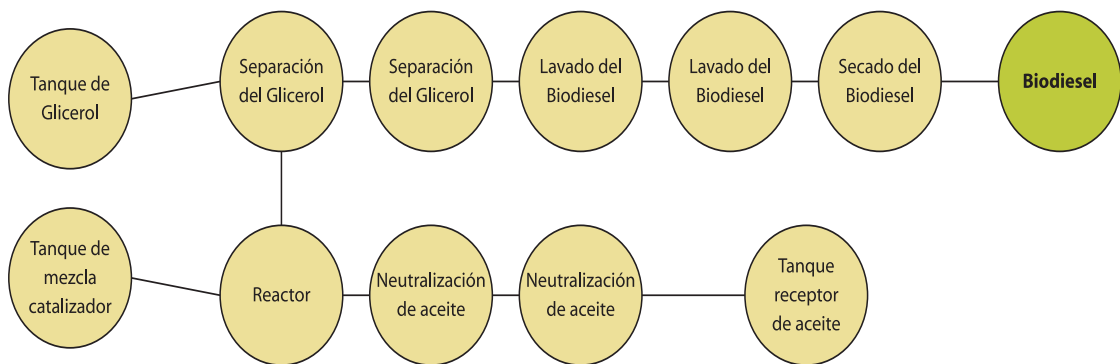
¹¹ El porcentaje de aceite de la semilla de colza es de 35% en comparación con el 20% de la semilla de Soja.

10.3.1 El proceso de obtención del Biodiesel

El proyecto BF está orientado a la obtención de biodiesel mediante un proceso de producción de batch. El diseño de la planta, permite obtener un proceso continuo mediante la duplicación de ciertos tanques. Es decir, la planta produce 500 litros cada tres horas. Este proceso se repite unas 8 veces en el día, con lo cual termina produciendo 4.000 litros diarios.

El biodiesel surge de una reacción química denominada transesterización. Los aceites son triglicéridos, es decir tres cadenas moleculares largas de ácidos grasos unidas a un alcohol trivalente, el glicerol. Si el glicerol es remplazado por el metanol, se obtiene tres moléculas más cortas del ácido graso metiléster. El glicerol desplazado se recupera como subproducto (glicerina) y las cadenas de ácido graso separadas constituyen el Biodiesel.

Esquema 10.4: Proceso del biocombustible



Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

El aceite ingresa a la planta productora de biodiesel y se almacena en un tanque denominado pulmón de aceite.

Del proceso de prensado se obtiene un aceite con un alto nivel de acidez. La acidez del aceite produce jabones. Los jabones no permiten obtener un biodiesel de alta calidad. Por lo tanto antes de hacer reaccionar el aceite se debe neutralizar el pH del aceite. Mediante la estandarización del aceite se aísla los jabones.

El jabón resultante es el primer subproducto que se obtiene del proceso. Existe la posibilidad de industrializarlo y formar pastillas de jabón. Sin embargo, los volúmenes obtenidos de una sola planta son muy pequeños y no hace rentable el tratamiento de este subproducto.

Una vez neutralizado el aceite se lo envía hacia el reactor. En el reactor se eleva la temperatura del aceite. A la vez en otro tanque se prepara la mezcla del catalizador (soda cáustica) con el metanol. El metanol es el responsable del proceso de transesterización.

Cuando el aceite ha tomado temperatura en el reactor se introduce la mezcla. Mediante la ayuda de un agitador se mezclan los componentes produciéndose la transesterización. El resultado de la reacción es una composición de 80% de biodiesel (sucio) y un 20% de glicerol más impureza.

A fin de separar el biocombustible del glicerol se deja reposar la composición y a través de decantación se libera el glicerol e impurezas. Un posible segundo subproducto del proceso es la glicerina. En la actualidad se conocen 1.600 usos de este producto. Los volúmenes obtenidos de glicerol no justifican una nueva inversión para la purificación del mismo a fin de conseguir un producto de alta calidad. Actualmente el subproducto termina vendiéndose en el mercado local a un precio inferior al que podría obtenerse en caso de purificarse.

¿Se pierde un 20% del aceite introducido para obtener biodiesel? La respuesta es no. Hay que tener en cuenta que al aceite se le ha agregado la mezcla del catalizador con la soda cáustica. La proporción en que se adiciona es justamente 5 de aceite a 1 de mezcla.

Una vez separado el glicerol es necesario neutralizar el nivel de acidez del biocombustible. En la transesterización se disolvió catalizador en el aceite, elevando el Ph del biocombustible. A fin de disminuir el nivel se lava el diesel con agua. Como resultado se obtiene un bio limpio pero ahora posee un contenido de agua mayor al requerido por las normas de calidad.

Para disminuir la composición de agua se realiza un proceso de secado. En el caso de las plantas BF, se utiliza un secado por calentamiento. El resultado de todo este proceso es un combustible de alta calidad.

El proceso aquí descrito refleja la factibilidad técnica de producir biodiesel. En los próximos apartados se tratará de llegar a una aproximación de la factibilidad económico-financiera del proyecto.

10.3.2 Una aproximación hacia la inversión en biodiesel

La evaluación económica de un proyecto no debe ser interpretada como una guía de decisión, sino como una fuente más de información. En los procesos de decisión existen razones cualitativas o cuantitativas que no son medidas en los proyectos. La siguiente inversión, trata de incorporar la visión empresarial del productor agropecuario. Sin embargo, no es un análisis real de todo el proyecto sino mas bien una aproximación a los fines del capítulo.

10.3.2.1 Inversiones iniciales

Como se mencionó anteriormente la planta de biodiesel está compuesta por dos módulos. Una planta extractora de aceite y una planta de transesterización.

La planta extractora tiene un costo de \$782 mil más IVA. En el análisis se considera una vida útil de 10 años. Esta planta fue diseñada por industria GENTILI y tiene una capacidad de procesamiento de 30 toneladas diarias. Sin embargo, a los fines del proyecto se tomará como capacidad de molienda únicamente las toneladas de granos para producir los 4.000 mil litros diarios. La planta extractora de aceite incorpora un tanque de acopio de 50 mil litros.

La planta productora de biodiesel tiene un costo de \$417 mil más IVA. Por convención se supondrá el mismo período de depreciación.

Las plantas se construyen entre 90 y 120 días. Una vez entregadas la instalación se realiza en 10 o 15 días. Las plantas son “llave en mano” y culminan con la capacitación del ingeniero Roger Illaños; responsable del diseño de la planta. El ingeniero Illaños explica el funcionamiento de la planta y brinda asesoramiento sobre la optimización del proceso productivo.

A la inversión de las plantas se le debe adicionar el gasto en infraestructura la infraestructura necesaria. La planta tiene un tamaño de 20 metros por 20 metros, es decir 400 metros².

Según la gerencia de estadísticas y sensores de la provincia de Córdoba el costo promedio por metro² de una vivienda unifamiliar de 75,7 metros², es de aproximadamente \$1.262. Dada las características de la construcción requerida el costo promedio por metro² se supondrá en la mitad de este valor. La vida útil de la construcción se estima en 50 años.

A su vez, la inversión en infraestructura debe tener en cuenta el terreno sobre el que se construirá. En el análisis se supuso un terreno de 40 metros por 30 metros, con un costo promedio de \$200 mil.

Un componente de importancia en el proyecto BF, es la inversión en capital de trabajo.

El método de cálculo para el capital de trabajo es el del período de desfase. Este método calcula la inversión en capital de trabajo como la cantidad de recursos necesarios para financiar los costos de operación desde que se inician los desembolsos hasta que se recuperan. Por ello, toma el costo promedio diario y lo multiplica por el número de días de desfase:

$$ICT_0 = \frac{CA}{200} * n \quad (10.1)$$

La Ecuación 10.1 toma como referencia el costo anual de operación, y lo divide por 200 días de funcionamiento de la planta. El resultado es el costo promedio diario de operación. Luego multiplica el monto por la cantidad de días de desfase.

En el cálculo del costo operativo diario intervienen muchos componentes. A continuación se describen algunos de ellos.

La Universidad Tecnológica de Villa María ha realizado diversos estudios sobre la conveniencia de los distintos insumos para producir biodiesel. El insumo elegido para el análisis es la semilla de colza. La principal razón por la que se seleccionó esta semilla es el alto contenido de aceite en la misma (35%). Según los productores de la zona, se ha obtenido \$ 960 por la tonelada de la oleaginosas.

Como se mencionó la capacidad de procesamiento de la planta de biodiesel fue estipulada en 4.000 litros. Debido al rendimiento de la colza es necesario procesar en la planta de aceite aproximadamente 11 toneladas de grano.

Un camión de transporte de grano posee una capacidad de almacenamiento de 29,5 toneladas. Es decir que se necesitan aproximadamente 11 camiones por mes. El precio pagado por el camión de colza es de aproximadamente \$28.500.

Un concepto importante del proyecto BF es el simple funcionamiento. Lo cual permite generar empleo en zonas rurales. Los operarios no necesitan de grandes capacidades. El entrenamiento del personal es realizado por los propios encargados del proyecto.

La planta requiere del trabajo de dos operarios. Los mismos controlaran los procesos productivos. Para el análisis se supondrá que la planta trabaja 3 turnos de 8 horas cada uno. Es decir,

que hace falta 6 empleados por día para llevar a cabo las tareas operativas de la planta. Si se paga a razón de \$7 la hora por operario, la planta tiene un costo laboral mensual de \$10.080.

Un componente importante del proyecto es el consumo de energía eléctrica. Muchas veces el suministro de electricidad está a cargo de la cooperativa del pueblo. Las tarifas cobradas por las mismas pueden ser planas y a veces exceden en casi el doble lo cobrado por las redes nacionales.

En el análisis se supone un precio del Kw de \$0,1. El consumo de energía diario se estima en 3.200 Kw, lo que costaría unos \$320. Adicionándose los demás servicios se aproxima un monto de \$500 en servicios públicos por día.

En el proceso de transesterización la reacción del aceite se realiza contra una mezcla de metanol más catalizador. A razón de \$1,8 el litro de metanol y de \$2,4 el kilo de soda cáustica, el costo diario de esa mezcla asciende a \$1.574.

En base al relevamiento a productores que están utilizando la planta BF, se estimó el período de desfase en 60 días.

Si el costo operativo diario asciende a \$13.028. Utilizando la Ecuación 10.1 nos arroja un saldo de inversión de \$781.659.

Cuadro 10.12: Cálculo de inversión en capital de trabajo

Descripción	Costo operativo diario (Pesos)	Inversión en Capital de Trabajo (Pesos)
Colza	10.626	637.560
Metanol	1.440	86.400
Soda Cáustica	134	8.064
Mano de Obra	336	20.160
Energía	322	19.332
Otros gastos	169	10.143
Total	13.028	781.659

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM

Cuadro 10.13: Inversión inicial

Descripción	Monto
Planta de aceite	946.220
Planta de biodiesel	504.570
Construcción	252.400
Terreno	200.000
Capital de trabajo	781.659
Total	2.684.849

Fuente: IIE sobre la base de IMEGEN.

inversión en capital de trabajo, como un componente más de las inversiones iniciales.

En suma, la inversión inicial será de aproximadamente \$2.684.849.

Muchas empresas o cooperativas, poseen el dinero para comprar las plantas, para invertir en infraestructura pero no para mantener la inversión en capital de trabajo (ICT).

Como todo concepto de inversión la ICT requiere inmovilizar recursos. Sin embargo, existe una alternativa para los productores y es justamente el más utilizado.

De acuerdo a la Ley 25.113 se establece el contrato de maquila (GMC por sus siglas en Inglés), que permite a los productores entregar cierta cantidad de granos a la planta y a cambio obtener una determinada cantidad de biodiesel y de subproducto. A los fines del proyecto se supondrá la

10.3.2.2 Costos del proyecto

Para analizar los costos del proyecto se parte desde la introducción del grano en el proceso hasta la obtención del biodiesel.

En el proceso productivo se ingresa una tonelada de colza y se obtienen 350 litros de aceite y 650 kilos de harina proteica.

Cuadro 10.14: Gastos operativos diarios

Descripción	Cantidad	Precio	Monto
Colza	11 (tn)	966	10.626
Metanol	800 (Lts)	1,8	1.440
Soda cáustica	56 (Kilos)	2,4	134
Mano de obra	48 (horas hombres)	7	336
Energía	3.222 (kw)	0,1	322
Otros gastos			169
Total			13.028

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

Cuadro 10.15: Gastos operativos anuales

Descripción	Monto
Colza	2.125.200
Metanol	288.000
Soda cáustica	26.880
Mano de obra	67.200
Energía	64.440
Otros gastos	33.808
Total	2.605.528

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

Para una capacidad de 4.000 litros diarios se necesita ingresar 11 toneladas de colza que valoradas a un precio de \$960 tiene un costo de \$10.700.

Una vez que se obtiene el aceite se inicia el proceso de transesterización. Para la transformación se necesita por cada 1.000 litros de aceite 200 litros de metanol y 14 kilos de soda cáustica. El gasto diario en estos elementos asciende a \$1.574.

Por día se utilizan 48 horas hombres. Esta cantidad surge de los 3 turnos de 8 horas cada uno. Los cuales son cumplidos por dos operarios por cada turno. A razón de \$ 7 la hora, el gasto en mano de obra es de \$336.

El consumo de energía diario asciende a \$322 dado los supuestos establecidos. Existen otros gastos según las UTNVM que alcanzan en promedio los \$ 170 diarios aproximadamente.

Se calcula que la planta trabajará en promedio 200 días. Por lo que el costo estimado anual alcanzaría los \$2.605.528 aproximadamente.

10.3.2.3 Ingresos del proyecto

Los ingresos del proyecto BF serán función del precio del biodiesel generado, pero también de los subproductos obtenidos en el proceso.

Para medir el precio de referencia del biodiesel se utilizará el concepto de costo de oportunidad. El biodiesel es un sustituto casi perfecto del gasoil. Por lo tanto el precio de referencia del gasoil, es una muy buena aproximación del precio del litro de biodiesel. En la actualidad el precio del gasoil es de \$1,998.

Se espera que en un futuro cercano el precio del mismo aumente. Ya que este valor tiene la influencia de los subsidios gubernamentales. Los expertos afirman que el precio del gasoil debería ser cercano a US\$1,1 el litro. Es decir, aproximadamente \$3,5 el litro. Sin embargo, para el análisis del proyecto se partirá del precio base hoy vigente.

En otra dirección se encuentra el valor de la harina proteica obtenida en el proceso de extracción de aceite. Una particularidad de esta harina es el contenido residual de aceite que queda en la misma debido a la extracción por prensado. Según los ingenieros químicos de la UTNVM el aceite de colza contiene las vitaminas omega 9,3 y 6. Lo cual brinda una excelente calidad de aceite.

La harina del proyecto BF es muy demandada por los productores pecuarios, debido a sus excelentes condiciones nutricionales. Según los ensayo realizados, se ha observado un incremento del 15 al 20% en la producción de proteína animal al utilizar la harina de colza del proyecto.

Por la harina se ha obtenido un precio de 5% menor que el pagado por el grano. De acuerdo a los \$960 la tonelada de colza el precio de la harina rondaría los \$912.

El glicerol hoy es considerado un residuo del proceso. Sin embargo, la glicerina es un subproducto posible del proyecto con un gran valor de mercado. En el mercado, se está pagando \$0,5 el litro de glicerol. En su estado bruto, el producto es consumido por las vidrierías y convertido en masilla.

Cuadro 10.16: Ingresos anuales

Descripción	Precio	Cantidad	Monto
Biodiesel	2,00	800.000	1.598.400
Harina	912	1.430	1.304.160
Glicerol	0,50	150.000	75.000
Total			2.977.560

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

El proyecto BF tiene dos opciones de ingresos adicionales. Por un lado la venta de jabones obtenidos del proceso de disminución de acidez del aceite; y por otro, la opción de ingresar al mercado de bonos de carbonos.

Actualmente el proyecto BF ha ingresado al mercado de bonos de carbono a través de la compañía japonesa Mitsubishi UFJ Securities CO. Se ha realizado el estudio de captura de emisiones de dióxido de carbono. Existen dos proyectos presentados; uno es el de la cooperativa de biodiesel de Jovita y el otro es el de la cooperativa de agricultores de Salto Grande¹². Sin embargo, para el análisis no se tendrá en cuenta el impacto de estos ingresos adicionales.¹³

Solo se computarán como ingresos los obtenidos por la “venta” del biodiesel, la harina proteica y el glicerol.

El monto de ingresos anuales esperados será de \$2.977.560.

¹² Para más información ver <http://www.bcba.sba.com.ar/>. En la sección mercados de carbonos, proyectos Argentinos.

¹³ Como se podrá ver en el Capítulo 11 el mercado de bonos de carbono aún está en una etapa inicial en Argentina.

10.3.2.4 El flujo de caja

Del análisis anterior se construye el siguiente flujo de caja:

Cuadro 10.17: Flujo de caja. En miles de pesos

Descripción	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Anuales		2.978	2.978	2.978	2.978	2.978	2.978	2.978	2.978	2.978	2.978
Egresos Anuales		-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606	-2.606
Depreciaciones		-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150	-150
Utilidades		222	222	222	222	222	222	222	222	222	222
Impuesto (35%)		-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78	-78
Utilidad Neta		144	144	144	144	144	144	144	144	144	144
Depreciaciones		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Planta de aceite	-946										-946
Planta de biodiesel	-505										-505
Construcción	-252										
Terreno	-200										
Capital de Trabajo	-782										
Valor de Desecho											1.732
Flujo	-2.685	294	294	294	294	294	294	294	294	294	575

Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

En el cálculo del flujo de caja se calculó el valor de desecho (valor residual) por el método económico. Por tal razón, se considera la reinversión de los activos totalmente depreciados.

La evaluación del proyecto compara si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión.

Para evaluar el flujo de caja se utiliza el criterio TIR¹⁴. La TIR del proyecto BF es del 9%. Siempre que el costo de oportunidad de inmovilizar recursos sea más bajo que ésta, la alternativa será rentable. Ya que el inversionista estará dispuesto a aceptar una rentabilidad anual del 9%.

Sin embargo, observar únicamente el flujo de caja del proyecto a los valores actuales brinda una visión parcial del de la inversión en biodiesel. Para tener una mirada más profunda del tema, se realizará un análisis de simulación que permita variar los precios de las variables y de esta manera determinar cual es la probabilidad de que el proyecto no sea rentable.

10.3.2.5 Análisis de simulación

Otro de los criterios de evaluación es el valor actual neto, mas conocido como VAN. El VAN mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello calcula el valor actual de todos los flujos futuros de caja proyectados a partir desde el primer período; y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

Si el resultado es mayor que cero, mostrará cuantas unidades monetarias se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa de rentabilidad exigida.

¹⁴ La tasa interna de retorno (TIR) , mide la rentabilidad de un proyecto en términos porcentuales.

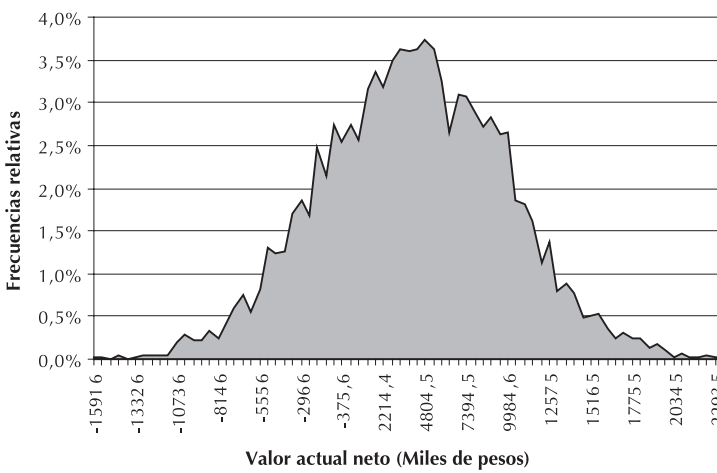
Si el resultado es cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa de rentabilidad exigida (TIR).

El ejercicio de simulación que se pretende realizar consta de modificar los precios de las variables del proyecto, para observar cual será su impacto en el VAN¹⁵.

De esta manera se le asignará una distribución de probabilidad a cada precio y por un proceso de selección aleatoria se confeccionan 6.000 combinaciones distintas de precios para todas las variables. Estas 6.000 combinaciones tendrán 6.000 resultados de VAN.

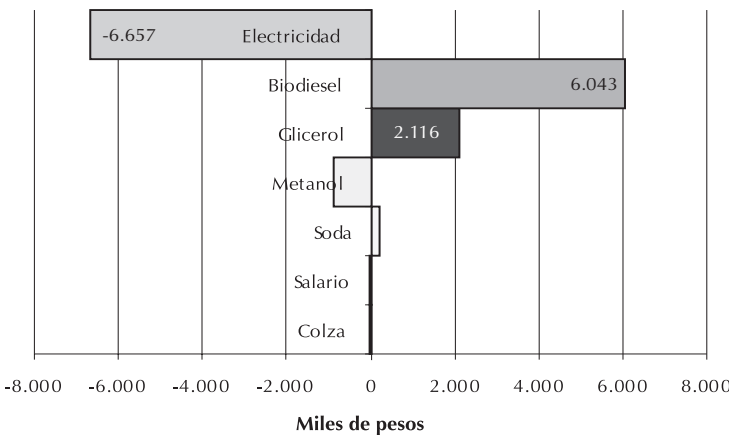
La conclusión que se pretende alcanzar, es saber cuantas veces de las 6.000 el VAN del proyecto asumió valores negativos.

Gráfico 10. 15: Distribución de frecuencia del análisis de simulación



Nota: El VAN esta medido en miles de pesos.
Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

Gráfico 10. 16: Análisis de sensibilidad de las variables (Precios)



Fuente: IIE sobre la base de UTNVM.

De las 6.000 combinaciones de precios, 1.550 (25,8% de las 6.000) tuvieron como consecuencia un resultado de VAN negativo.

El análisis sugiere que existe una alta probabilidad de que el VAN sea negativo. Sin embargo, existe la posibilidad de obtener grandes niveles de beneficio por sobre la rentabilidad exigida. Por ejemplo, existe un 67,7 % de obtener un VAN superior al millón de pesos.

El alto nivel de incertidumbre obliga a seguir investigando las causas que podrían provocar la baja rentabilidad de la inversión.

A fin de avanzar sobre las explicaciones, se realiza un análisis de sensibilidad para determinar cual de las variables es la que posee mayor influencia en el VAN.

Según el análisis de sensibilidad el factor que más influye en el VAN es el precio de la electricidad. En el

¹⁵ El modelo de Monte Carlo simula los resultados que puede asumir el VAN de un proyecto, mediante la asignación aleatoria de un valor a cada variable pertinente del flujo de caja.

análisis de sensibilidad se refleja cual sería el impacto de un aumento de \$1 en las variables sobre el resultado del VAN.

El rango de variación del precio del Kw es de \$0,1 a \$0,25. Es improbable que la variación en este precio llegue a \$1. Aunque el van sea muy sensible a la variable, es improbable que las modificaciones en los precios del Kw alcancen los niveles necesarios para producir grandes pérdidas.

En segundo lugar el precio del gasoil tiene un impacto muy positivo en el VAN. Por cada peso que aumenta el precio del combustible, el proyecto obtiene aproximadamente \$6 millones de excedente. En el caso del gasoil, el aumento de \$1 no resulta descabellado.

Por último, el glicerol comienza a ser el gran subproducto del proceso. El aumento del precio del glicerol tiene un impacto muy fuerte sobre la rentabilidad del proyecto.

Un resultado asombroso es la baja influencia que tiene el precio de la colza en el resultado del proyecto. La principal razón por la que sucede esto, es por la harina proteica. Del proceso de extracción de aceite, gran parte del grano ingresado al proceso es recuperado como pellet de colza. La diferencia del precio del grano en comparación con el de la harina es de un 5%. Este bajo spread de precio es lo que refleja el bajo impacto de las variaciones de precios de la colza en la rentabilidad del proyecto.

Anexo 10.1: Una alternativa más: los biocombustibles desde la óptica de la Universidad Nacional de Córdoba (U.N.C)

Por Dr. Jorge Daniel Pérez¹

A10.1 Situación actual

El crecimiento exponencial de la demanda energética asociada con el desarrollo tecnológico y su proyección futura, han encendido múltiples señales de alerta en la comunidad internacional. Los combustibles fósiles, y el petróleo en particular, han alcanzado precios record históricos debido a una conjunción de factores: por una parte la disminución de las reservas inherente a su carácter de recurso no renovable; por otro, a conflictos geopolíticos que se desarrollan por lo general en las regiones de mayor producción y que, mas allá de los discursos de los líderes de los países involucrados, se asientan en el valor estratégico de estos recursos.

Si bien lo expresado es una realidad objetiva que impacta directamente sobre el costo de los combustibles, el verdadero problema de la humanidad es el impacto sobre el medio ambiente derivado de las emisiones de gases, dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno, que generan lo que ha dado en llamarse “efecto invernadero” y que conduce inexorablemente al calentamiento global.

Frente a tal panorama hace ya algunos años se nota un fuerte impulso a la búsqueda de fuentes energéticas alternativas que sean amigables con el medio ambiente y que amortigüen los efectos colaterales provocados por la utilización de combustibles fósiles.

Se debe convenir que ninguna variante de generación energética es neutra al medio ambiente, no obstante la relación costo/ beneficio es muy diferente. Por ejemplo, no se discute la ventaja de la energía nuclear sobre el efecto invernadero al no emitir gases a la atmósfera, pero preocupa la acumulación de residuos radioactivos y el impacto en la explotación minera de sus precursores químicos. Algo similar podríamos decir de la energía fotovoltaica, paneles solares, ya que la inocuidad de su funcionamiento está precedida de la construcción de tales equipos con los impactos medioambientales propios de los procesos químicos industriales necesarios. Por último y a título ilustrativo podría mencionarse la energía hidroeléctrica y su impacto negativo en los ecosistemas donde se construyen las represas.

En resumen, a las empresas del mundo las desvela el “precio” de los combustibles y a la humanidad el “valor” de los mismos.

¹ El autor es actualmente Director Científico del Programa BIOJET e investigador del CONICET. Asimismo es ex Subsecretario de Ciencia y Tecnología de la Nación y Ex Ministro de Educación de la provincia de Córdoba.

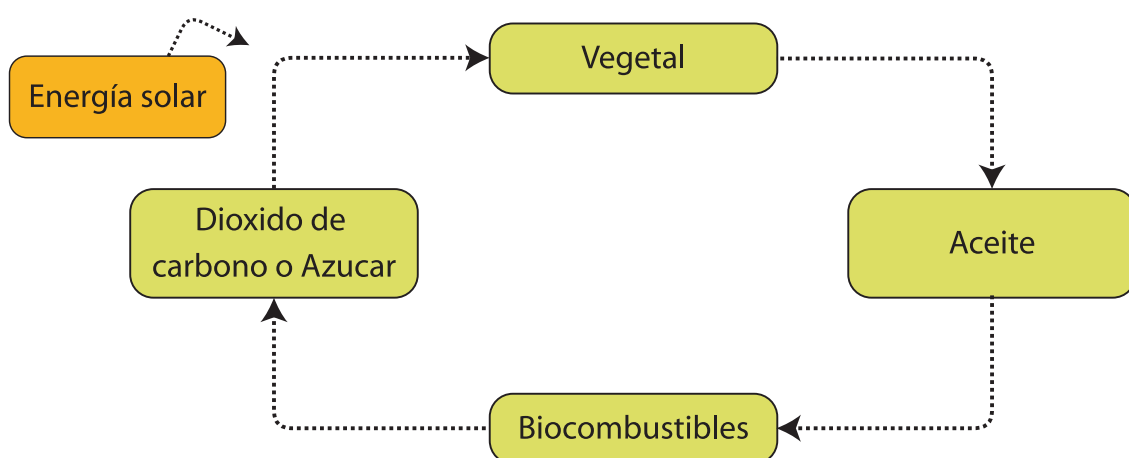
A10.2 Los biocombustibles

Bajo este nombre se agrupan todos aquellos recursos provenientes de seres vivos (animales y vegetales) que, en forma directa o previa transformación, son aptos para su utilización en la generación de energía.

En particular se puede decir que la comunidad internacional se encuentra inmersa en el debate sobre dos productos: bioetanol y biodiesel. El primero derivado de la fermentación de azúcares vegetales y el segundo por transformación de grasas animales y aceites vegetales.

Para entender los efectos favorables de los biocombustibles sobre el medio ambiente el Esquema A10.1 presenta una muy breve descripción del ciclo del carbono en estos compuestos.

Esquema A10.1: Ciclo del carbono en los biocombustibles



Fuente: Elaboración propia, UNC.

Este ciclo de recuperación del dióxido de carbono es el pilar sobre el que se asienta la defensa de los biocombustibles como fuente alternativa de los combustibles fósiles. Surge del mismo que el consumo neto de energía estaría asentado esencialmente en energía solar. No obstante se han alzado voces que cuestionan su utilización sobre dos ejes fundamentales:

- El impacto de la demanda sobre una expansión incontrolada de vegetales precursores (soja, colza, caña de azúcar, maíz, etc.) lo que podría impulsar una explotación irracional de tierras incapaces de sustentar una producción intensiva de los mismos en el mediano y largo plazo así como una desforestación de bosques naturales para volcar nuevas superficies a su cultivo.
- En un mundo con millones de habitantes carecientes de alimentos ¿es ético convertir los mismos en combustibles?

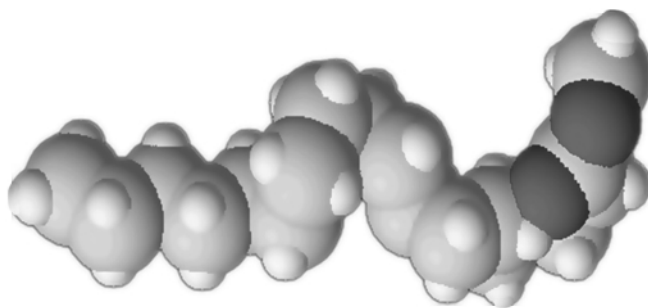
Ambos cuestionamientos son de carácter político más que técnico, ya que su ocurrencia dependerá de las decisiones de los respectivos gobiernos que a través de una adecuada fiscalización y regulación prevengan tales consecuencias indeseadas.

Desde el punto de vista técnico es posible desarrollar estrategias que no colisionen ni con la necesaria preservación del recurso natural ni con la falsa opción alimentos versus combustibles. Entre las herramientas disponibles se encuentra el impulso a la búsqueda de vegetales alternativos como fuente de aceites, por ejemplo variedades como la jatrofa o el tártao que permiten un

buen rendimiento de aceite vegetal no apto para el consumo y que se desarrollan adecuadamente en suelos pobres con una importante demanda de mano de obra en su cosecha. Otro recurso de gran impacto como fuente de aceites es el cultivo de algas que, en pequeñas superficies y con decenas de “cosechas” por año, producen aceites de buena calidad para biocombustibles con un rendimiento que a igualdad de área sembrada supera a la soja en un factor 100.

A10.2.1 El biodiesel

Se denomina “biodiesel” al producto obtenido intercambiando la glicerina de los triglicéridos (el principal componente de aceites y grasas) por un alcohol liviano, metanol o etanol.



Nota: blanco: átomos de carbono; gris: átomos de hidrógeno; negro: átomos de oxígeno
Fuente: Elaboración propia, UNC.

El producto obtenido, FAME (por su sigla en inglés de “Fatty Acids Methyl Esters”) tiene menor viscosidad que los respectivos aceites y grasas. Esquemáticamente podríamos simbolizar el proceso de la siguiente manera:

Aceite + Alcohol Metílico o Etilico + Soda o Potasa Cáustica $\longrightarrow$ Biodiesel + Glicerina

El proceso químico es relativamente sencillo y rápido, no obstante se debe tratar adecuadamente el producto para eliminar ciertos componentes nocivos para los motores como la glicerina “libre” que no debe exceder el 0,02 % y la glicerina total que debe estar por debajo de 0,2 % así como la acidez y los jabones que se forman en pequeña proporción. La norma mas aceptada para este combustible es EN 14214, que armoniza las exigencias de diversos países europeos.

El biodiesel puede reemplazar al gas oil en motores diesel en cualquier proporción.

A10.2.2 El biojet

Por un acuerdo entre la Dirección de Innovaciones y Desarrollo de la Fuerza Aérea Argentina (FAA) y la Facultad de Ciencias Químicas, en el marco del convenio de cooperación científica y tecnológica suscripto entre el Ministerio de Defensa y la Universidad Nacional de Córdoba, se inició en el segundo semestre de 2006 un programa dirigido a desarrollar biocombustibles para uso en turbinas de aviación. Dicho programa recibe apoyo financiero de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación (CONICET) y las instituciones involucradas en su ejecución. Los objetivos del programa incluyen:

- Desarrollar un biocombustible, para ser aplicado en turbinas de aviación.
- Estudiar materias primas alternativas para la producción de biocombustibles.

- Formular un proyecto de norma aeronáutica y presentarlo al instituto IRAM y La DNA.
- Estudiar el impacto ambiental.

Las turbinas de aviación usan normalmente un combustible conocido como JP A1, químicamente un kerosene, es decir que no se está frente al reemplazo de naftas ni gas oil, sino un hidrocarburo intermedio, más “liviano” que el gas oil pero mas “pesado” que la nafta.

La producción anual de Jet A1 en la Argentina es de 1.370.000 metros cúbicos, aproximadamente el 7,5 % de la producción nacional de combustibles, y el consumo anual estimado de la FAA es de 32 a 35 millones de litros, 2,3 a 2.5 % de la producción nacional. El costo promedio del Jet A-1 en la Argentina es de \$ 2.60 (US\$ 0.80).

Las normas que regulan los combustibles para uso aeronáutico tienen exigencias específicas que hacen a la seguridad de dicha actividad, entre ellas la referida a las bajas temperaturas que soportan las aeronaves cuando alcanzan cierta altura, por ello un JP A1 no debe congelarse antes de los 47 °C bajo cero.

El biodiesel obtenido a partir de aceite de soja presenta ciertas características que dificultan su aplicación en este campo. Por ejemplo si se lo enfría por debajo de los 10-12 °C se enturbia, fenómeno conocido como “Cloud Point”, y se congela alrededor de los 2 °C bajo cero.

Ambos parámetros están asociados a la presencia en el biodiesel de ciertos componentes naturales de los aceites vegetales. Por una parte compuestos químicos como fitoesteroles y lecitinas y por otra, ácidos grasos saturados. Los tres disminuyen drásticamente su solubilidad con el descenso de temperatura, el ejemplo más vulgar es la “margarina” que se obtiene “saturando” los ácidos grasos de los aceites naturales por hidrogenación, lo que produce su conversión en gel.

En este desarrollo se logró un procedimiento que permite disminuir, en el biodiesel de aceite de soja, el pour point a 12 °C bajo cero y mediante el agregado de aditivos llevar el congelamiento a 25 °C bajo cero.

Luego, una mezcla de 20% de biodiesel tratado con 80% de JP A1 evaluado por el Laboratorio de Ensayos de Materiales de la FAA dio los siguientes resultados:

Cuadro A10.1: Análisis de biojet (B20) en el laboratorio de ensayo de materiales (LEM)

Parámetros	Mezcla al 20% p/p	Método de ensayo
Densidad a 20°C	0,797g/ml	ASTM D 1298
Destilación:		ASTM D 86
1° gota	150°C	
50%	203°C	
80%	230°C	
95%	275°C	
Punto final	280°C	
% residuo	0,8	
Punto de cristalización	-56°C	ASTM D 2386
Punto de inflamación	58°C	ASTM D 56
Contaminantes sólidos	0,010 mg/ml	ASTM D 2276
Acidez total	0,011 mg KOH/g	ASTM D 3242
Contenido de agua	0,01	ASTM D 1094
Viscosidad a -20°C	7 ctk	ASTM D 445
Azufre total %	0,12	ASTM D 1266
Gomas	1,2mg / 100ml	ASTM D 381

Fuente: Elaboración propia, UNC.

Se puede observar que el punto de cristalización (-56°C) supera holgadamente las exigencias. Frente a estos resultados se iniciaron los ensayos en tierra sobre una turbina de “Pucará” en la empresa Lockheed Martin de Córdoba cuyos resultados fueron completamente satisfactorios por lo que se decidió iniciar los ensayos en vuelo. Esta etapa del desarrollo estuvo a cargo del Centro de Ensayos en Vuelo de la FAA que dispuso de un avión Pucará especialmente acondicionado para el trabajo. El 29 de marzo de este año se hizo el primer ensayo en la pista de la Escuela de Aviación Militar con total éxito, lo que convirtió a la República Argentina en el segundo país a nivel mundial en volar con biocombustibles.

Foto A10.1: Vuelo del 29/3/07- Recipiente incoloro JP A1 motor derecho; recipiente colorido BIOJET motor izquierdo



Fuente: Elaboración propia, UNC.

El procedimiento fue presentado al INPI reivindicando su patente a nombre de la UNC y la FAA. El programa, además de concluir con el desarrollo del biodiesel, incluye la obtención de “biokerosene” que involucra transformar los aceites y/o grasas en hidrocarburos equivalentes a los provenientes de fuentes fósiles.

A10.3 Conclusiones

Los biocombustibles no deben verse como una vía de reemplazo de combustibles fósiles en lo inmediato, sino como una alternativa estratégica de diversificación de la matriz energética más amigable del medio ambiente, en el caso particular de Argentina, ella cuenta con una excelente potencialidad de obtención de productos naturales, es una ventaja comparativa que no se debe dejar pasar y convertirla en competitiva. En lo inmediato podríase trabajar sobre los aceites que el país exporta (soja y girasol) mientras se desarrollan explotaciones alternativas de otros precursores de aceites (algas, jatrofa, colza, etc.) que incrementen la capacidad productiva de estos combustibles alternativos sin colisionar con las demandas alimentarias.

En el caso particular de la soja recuérdese que dicha oleaginosa, por cada litro de aceite, genera más de cuatro kilogramos de concentrado proteico, por lo que un incremento en la producción de biodiesel debería resultar en un aumento de la oferta de proteína con la consiguiente disminución de su precio.

En la actualidad las exportaciones argentinas de aceite superan holgadamente el consumo interno, por lo cual volcar parte de dicha producción a biodiesel no debería afectar su abastecimiento y por el contrario pondría valor agregado a un producto que los actuales compradores internacionales de la soja argentina ya están convirtiendo en parte a biocombustibles.

