



*Documento de Trabajo*

**4/2010**  
**Septiembre**

## **Biocombustibles y biotecnología. Contexto internacional, situación en Argentina**

Evelin Goldstein  
Graciela E. Gutman

Este documento fue preparado por Graciela E. Gutman (a cargo de la Introducción y de la Sección I) y Evelin Goldstein (a cargo de las Secciones II y III) en el marco del Proyecto de Investigación CEUR-CONICET “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina”, el que recibió el apoyo de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, a través de un subsidio del FONCyT. El Proyecto fue coordinado por Graciela E. Gutman (Investigadora Responsable) y Pablo Lavarello (Investigador integrante del Grupo Responsable). Se agradece la colaboración de Romina Gomez en el armado de los cuadros y referencias de las empresas multinacionales

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Graciela E. Gutman, Investigadora Principal de CONICET, Vice-Directora del CEUR-CONICET, [gutman.graciela@conicet.gov.ar](mailto:gutman.graciela@conicet.gov.ar), [gutman.graciela@gmail.com](mailto:gutman.graciela@gmail.com)

Evelin Goldstein, economista Banco Nación, [evelingoldstein@yahoo.com.ar](mailto:evelingoldstein@yahoo.com.ar)

**Biocombustibles y Biotecnología. Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET”**

## Introducción

Los biocombustibles entran crecientemente en las agendas de producción e inversión privadas y en las políticas públicas estatales de países desarrollados y en desarrollo.

Varios factores confluyen en la explicación de la importancia creciente que están adquiriendo estas producciones. Entre ellos, la búsqueda de fuentes alternativas de energía, para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, no renovables, (básicamente petróleo), apoyándose en el uso de biomasa; la tendencia al aumento en los precios del petróleo y su impacto en los países importadores netos de combustible, los que buscan disminuir su dependencia energética; los efectos medioambientales de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y los acuerdos internacionales para controlarlas, que comprenden el compromiso para el uso en proporciones crecientes de combustibles no contaminantes.

La evolución de la producción a escala global da cuenta de estos procesos: la misma registró un aumento de casi una vez y media entre el 2005 y el 2009, englobando tanto la producción de biodiesel (para su uso o corte en los medios de transporte de motores de combustión basados en diesel) como la de bioetanol (para su uso o corte en los medios de transporte a base de gasoil o nafta). Actualmente, la producción mundial de biocombustibles está compuesta en elevada proporción por bioetanol.

Un conjunto de elementos, y rasgos tecno-económico y regulatorios caracterizan a la producción de biocombustibles a nivel global:

- Considerando las tecnologías disponibles que son rentables comercialmente, la producción de biocombustibles forma parte de alguna de las cadenas de producción agroindustriales consolidadas (principalmente las de granos oleaginoso, maíz y caña de azúcar), y como tal, compite por el uso alimentario de estos cultivos y está influenciada por la dinámica conjunta de estos complejos. En muchos casos, sólo son un subproducto de la actividad principal de la cadena ( y/o una alternativa en el uso de parte de las commodities resultantes de la primera industrialización de granos oleaginosos, según la evolución de los precios mundiales y de los contextos regulatorios e impositivos locales). Tal es el caso del biocombustible producido a partir del aceite de soja, ya que el producto principal de este complejo es el expeller o la harina de soja. Actualmente constituyen un porcentaje relativamente menor de los ingresos totales del agronegocio (en el caso de Argentina, aproximadamente el 20% de las ventas del complejo oleaginoso).
- Las inversiones privadas en estas producciones están fuertemente condicionadas por la evolución de los precios relativos internacionales de las materias primas agrícolas y del petróleo, teniendo en cuenta que el costo de la materia prima explica el 50% del costo total en la producción del bioetanol y el 75% en la de biodiesel.
- En todos los casos, se trata de mercados fuertemente regulados y reglamentados, en donde la obligatoriedad del cruce de naftas y diesel con biocombustibles impulsa la producción (y/o la importación) de los mismos<sup>2</sup>. En los principales países industrializados existen fuertes subsidios estatales y barreras arancelarias para promover su producción
- Las tecnologías disponibles para la producción de los biocombustibles de primera generación (basados en biomasa usada para la producción de alimentos) son accesibles y difundidas. Las alternativas en el uso de biomasa para la producción de biocombustibles de segunda o tercera generación no constituyen actualmente opciones rentables, si bien

---

<sup>2</sup> En el caso del biodiesel, por ejemplo, existen diversas normas de calidad, pero la mayor parte de ellas se basan en la norma europea EN 14214 y la estadounidense A.S.T.M D 6751, las que establecen estándares y especificaciones de calidad, y para el cruce con combustibles tradicionales

existen a nivel mundial inversiones en proyectos demostrativos o plantas pilotos con las nuevas tecnologías.

- Entre las nuevas tecnologías, las derivadas de la moderna biotecnología (MB) abren importantes oportunidades potenciales para la producción de biocombustibles que no compitan con los usos alimenticios de los cultivos. Se destacan las asociadas a enzimas celulósicas para la producción de etanol a partir de biomasa celulósica (rastroyo de maíz, bagazo, residuos de madera, aserrín, entre otros) y de residuos industriales y municipales. Empresas multinacionales líderes en los agronegocios y en la producción de insumos biotecnológicos están realizando importantes inversiones en la exploración de nuevas alternativas tecnológicas, y los gobiernos de países industrializados implementan programas de apoyo para el desarrollo de estas alternativas
- Argentina ha mostrado en años recientes un importante dinamismo en la producción de biodiesel a partir de aceite de soja, - basándose en la fuerte posición competitiva que tiene el país en el complejo oleaginoso-. Ocupa el cuarto lugar en el ranking mundial de productores de biodiesel, luego de la Unión Europea, los EEUU y Brasil, y el primer lugar en las exportaciones mundiales. La producción de bioetanol en el país es aún incipiente, si bien se esperan importantes inversiones en esta área. Las reglamentaciones y regulaciones en la materia impulsarán la producción: a mediados de 2010 comenzó la aplicación de la Ley de Biocombustibles, que establece la obligatoriedad de corte del 7% sobre los combustibles tradicionales, se ofrecen beneficios impositivos y se fijan precios que incentivan a las empresas a proveer al mercado local.

En el contexto de estas dinámicas internacionales y nacionales, el presente documento tiene como objetivo central la presentación de un diagnóstico de la producción de biocombustibles en Argentina, que permita plantear algunos interrogantes preliminares en relación a las alternativas actuales y potenciales de la MB para la producción de biocombustibles en el país. El documento se organiza de la siguiente forma: La Sección I ofrece algunos elementos relevantes del contexto internacional. Se analiza la estructura de los mercados mundiales de biocombustibles, con especial atención a los desarrollos tecnológicos actuales, las alternativas asociadas a la MB, y las estrategias de las empresas líderes en insumos y producciones biotecnológicas en biocombustibles de segunda generación. La Sección II presenta el tema central del documento, los biocombustibles en Argentina, analizando los mercados de biodiesel y bioetanol, los contextos regulatorios, la estructura de la industria, la configuración empresarial, y las estrategias de las principales empresas en cada uno de ellos. La Sección III se centra en la consideración del debate actual alimentos *versus* energía, tomando en cuenta las alternativas factibles para el país en la producción de biocombustibles. Por último, en las Conclusiones se recogen las principales evidencias del estudio y se plantean interrogantes acerca de las posibles trayectorias tecnológicas en estas producciones.

## SECCION I. BIOCOMBUSTIBLES. CONTEXTO INTERNACIONAL

### 1.1- Los mercados mundiales. Producción. Contexto regulatorio

La producción mundial de biocombustibles – basada mayoritariamente en biomasa de uso alimenticio- muestra en años recientes un fuerte crecimiento, siendo el bioetanol el principal producto. La producción de bioetanol se triplicó entre el 2000 y el 2007, pasando de 17.000 millones de litros a más de 52.000 millones; la de biodiesel se multiplicó por 11 alcanzando a 11.000 millones de litros en el 2007. En conjunto, los biocombustibles proveen cerca del 2% de los combustibles mundial para transporte (UNEP, 2009).

El tipo de biocombustibles producido, en cada país, depende de la oferta de materia prima (clima, situación geográfica, conformación de la producción agropecuaria), de las tecnologías disponibles y de las políticas públicas de fomento. Los principales países productores son EEUU (etanol de maíz), Brasil (etanol de azúcar de caña) y la Unión Europea (biodiesel de colza). Diversos países participan en la oferta de etanol (Australia, Canadá, China entre otros); en biodiesel se registra una fuerte expansión en países del sudeste asiático (Malasia, Indonesia, Singapur y China), de América Latina (Brasil y Argentina) y de Europa del Este (Rumania y Serbia).

Los Cuadros 1 y 2 muestran los principales países productores y exportadores de biodiesel y bioetanol, y la dinámica de los últimos años. Entre un 54% y un 55% de la producción de bioetanol se concentra en EEUU, y el 34%/35% en Brasil. La unión Europea es la principal productora de Biodiesel, con más del 60% de la producción, siendo Alemania y Francia los principales países productores (33% y 25% respectivamente), seguidos de Italia y España, con un 10% cada uno.

Cuadro N° 1

#### BIOETANOL-MERCADOS MUNDIALES (en millones de galones)

	2005	2006	2007	2008	2009
<b>I: PRODUCCION</b>					
EEUU (maíz)	3.904	4.884	6.521	9.309	10.699
Brasil (caña de azúcar)	4.163	4.531	5.524	6.547	6.915
Canadá (trigo y maíz)	76	99	187	237	279
China (trigo y maíz)	301	425	448	516	542
UE (caña de azúcar, maíz, trigo, otros)		432	486	703	803
India (caña de azúcar)	335	501	577	443	298
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>8.780</b>	<b>10.873</b>	<b>13.742</b>	<b>17.754</b>	<b>19.536</b>
<b>II: EXPORTACIONES NETAS</b>					
Brasil (caña de azúcar)	720	867	930	1.039	945
China (trigo y maíz)	38	267	34	28	35
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>794</b>	<b>1.134</b>	<b>964</b>	<b>1.068</b>	<b>980</b>
Precios de exportación (dólares por galón)*	1,31	1,72	1,55	1,74	1,60

Notas: \* Precio de Etanol anhidrico de Brasil

El total de las exportaciones netas es la suma de todas las exportaciones netas positivas

Fuente: FAPRI (2010) US and World Agricultural Outlook

El comercio de biodiesel y bioetanol ha sido hasta el momento reducido, pero se espera que se expanda a tasas elevadas, en particular en Brasil.

Cuadro N° 2

**BIODIESEL-MERCADOS MUNDIALES**  
(en millones de galones)

	2005	2006	2007	2008	2009
<b>I: PRODUCCION</b>					
Unión Europea (canola, soja)	888	1.416	1.783	1.812	2.477
EEUU (soja)	107	259	499	676	578
Brasil (soja)	0	18	107	308	406
Argentina (soja)	5	5	54	222	326
Malasia (palma)			35	55	76
Indonesia (palma)	2	21	30	27	24
<b>TOTAL MUNDIAL</b>	<b>1.003</b>	<b>1.720</b>	<b>2.508</b>	<b>3.101</b>	<b>3.886</b>
<b>II: EXPORTACIONES NETAS</b>					
Argentina (soja)	0	0	49	206	321
EEUU (soja)	-2	18	158	307	157
Malasia (palma)			21	47	58
Indonesia (palma)	2	14	24	24	21
Brasil (soja)	-1	0	0	-1	-1
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>282</b>	<b>691</b>	<b>566</b>
Precios de exportación (dólares por galón) *	3,19	3,34	3,77	5,34	3,89

Notas: \* Precio FOB de Europa Central

El total de las exportaciones netas es la suma de todas las exportaciones netas positivas

Fuente: FAPRI (2010) US and World Agricultural Outlook

Las políticas públicas han promovido el desarrollo de los biocombustibles imponiendo metas y cuotas obligatorias de mezclas con combustibles convencionales y otorgando un conjunto de beneficios que van desde reducciones o exenciones impositivas y subsidios, a créditos, y al fomento a producción y la I+D. En **Brasil**, donde la producción de etanol comenzó en la década del setenta, más de la mitad de los vehículos funcionan con e25 (corte del 25% de las naftas con etanol), aunque se promueve el uso de vehículos que puedan usar e100. Para diesel, el corte es del 5%. El sector público otorga exenciones impositivas para ciertos productos, dependiendo de la zona y materia prima; el BNDES ofrece financiamiento para todas las etapas de la cadena de biocombustibles y existen beneficios especiales para pequeños productores.

En la **Unión Europea** coexisten dos tipos de políticas que afectan al mercado de los biocombustibles: las que se orientan a apoyar la producción local y la utilización de los biocarburantes, (exenciones impositivas, subsidios, créditos, barreras arancelarias); y las medidas de apoyo al sector agrícola, que se implementan desde hace muchos años. Los cortes obligatorios difieren de país en país, pero suelen ser del 10% para las naftas. Existen asimismo barreras técnicas al comercio mediante la norma EN 14214 que fija estándares y sistemas de calidad.

En **Estados Unidos**, al igual que en Europa, coexisten programas de larga data de apoyo a productores agrícolas, con otros para incentivar la fabricación de biocombustibles. Entre los

segundos, se destacan exenciones impositivas, y los créditos para la I+D en biocombustibles de segunda generación. La política de obligatoriedad de mezcla depende de cada estado; en algunos rige la obligatoriedad de comercializar e10, mientras que en otros no es obligatorio

## 1.2.- Productos, procesos, trayectorias tecnológicas

Existe una variedad de biocombustibles, de materias primas para su producción y de tecnologías de proceso con diversos grados de llegada al mercado. La producción actual, como se señaló previamente, se basa en su mayor parte en materias primas usadas para la alimentación humana o animal. Conforman los llamados **biocombustibles de primera generación**, producidos comercialmente usando tecnologías convencionales. Las materias primas básicas son azúcares, almidones o aceites vegetales, provenientes de semillas o granos de cultivos tales como el maíz, la caña de azúcar, la colza, el trigo, semillas de soja o girasol, aceite de palma. El biocombustible más común es el **bioetanol**, que representa actualmente más del 80% de la producción mundial de biocombustibles líquidos, seguidos del **biodiesel**, y, más distanciados, por los aceites vegetales y el biogas.

La **segunda generación de biocombustibles** es la que se obtiene a partir de una variedad de materias primas no alimentarias que incluyen biomasa de deshecho, tallos de trigo, rastrojo de maíz, madera, pastos perennes, plantas celulósicas, cultivos energéticos o biomasa de cultivos especiales, residuos orgánicos municipales. Usan tecnologías llamadas de biomasa a líquidos (BaL), por conversión termoquímica (principalmente para producir biodiesel), o por fermentación (para la producción de etanol celulósico). Los procesos productivos son más complejos. Muchos biocombustibles en esta categoría se encuentran en etapa de desarrollo, tales como el biohidrógeno, el biometanol, el diesel Fischer-Tropsch, o el diesel biohidrógeno.

Una **tercera generación de biocombustibles** parte de algas cultivadas para obtener biodiesel del aceite de alga. La tecnología de proceso - una vez obtenido el aceite de las algas a través de métodos por solventes, prensado o con enzimas- es la misma que la usada para la producción de biodiesel de segunda generación. Se incluye también en esta categoría la producción de bio-propanol o bio-butanol, los que se estima que no serán comercialmente viables antes del 2050, para los que pueden utilizarse las mismas materias primas que para el etanol de primera generación, pero con tecnología más sofisticada (UNEP, 2009, OECD-IEA, 2010)<sup>3</sup>.

El **bioetanol** de primera generación se produce a partir de materias primas ricas en azúcares (caña de azúcar, remolacha azucarera) o en productos que puedan fácilmente convertirse en azúcar, como el almidón (de maíz, trigo y otros cereales). El proceso productivo se basa en la fermentación del azúcar con enzimas provenientes de levaduras.

- La producción basada en caña de azúcar, en países de climas cálidos, - que puede realizarse como un subproducto de la producción de azúcar, o como la producción principal- tiene los costos de producción más bajos en relación al resto de los biocombustibles. .
- La producción de bioetanol a partir de granos utilizan la cáscara del grano (maíz) o el grano completo (trigo). La molienda puede ser seca o húmeda, proceso este último de mayor

---

<sup>3</sup> La clasificación de los biocombustibles en primera, segunda o tercera generación no siempre es la misma en distintos estudios. Algunos separan las materias primas señaladas como de 1ra generación entre las comestibles y las no comestibles, considerando biocombustibles de segunda generación los obtenidos a partir de materias primas vegetales no comestibles, tales como la jatrofa, la camelina o la salicornia. En estos casos, las tecnologías de proceso son similares a las de los biocombustibles de 1ra generación, pero las tecnologías de manejo de estos cultivos están poco desarrolladas, lo que los vuelve poco explotables comercialmente. Los biocombustibles de 3ra generación serían en esta clasificación los provenientes de biomasa lignocelulósica (IICA, 2010; CADR 2010)

complejidad. En ambos casos el almidón es convertido en azúcar a partir de procesos enzimáticos. Las siguientes etapas son similares al proceso a partir de azúcares: fermentación usando levaduras y otros microorganismos, para obtener alcohol. Varios subproductos se generan en estos procesos, principalmente alimentos para animales ricos en proteínas.

El bioetanol se emplea en mezclas con la gasolina o nafta convencional, substituyéndola parcialmente como carburante; las mezclas más usadas en la actualidad son e25, e10 y e15 (mezclas con 25%, 10% o 15% de bioetanol, respectivamente)

La producción de **biodiesel** de primera generación tiene como materia prima principal el aceite de granos oleaginosos y forma parte de la cadena de producción del complejo oleaginoso, ya sea en forma integrada o bien a través de la compra de la materia prima a las industrias de la molienda. La tecnología de proceso aplicada, la transesterificación, es una tecnología tradicional y establecida, que no se espera que se modifique significativamente en el futuro. De este proceso se obtiene como subproducto la **glicerina** que puede ser utilizada en las industrias farmacéuticas, de la cosmética y alimentaria, pero sus uso actual es limitado. El biodiesel puede ser usado en cortes del 5%, 10% o 20% con el diesel obtenido del petróleo.

En la producción de **biocombustibles de segunda y/o tercera generación** existen al menos tres tipos de senderos tecnológicos (OECD-IEA, 2010):

- La conversión de biomasa en etanol, butanol, y otros posibles combustibles a través de procesos bioquímicos, en particular hidrólisis enzimática (con el uso de enzimas complejas)
- La conversión fotosintética a través de microorganismos como algas o bacterias. Nuevos senderos de conversión a partir de levaduras también son posibles.
- La conversión de biomasa en gas natural, diesel y otros combustibles líquidos a través de senderos termoquímicos

Para cada uno de estos senderos, y para cada materia prima / combustibles identificados hay una variedad de tecnologías específicas involucradas. El primer paso, de pre-tratamiento y descomposición de materiales, involucra una combinación de procesos físicos y químicos (hidrólisis ácida o enzimática). En la segunda etapa del proceso productivo, la hidrólisis de la celulosa en azúcares, se están realizando considerables esfuerzos de I+D para el desarrollo de enzimas a partir de la biotecnología. Los procesos bioquímicos (biotecnológicos) engloban a las tecnologías relacionadas con la preparación de la materia prima, la hidrólisis enzimática, la fermentación y la destilación.

De igual forma, para la producción de **biodiesel a partir de algas** existen especies y tecnologías adecuadas; el aceite extraído pasa luego por un proceso de transesterificación.

El Cuadro N° 3 presenta las tecnologías básicas en la producción de biocombustibles



**Cuadro N° 3**  
**BIOCOMBUSTIBLES PARA TRANSPORTE**

<b>BIOCOMBUSTIBLE</b>	<b>TECNOLOGIA BASICA</b>	<b>MATERIA PRIMA PRINCIPAL</b>	<b>CO-PRODUCTOS</b>
<b>I. Biocombustibles de Primera generación (1)</b>			
Bioetanol	Fermentación(azucar), hidrólisis y fermentación (almicón)	EEUU: maíz, Brasil: caña de azúcar Sud Amer: caña de azúcar Europa: cereales, remolacha azucarera Canadá: maíz, cereales	Alimentos para animales (maíz y cereales), bagazo de caña para energía
Biodiesel	Transesterificación de aceites y grasas	Aceite de olaginosas EEUU: soja, girasol, Europa: colza, Canadá: soja, colza, América del sur: soja	Glicerina
<b>II. Biocombustibles de segunda generación</b>			
Bioetanol	Separación de la biomasa celulósica en varias etapas, incll hidrólisis y fermentación final	Biomasa ligno celulósica (tallos de trigo, rastrojo de maiz, otros); cultivos o biomasa especiales ; bagazo de caña de azucar, otros.	
Biodiesel y biocomb de diseño como biohidrógeno, biometanos, otros	Gasificación de biomasa de baja humedad de la que se derivab combustibles líquidos y químicos básicos	Biomasa ligno-celulósica tales como madera, paja y materias primas secundarias como deshechos de plástico	La síntesis de Fisher -Tropsch puede usarse como materia prima para la indutria química (vombulstilbes, plásticos)
<b>III. Biocombustibles de tercera generación</b>			
Biodiesel, combustibles para aviación, bioetanol, biobutanol	Bioreactores para etanol, transesterificación para biodiesel, otras técnicas en desarrollo	Micro algas marinas, microalgas de estanque, biorreactores	Alimentos para animales de alta proteína, biopolímeros, fertilizantes agrícolas

(1) Otros productos de plantas: aceites de oleaginosas, aceite de descarte, jatropay otra plantes oleaginosas; biogas de cultivos o deshechos; combustibles sólidos  
Fuente: UNEP (2009):"Towards sustainable production and use of resourses:Assessing Biofuels", Lamers 2006, Huerga et al 2010

### 1.3.- Biotecnología y biocombustibles:

¿Que importancia tiene los desarrollos de la moderna biotecnología (MB) en la producción de biocombustibles? Cuáles son los principales esfuerzos de I+D para producción de biocombustibles de segunda generación?

Más allá de los avances biotecnológicos en la producción agrícola -semillas genéticamente modificadas resistentes a enfermedades, adaptables a diversos medioambientes; semillas diferenciadas según sus usos industriales; genes apilados; empleo de la genómica, proteómica y metagenómica para mapear genes y proteínas, los que incluyen algunos casos de granos y cultivos aptos para la producción de biocombustibles-, existen importantes (aunque en muchos casos potenciales) aplicaciones de la biotecnología industrial para el desarrollo de insumos biotecnológicos y tecnologías de proceso que apoyen la producción de biocombustibles de la segunda y tercera generación.

Dentro de este campo se destacan actualmente los proyectos de I+D para el desarrollo de enzimas y levaduras adecuadas para los procesos de producción de bioetanol a partir de biomasa celulósica, en donde se han concentrado los mayores esfuerzos. Herramientas surgidas de la moderna biotecnología, básicamente las asociadas a la biotecnología médica (tales como, High Throughput Screening, ingeniería metabólica, ingeniería de proteínas, reproducción/cultivos moleculares) han permitido obtener, en la etapa de I+D, nuevas variedades de levaduras y bacterias que muestran potencialidades para la conversión de biomasa celulósica en etanol.

La producción de **bioetanol celulósico** (la hidrólisis enzimática de material lignocelulósico), debido a las características estructurales de la celulosa (resistencia a la degradación) requiere un consumo elevado de enzimas, muy superior al necesario para la producción de bioetanol a partir del almidón o del azúcar<sup>3</sup>. Debido a ello, el costo de las enzimas tiene una fuerte incidencia en los costos totales. Las investigaciones actuales se orientan a tratar de producir todas las enzimas requeridas para la descomposición de la celulosa en azúcar y para los procesos de fermentación –nuevas enzimas genéticamente modificadas- usando la misma comunidad microbiana en el mismo reactor de bioprocesos. Este proceso, llamado “bioproceso consolidado” es considerado por muchos como el resultado final de la evolución de las tecnologías de conversión de biomasa, con un elevado potencial para mejorar la eficiencia y la reducción de costos (OECD-IEA, 2010)

El desarrollo de enzimas y microorganismos (bacterias, hongos) con usos industriales conforma un segmento importante dentro de la biotecnología industrial. Los avances en el campo de los biocombustibles guardan fuertes sinergias con la producción de bioquímicos, biopolímeros y otros biomateriales y formas de bioenergía. Se espera que estos desarrollos se plasmen en biorefinerías de uso múltiple, asentadas centralmente en las tecnologías enzimáticas.

En todos los casos, como ya se ha señalado, estas tecnologías no son aún comercialmente rentables; la formación de alianzas, el fuerte apoyo estatal y las regulaciones de uso son rasgos centrales en la evolución del sector.

---

<sup>3</sup> En la producción de etanol, las enzimas entran en los procesos de pre tratamiento de la materia prima y en los de fermentación (conversión de la celulosa contenida en las materias primas en azúcares hidrólisis enzimática; fermentación de los azúcares)

#### **1.4- Empresas proveedoras de insumos biotecnológicos y tecnologías para la producción de bioetanol celulósico. Estrategias, alianzas**

Hace ya varios años que grandes empresas multinacionales con inversiones en biotecnología agrícola o farmacéutica se diversificaron hacia la producción de biocombustibles a partir de biomasa de primera generación, con las tecnologías convencionales: ADM, Monsanto, Basf, Syngenta, entre otras. El desarrollo de biotecnologías industriales para la industria de biocombustibles de segunda generación en EEUU aumentó sustancialmente a partir del 2004. Los indicadores de innovación crecieron en el periodo 2004-2007, incluyendo gastos de I+D, patentes y marcas, alianzas estratégicas y subsidios estatales (Linton et al 2008)<sup>4</sup>

Buena parte de los gastos en I+D se orientan al desarrollo de enzimas avanzadas y microorganismos, y de co-productos de alto valor, en el marco de alianzas domésticas y globales. Nuevas inversiones en plantas demostrativas de etanol celulósico están preparando el terreno para volver rentable su comercialización. Las innovaciones centrales en este campo se asocian a la segunda generación de biorefinerías para la producción de etanol celulósico, de biobutanol (combustibles que, al igual que el etanol, puede producirse por la fermentación del maíz o de biomasa celulósica y mezclarse con las naftas) y de varios co-productos, que permitirán compensar los altos costos de la producción de biocombustibles. Los altos costos de la materia prima, y la tendencia creciente de sus precios aparece como los obstáculos más importantes (USITC 2008, Linton et al 2008).

La estructura industrial en la producción de biocombustibles de segunda generación está conformada por una red de empresas dominada por grandes firmas con capacidades comerciales y start-ups focalizadas en R+D. En el campo de la producción de bioetanol, encontramos empresas como Abengoa Bioenergy, Dupont/Danisco, Verenium. Se trata de empresas biotecnológicas, que en algunos casos integran los desarrollos de biocombustibles con los de bioquímicos y biopolímeros, que han realizado inversiones en la producción de bioetanol de primera generación y/o comenzado proyectos pilotos para la producción de bioetanol celulósico a partir de biomasa no alimentaria (residuos agrícolas, desperdicios municipales)

Un conjunto relativamente reducido de empresas, proveen de insumos biotecnológicos para estas producciones, ya sea enzimas o (bio) tecnologías para producir etanol celulósico. Las enzimas usadas para la producción de etanol celulósico son críticas para alcanzar la reducción de los costos que puedan volver competitivas estas producciones. En esta industria encontramos a grandes y tradicionales empresas y nuevas empresas especializadas. La mayor parte de las patentes de enzimas celulósicas son propiedad de Novo Nordisk y Danisco/Genecor, los dos líderes mundiales en el mercado de enzimas, con pequeñas empresas, que están incursionando en estos mercados, apoyadas por subsidios estatales. (Linton et al, 2008)

En el Cuadro N° 4 se presenta una selección de las empresas con inversiones en I+D para el desarrollo de enzimas industriales y tecnologías para la producción de biocombustibles de segunda generación (bioetanol celulósico), alguna de las cuales han comenzado a invertir en plantas piloto o demostrativas

---

<sup>4</sup> La producción de enzimas celulósicas para el mercado de etanol y de enzimas para la producción de bioplásticos son las dos más importantes áreas emergentes de la biotecnología industrial **Biocombustibles y Biotecnología. Proyecto “Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina” CEUR-CONICET”**

Cuadro Nº 4

**Empresas Productoras de Enzimas y tecnologías para bietanol celulósico**

Empresas Seleccionadas, Año 2007

-en millones de USD-

Empresa	Año de fundación	País de origen	Tipo de empresa	Enzimas	Ventas		I+D total
					Totales	Biotec	
<i>Novozymes A/S</i>	1941	Dinamarca	EEB	☐☐⊙●	1367	1367	183
<i>Genencor (Danisco)</i>	1982	EEUU	EEB	☐☐⊙	672	672	121
<i>AB Enzymes</i>	2001	Alemania	EEB	☐☐⊙	698	698	s/d
<i>Verenium Corp.</i>	2007	EEUU	EEB	☐☐⊙	46	46	s/d
<i>IOGEN</i>	1970	Canadá	EEB	☐☐⊙/tec integrada	s/d	s/d	s/d
<i>Dyadic Inter</i>	1979	EEUU	EEB	☐☐⊙●	13	13	5
<i>Codexis</i>	2002	EEUU	EEB	⊙●	s/d	s/d	s/d
<i>Abengoa Bioenergy</i>				Tec integrada/etanol celulósico	2655	1348	s/d
<i>Dupont Danisco Ethanol (DDCE)</i>	2008	EEUU	Bq-Bt	Tec integrada/etanol celulósico	s/d	s/d	s/d

Bq-Bt: Bioquímica, biotecnológica; EEB: empresa especializada en biotecnología

● Enzimas para Biopolímeros / Bioplásticos

⊙ Enzimas para Biocombustibles

☐ Enzimas para usos Alimenticios

☐ Enzimas para otras Industrias

Fuente: Elaboración propia, a partir de la Base de Datos del Proyecto CEUR-CONICET "Potencialidades de la biotecnología para el desarrollo industrial en Argentina".

Una breve caracterización de estas empresas ilustra la estructura del sector

**Novozymes**, empresa danesa líder mundial en la producción de enzimas (50% del mercado) y microorganismos para usos farmacéuticos e industriales fue creada en el 2000 formando parte del Grupo Novo. NovoNordisk, empresa del Grupo desarrolló competencias en la producción de enzimas desde 1941; en 1984 comienza la producción de enzimas genéticamente modificadas, y en 1992 desarrolla un sistema de clonación que le permite reducir costos y tiempos de la I+D y de la producción. En el 2001 ya empresa independiente, Novozymes incorpora la producción de microorganismos, para lo cual adquiere cinco empresas americanas especializadas. En el 2002 vuelve a enfocarse en el sector farmacéutico, también a través de adquisiciones estratégicas. Cuenta con un extenso portafolio de patentes. La mayor parte de sus ingresos proviene de la venta de enzimas para detergentes, pero el mercado de enzimas celulósicas muestra mayor dinamismo. Tiene instalaciones de producción y de I+D en Australia, Brasil, China, Dinamarca, Suecia, EEUU, el RU, y plantas de I+D en India. Es la principal proveedora de enzimas para la industria de bioetanol. La estrategia de la empresa es expandir el mercado de enzimas con nuevos productos y nuevas aplicaciones de las enzimas que produce actualmente, a través de sustanciales esfuerzos en I+D y de alianzas estratégicas con el sector público y las industrias focalizadas en etanol celulósico y en biotecnología industrial. Colabora con varias empresas líderes en la producción de biocombustibles a partir de biomasa: Abengoa (española) Poet Energy (EEUU), CTC (Brasil), COFCO (China) Su estrategia de corto plazo apunta a la instalación de start-up demostrativos, plantas piloto; en este sendero recientemente abrió una filial de I+D en Brasil para etanol de segunda generación. A más largo plazo, Novozymes se propone, alianzas mediante, la integración de los procesos productivos.

**Genencor**, (Danisco, DuPont) es la segunda gran empresa mundial productora de enzimas, luego de Novozymes y una de las mayores empresas biotecnológicas a nivel mundial. Desarrolla y manufactura enzimas para un amplio espectro de aplicaciones industriales incluyendo enzimas para la producción de biocombustibles y detergentes. En el 2005 fue adquirida por Danisco, - gran empresa líder global de ingredientes alimentarios, con fuertes inversiones en I+D, que con esta adquisición se diversifica hacia la producción de enzimas y biomasa para uso industrial- transformándose en una división interna e la misma. Siguiendo el fuerte proceso de centralización de capitales que se registra en las industrias biotecnológicas, en enero de 2011 la gran empresa bioquímica biotecnológica global DuPont compra Danisco por US\$ 5.800 millones, convirtiéndose en la mayor adquisición de DuPont desde que en 1999 compró la empresa especializada en semillas genéticamente modificadas, Pioneer Hi-Bred,. El interés central de DuPont con esta compra es la división Genecor,. Previamente, desde el 2009 DuPont y Danisco son socios en un joint-venture para la producción de etanol celulósico.

**Verenium**, es una empresa biotecnológica dedicada a la I+D y producción de enzimas para etanol (y otros usos industriales) y tecnologías para la producción de etanol celulósico. Se creó en el 2007, a partir de la fusión de Diversa – empresa dedicada al desarrollo y producción de enzimas-, y Celunol – empresa focalizada en tecnología para el etanol celulósico, que obtuvo desde 1995 una licencia exclusiva para comercializar una tecnología patentada por la Universidad de Florida para descomponer la biomasa celulósica para la producción de etanol. Es la tercera, en orden de importancia según el número de patentes obtenidas, luego de Novozymes y Danisco. Entre 2001 y 2007, Verenium tuvo un flujo de cash flow negativo (los gastos de I+D aumentaron y los ingresos cayeron). En 2008, una alianza con BP (British Petroleum), para acelerar el desarrollo y comercialización de tecnología para etanol celulósico, mejoró la situación. Los subsidios estatales facilitaron las operaciones de la firma; desde el 2005 recibió contratos y subsidios por 45 millones de dólares. Sus inversiones en biocombustibles se centran en la producción a escala comercial y venta de etanol celulósico, en asociaciones

estratégicas con otras empresas. Busca posicionarse estratégicamente para ser una empresa integrada líder en los mercados de biocombustibles

**Iogen Corp.** es una empresa canadiense biotecnológica fundada en 1970, centrada en el desarrollo de tecnologías para la producción de etanol celulósico y en tecnologías enzimáticas para usos industriales. El proceso de etanol celulósico de la empresa usa tecnologías de avanzada combinando innovaciones en el pre-tratamiento de la materia prima (descomposición de la biomasa celulósica), en las enzimas utilizadas para convertir las fibras en azúcares y en los procesos de fermentación, utilizando una combinación de técnicas térmicas, químicas, y bioquímicas que aumentan los rendimientos del proceso. La tecnología enzimática es una de las áreas claves de la capacidad innovativa la empresa (ingeniería de proteínas, fermentación, producción de enzimas, aplicación de enzimas, ingeniería de reacciones a base de enzimas) Iogen posee una planta manufacturera con las mejores tecnologías para la producción de etanol, en Ottawa. En el largo plazo, Iogen espera comercializar su proceso de etanol celulósico licenciando su tecnología

**AB Enzymes**, empresa alemana productora de enzimas, forma parte del Grupo ABF Ingredientes, orientado a la producción de ingredientes para usos alimentarios y no alimentarios. AB Enzymes se focaliza en el mercado de los biocombustibles y en el uso de biomasa lignocelulósica para la producción de combustibles de transporte. Desarrolla también enzimas para usos alimentarios, para la alimentación animal, los textiles, y pulpa y papel. Originalmente la empresa madre fue ROM and Hass, fundada en 1907, dedicada a la producción de enzimas industriales. En 2001 Röhm Enzyme se transforma en AB Enzymes y dos años más tarde se integra al Grupo ABF

**Codexis** es una empresa estadounidense que se instala en el 2002, especializada en el desarrollo de procesos biocatalíticos químicos para los mercados de energía, medioambiente y químicos, focalizándose en la conversión de recursos renovables en combustibles para el transporte y en químicos industriales, y en el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de agua y aire. Sus dos unidades de negocios son farmacéuticos y bioindustriales. Posee filiales en Alemania, Hungría, India y Singapur.

**Dyadic** es una empresa biotecnológica estadounidense fundada en 1979, dedicada al desarrollo de proteínas, enzimas, polipéptidos y pequeñas moléculas para aplicaciones en las industrias de bioenergía (biocombustibles de segunda generación), químicas, farmacéuticas y otras. Sus competencias se centran en el desarrollo de enzimas especiales y en tecnología propia y patentada para realizar I+D.

Algunas empresas están comenzando a incursionar en la producción de etanol de segunda generación, en forma integrada con el desarrollo de tecnologías enzimáticas, a partir de plantas pilotos. Entre ellas se encuentran Iogen y Verenum, ya comentadas, y Abengoa, y el joint venture de DuPont-Danisco

**Abengoa, Bioenergy**, es una empresa tecnológica española fundada en 1941, históricamente dedicada a servicios de ingeniería, con inversiones en Europa, EEUU y Brasil y una capacidad de producción estimada en 2000 millones de litros/año. A partir del protocolo de Kyoto se reorientó al sector energético y desde el 2001 su estrategia es convertirse en una empresa medioambiental global centrada en la producción de bioetanol. Ha realizado I+D en biotecnología y adquirido las capacidades para la producción de bioetanol a partir de la fermentación de biomasa a través de la adquisición de empresas, y cuenta con apoyo financiero del Departamento de Energía de EEUU y subvenciones de la Unión Europea. Actualmente es

una empresa líder de biocombustibles en Europa . Basa su estrategia de PI en el secreto comercial más que en las patentes, y en la adquisición de innovaciones externas

**DuPont Danisco Cellulosic Ethanol LLC (DDCE)**, es un joint-venture creado en el 2009 con una inversión inicial de 140 millones de dólares. Se focalizado en la provisión de tecnología integral para la producción de etanol celulósico a partir de la hidrólisis de maíz y residuos de bagazo, ombinando los desarrollos enzimáticos de Genencor con las tecnologías de pre-tratamiento de la materia prima y de producción de etanol de DuPont. La empresa está desarrollando un paquete tecnológico integrado incluyendo los elementos de diseño y técnicos (desde la recepción de la biomasa hasta la producción de etanol, pasando por el proceso de propiedad intelectual y licencias) para la instalación de biorefinerías de segunda generación listas para la producción, en alianza con universidades y start-up biotecnológicas. En el 2009 abrió una planta demostrativa para la producción de etanol a partir de maíz y de switchgrass

Los nuevos desarrollos de etanol celulósico surgen ya sea a partir de la integración de la cadena de valor (como en los casos de Verenium o de Dupont/Danisco) o de alianzas. Se encuentran dos tipos de alianzas en estas producciones: i) dentro de la cadena de valor, por ejemplo con proveedores de materia prima o con minoristas o distribuidores; y ii) de transferencia de tecnología, con universidades, laboratorios de I+D o empresas biotecnológicas especializadas en la provisión de insumos. Algunos casos - son los siguientes:

- Alianza de Dupont y Verenium para el desarrollo de nuevos enzimas para la hidrólisis del rastrojo de maíz, para azúcares fermentables.
- Alianza de DuPont/John Deere/Michigan State University y el National Renewable Energy Laboratory (NREL) de EEUU desarrollo de tecnología celulósica: DuPont ( a través de su empresa de semillas Pioneer) y John Deere se encargan del aprovisionamiento de distribución de materia prima; la Universidad evalúa el ciclo de vida de la tecnología agrícola, y el NREL porvee información tecnológica sobre opciones de pre-tratamiento de la materia prima.
- Contratos de Iogen con productores agrícolas para asegurarse la oferta de paja de trigo para la producción de etanol

Por su parte, las alianzas entre instituciones de C y T y empresas están explorando combinaciones térmicas, químicas y biológicas en los procesos de sacarificación para desarrollar vías más eficientes y económicas para la producción comercial de etanol celulósico. Varios programas de I+D especialmente en EEUU y Canadá, con fuerte apoyo gubernamental, se centran en el desarrollo de tecnologías para la producción de etanol celulósico. (OECD-IEA, 2010, UNEP, 2009). El Departamento de Energía de EEUU lanzó en el 2007 un programa en subsidios concursables por U\$S 385 millones para la construcción de seis biorefinerías con tecnología de punta para la producción de etanol celulósico; entre las empresa beneficiadas se encuentran Abengoa Bioenergy , junto a su socio tecnológico, Dyadic Internacional; Poet Bionergy , con sus socios DuPont y Novozymes North America; y Iogen Corp. (BIO, 2008):

EEUU ha destinado asimismo en años recientes 85 millones de dólares para la conformación de consorcios entre universidades y empresas privadas para la búsqueda de soluciones comerciales para la producción de biocombustible a partir de algas, (CADER)

**En resumen:** la I+D y los avances en plantas piloto para desarrollar la producción de biocombustibles de segunda generación a escala comercial competitiva exigen elevadas inversiones y largos plazos de maduración, los que sólo son afrontables a partir de alianzas público/privadas y de fuertes subsidios estatales. Grandes empresas globales y nuevas empresas especializadas se articulan en alianzas tecnológicas, bajo la governance de las primeras, en un contexto de procesos continuos de centralización de capitales.

## SECCIÓN II: LOS BIOCOMBUSTIBLES EN LA ARGENTINA

La producción de biocombustibles en la Argentina se centra en la elaboración de biodiesel de soja. En el 2009, el país ocupó el cuarto lugar como productor mundial y el primero como exportador de biodiesel. El grueso de la producción se destina al mercado externo, luego de abastecer la demanda local. Las tecnologías utilizadas en la producción de los biocombustibles son sencillas y se encuentran disponibles

### II.1. La industria del biodiesel

La producción de biodiesel comenzó en la década del '90, aunque sólo se realizaba a pequeña escala y para autoconsumo. Recién en el 2006, empezaron a aparecer algunas plantas medianas, y al año siguiente, con el ingreso de las grandes empresas, se amplía significativamente la capacidad de producción.

Actualmente, predomina la producción de biodiesel de primera generación, para lo cual se utiliza como materia prima el aceite de soja. Esta configuración sectorial se sustenta en la preexistencia de una industria aceitera de gran envergadura y alta competitividad que impulsó a algunas empresas a realizar inversiones de carácter menor para la producción de biodiesel. Si bien se ha comenzado a vislumbrar la búsqueda de procesos de producción alternativos hacia la segunda generación de biodiesel, a través de la extracción de aceites de cultivos no tradicionales y de microalgas, aún resulta muy incipiente e inviable de implementarse a escala comercial. Respecto de los biocombustibles de tercera generación, no se han registrado prácticas en las empresas, aunque en algunas instituciones públicas se están realizando investigaciones, especialmente, en diferentes direcciones del INTA<sup>5</sup>.

Se presenta una reseña del marco legal vigente para la producción y comercialización de biodiesel. En segundo lugar, se analiza la configuración de la industria, especificando las estrategias de las principales empresas. Por último, se presentarán una serie de indicadores para observar la evolución del sector.

#### II.1.1. Marco regulatorio para la producción de biodiesel

En los últimos años, se han implementado una serie de incentivos a la producción de biocombustibles, los cuales son parte del marco normativo que regula el desenvolvimiento de la industria. En primer lugar, se destaca la aplicación de alícuotas inferiores en los impuestos a las exportaciones del biodiesel respecto del aceite, lo que actuó como un subsidio a la producción. En segunda instancia, se impuso el régimen de promoción para la fabricación de biocombustibles, que implicó el otorgamiento de beneficios fiscales, al tiempo que se decidió la fijación de los precios para las ventas al mercado interno.

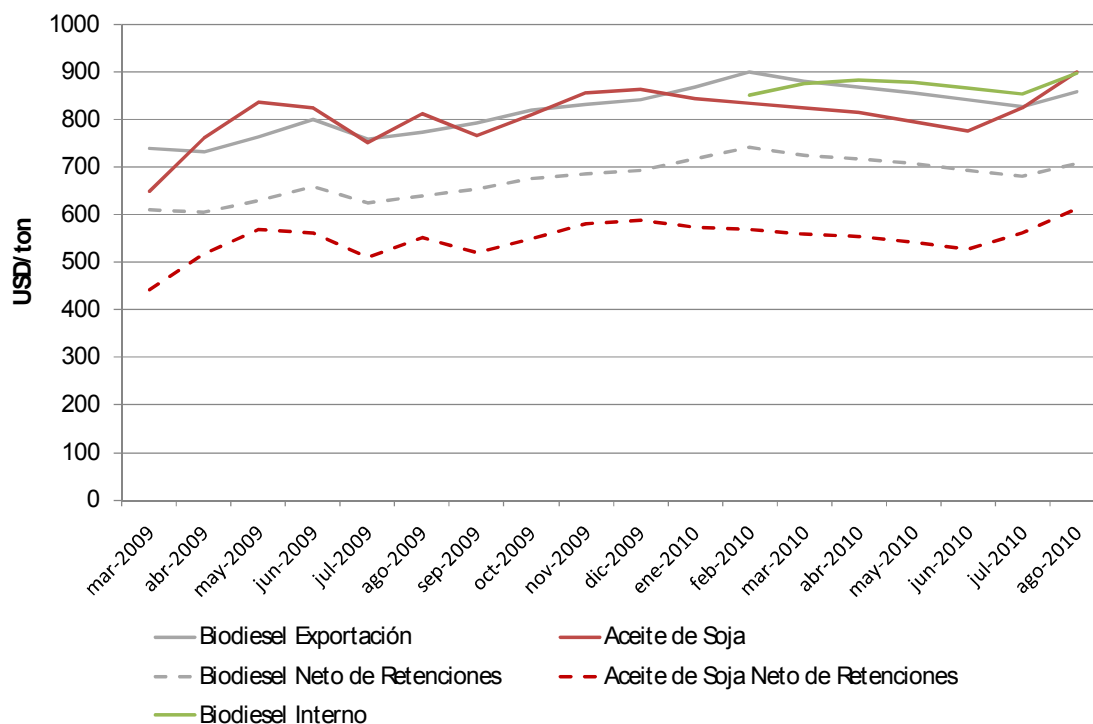
La aplicación de retenciones escalonadas significó un incentivo a las aceiteras para producir biocombustibles. Entre noviembre de 2007 y marzo de 2008, el biodiesel tenía establecido un nivel de impuestos a la exportación del 5%<sup>6</sup>, mientras que el aceite de soja tributaba a esa fecha el 32%, por lo que sin que hubiera necesariamente un importante diferencial en las cotizaciones, el precio percibido por el exportador de biodiesel era ampliamente superior al que recibía el exportador de aceite de soja. Dado que la transformación de aceite en biodiesel no implica un proceso de alta complejidad, muchas empresas del *crushing* eludieron parte de la carga fiscal a través de las exportaciones del biocombustible.

<sup>5</sup> Se pudo mencionar como ejemplo el proyecto de desarrollo y generación de biocombustibles de segunda y tercera generación (PNEG1413), coordinado por Daniel Grasso.

<sup>6</sup> Adicionalmente, cuenta con un reintegro del 2.5%



**Gráfico N° 1. Evolución de los precios del biodiesel y del aceite de soja. Marzo 2009-Agosto 2010. En dólares FOB y netos de retenciones.**



Fuente: Administración Federal de Ingresos Públicos, Secretaría de Energía y Ministerio de Agricultura, ganadería y Pesca.

A mediados de marzo de 2008 una resolución<sup>7</sup> del Ministerio de Economía y Producción, estableció un ascenso de la alícuota para los derechos de exportación al biodiesel al 20%<sup>8</sup>. A pesar de ello, continúa existiendo una diferencia en los precios a favor de las exportaciones de biodiesel. Tal como se observa en el Gráfico 1, hasta principios de este año el precio de exportación del biodiesel era menor al del aceite de soja. Sin embargo, teniendo en cuenta las retenciones vigentes, se crea una brecha entre los precios que ronda los 150 dólares por tonelada a favor del exportador de biodiesel<sup>9</sup>. Si bien el diferencial de alícuotas en los derechos de exportación constituyó un incentivo para las grandes aceiteras para reconvertirse, la medida resultaba redundante considerando la alta rentabilidad del biodiesel. Incluso, el precio que obtienen las empresas al abastecer la demanda interna de biodiesel es superior al que percibirían vendiendo en el mercado externo y aún mayor al valor de exportación de aceite de soja. Cabe señalar que las ventas al mercado local se efectúan al precio de referencia establecido por la Secretaría de Energía<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> La Resolución N° 126

<sup>8</sup> En la actualidad, está en discusión en el Congreso una modificación general en los derechos de exportación de la cadena sojera que igualaría la alícuota a imponer al aceite de soja y al biodiesel, con lo que desaparecería el incentivo a la producción de biodiesel por tributar un menor nivel de derechos de exportación.

<sup>9</sup> En el gráfico se puede observar las líneas punteadas que muestran los precios del biodiesel y del aceite de soja neto de retenciones.

<sup>10</sup> \$/tonelada de BIODIESEL a salida de planta = (Costo de una tonelada de Aceite de Soja en \$ + Costo de Transacción de la compra de una tonelada de Aceite de Soja) \* 1,06 + Costo de Transporte de una

La puesta en marcha del “Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles” mediante la Ley 26.093, sancionada en 2006, también contribuyó al crecimiento de la industria. La ley estableció que desde el 1° de enero de 2010 se debía comercializar el gasoil y la nafta con un corte del 5% con biocombustibles (biodiesel y bioetanol, respectivamente). El régimen consiste en el otorgamiento de una serie de beneficios impositivos para los productores de biodiesel y de bioetanol que vendan al mercado local: devolución anticipada del Impuesto al Valor Agregado, amortización acelerada del Impuesto a las Ganancias; exención del Impuesto a la Ganancia Mínima Presunta, del Impuesto a la Tasa Hídrica (5% del valor de compra del combustible) y del Impuesto a los Combustibles. Las empresas participantes en el mencionado régimen tienen asegurada la compra de la totalidad del biocombustible que produzcan, al precio calculado por la Secretaría de Energía. Por tanto, las empresas deben elegir si producen para el mercado interno o para los mercados de exportación antes de crear la personería jurídica<sup>11</sup>.

El objetivo inicial era brindar un tratamiento diferencial a las pequeñas y medianas empresas (PyMEs)<sup>12</sup>, priorizando su participación en el cupo nacional de biocombustibles. Estas empresas recibirían los beneficios fiscales del régimen de promoción al tiempo que percibirían el precio interno (que resultó superior al de exportación). En tanto, las grandes empresas, generalmente orientadas a la exportación, obtendrían por la comercialización de sus productos el precio internacional menos las retenciones, aprovechando la existencia de las tasas escalonadas. Así, se configuraría una industria de biocombustibles en la que coexistirían PyMEs nacionales que vendan al mercado local con empresas de mayor porte que produzcan para el mercado externo.

En el año 2010, se establece el “Acuerdo para abastecimiento del biodiesel en el mercado interno”<sup>13</sup>, a partir del cual se asigna el cupo nacional entre las empresas interesadas. En esta primera etapa, se priorizó la participación de las empresas de menor tamaño, quienes ofrecieron la totalidad de su capacidad de producción. Pocos meses después, la Secretaría de Energía emite una nueva resolución<sup>14</sup> mediante la que se eleva el requerimiento de corte sobre el gasoil al 7%, incrementándose el cupo de biodiesel para el mercado interno. En esta segunda etapa, las grandes fábricas son las que resultaron beneficiadas. Si bien la estrategia inicial de las grandes empresas era orientarse a la exportación, desde la ampliación del mercado, terminaron vendiendo tanto al mercado interno como externo. Esto significó que las mismas pudieron ser beneficiarias del régimen de promoción y del precio interno establecido por la Secretaría de Energía<sup>15</sup>.

Las sucesivas reglamentaciones nacionales, por tanto, fueron configurando la morfología de la industria del biodiesel. Si bien en un primer momento se buscaba fortalecer a las firmas pequeñas, el objetivo quedó difuso en la etapa de ampliación. El resultado fue la conformación de un mercado local en el que participan 12 PyMEs que destinan el 100% de su capacidad de producción potencial, pero que en forma conjunta sólo representan el 30% del total del consumo interno, quedando la mayor parte del abastecimiento en manos de firmas grandes con mayor poder de negociación que las pequeñas, tanto para disponer de las materias primas, como para la comercialización de los productos.

---

tonelada de Aceite de Soja en \$ + Costo de una tonelada de Metanol en \$ \* 0,155 + Demás componentes del costo en \$ \* IPIM + Utilidad en \$ por Tonelada de BIODIESEL.

<sup>11</sup> En el año 2010, desde la implementación del corte obligatorio, esta exigencia fue flexibilizada.

<sup>12</sup> También se establece explícitamente que deberá priorizarse la participación de productores agropecuarios en el cupo de abastecimiento, y al mismo tiempo, favorecer a las economías regionales.

<sup>13</sup> Mediante la Resolución N°7 de 2010 de la Secretaría de Energía.

<sup>14</sup> La Resolución N° 554 de 2010 de la Secretaría de Energía.

<sup>15</sup> Cabe señalar que el precio es fijado por la Secretaría de Energía teniendo en cuenta las capacidades de producción de las empresas pequeñas. Por tanto, esto podría significar un incremento en el margen de ganancia para las grandes empresas que participen en el mercado local.

En conclusión, dado que todas las empresas perciben el mismo precio por vender al mercado local, el régimen de promoción a la producción de biodiesel terminó favoreciendo a las empresas de mayor porte debido a sus ventajas de costos.

### ***II.1.2. Configuración de la industria***

Las empresas inscriptas en la Secretaría de Energía, que han asumido el compromiso de participar en el cupo nacional, alcanzan a 23 empresas con una capacidad de producción de 2,5 millones de toneladas de biodiesel (aproximadamente 3.000 millones de litros), lo que arroja un promedio de 100.000 toneladas por planta.

Coexisten distintos tipos de empresas, según su capacidad de producción y/o su tamaño y su grado de integración.

**Cuadro N° 5. Capacidad instalada en la industria de biodiesel. Año 2010. En toneladas. (Ordenado según capacidad instalada).**

N°	Empresa	Capital/Grupo	Origen	Clasificación	Tamaño	Materia prima	Provincia	Capacidad Instalada (A)	Cupo Asignado (B)	Coef. de exportación potencial
1	Renova S.A.	Oleaginosa Moreno Vicentin y Molinos	Mixta	Industria de la molinenda	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	480.000	51.000	89,4%
2	L.D.C. Argentina S.A.	Subsidiaria de Dreyfus	Extranjera	Industria de la molinenda	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	300.000	44.000	85,3%
3	Patagonia Bioenergía S.A.	Cazenave y Energía & Soluciones S.A.	Nacional	Independiente grande	Grande	Aceite de soja/Jatropha	Santa Fe	250.000	49.000	80,4%
4	Ecofuel	Terminal 6 (AGD y Bunge)	Mixta	Industria de la molinenda	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	240.000	45.000	81,3%
5	Unitec Bio S.A.	Grupo Eumekian.	Nacional	Independiente grande	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	230.000	122.000	47,0%
6	VILUCO S.A.	AG-Energy de Grupo Lucci (Citrusvil)	Nacional	Industria de la molinenda	Grande	Aceite de soja	Stgo del Estero	200.000	117.000	41,5%
7	Explora S.A.	Fondo chileno Meck	Extranjera	Independiente grande	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	120.000	94.000	21,7%
8	Molinos Río de la Plata S.A.	Pérez Companc	Nacional	Industria de la molinenda	Grande	Aceite de soja	Santa Fe	100.000	41.000	59,0%
9	Diaser S. A.	Efrain Szuchet	Nacional	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja/Colza	San Luis	96.000	83.000	13,5%
10	Biomadero S.A.	-	Nacional	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja (nuevo y reciclado)	Buenos Aires	72.000	45.300	37,1%
11	Vicentin S.A.	-	Nacional	Industria de la molinenda	Mediana	Aceite de soja	Santa Fe	64.000	48.840	23,7%
12	Aripa	Aripa Cereales	Nacional	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja	Buenos Aires	50.000	50.000	0,0%
13	Oil Fox S.A.	-	Nacional	Independiente chico	Mediana	Microalgas	Buenos Aires	50.000	50.000	0,0%
14	Aomsa	Dester y Diatan Holding Ltd.	Extranjera	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja	Buenos Aires	48.000	48.000	0,0%
15	Maikop S.A.	Petrolera Argentina SA	Nacional	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja	Neuquén	40.000	40.000	0,0%
16	Rosario Bioenergy S.A.	-	Nacional	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja (nuevo y reciclado)	Santa Fe	36.000	36.000	0,0%
17	Diferoil S.A.	-	Mixta	Independiente chico	Mediana	Aceite de soja/ otros	Santa Fe	30.000	30.000	0,0%
18	Pítey S.A.	-	Nacional	Independiente chico	Pequeña	Aceite de soja/colza	San Luis	18.000	18.000	0,0%
19	Soyenergy S.A	-	Nacional	Independiente chico	Pequeña	Aceite de soja	Buenos Aires	18.000	18.000	0,0%
20	Bolzan S.A.	Grupo Bolzán	Nacional	Independiente chico	Pequeña	Aceite de soja	Entre Ríos	10.800	10.800	0,0%
21	Ecopor S.A.	-	Nacional	Independiente chico	Pequeña	Aceites reciclados	Buenos Aires	10.200	10.200	0,0%
22	New Fuel			Independiente chico	Pequeña			10.000	10.000	0,0%
23	Energías Renovables Argentinas SA		Nacional	Independiente chico	Pequeña		Santa Fe	9.600	9.600	0,0%
24	Biocombustibles chubut		Nacional	Independiente chico	Pequeña	Microalgas	Chubut	3.600	0	100,0%
<b>TOTAL</b>								<b>2.486.200</b>	<b>1.070.740</b>	<b>56,9%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a información de CADER, Secretaría de Energía y artículos periodísticos.

Nota: Biocombustibles Chubut es la única empresa que no se encuentra registrada en la Secretaría de Energía.

Atendiendo a su capacidad de producción podemos distinguir entre:

- Pequeñas: capacidad menor que 30.000 tn/año
- Medianas: entre 30.000 y 100.000 tn/año
- Grandes: mayor que 100.000 tn/año

Son siete las firmas pequeñas, las cuales representan el 3,2% de la capacidad de producción de biodiesel del país; las medianas son 9 y participan con el 19,5%; y las grandes, son 8 con el 77,2%.

Siguiendo a CADER puede realizarse una tipología alternativa distinguiendo entre: i) Aceiteras (o industrias de la molienda), ii) Independientes Grandes, y iii) Independientes Chicas.

- i) El primer grupo está constituido por empresas de la industria aceitera que se diversificaron hacia la elaboración de biodiesel. Las firmas de este segmento poseen ventajas que las sitúan en una mejor posición relativa frente al resto: ubicaciones estratégicas sobre los puertos, acceso a financiamiento y redes internacionales de logística y producción. En general utilizan tecnologías de producción europeas, como las de *De Smet* y *Lurgi*. Sin embargo, el factor esencial de diferenciación es la disponibilidad de materia prima: el aceite de soja. En general, las plantas de elaboración de biodiesel se encuentran próximas a las de molienda, por lo que la integración vertical les permite un ahorro de costos de transporte. Entre éstas empresas se encuentran emprendimientos como **Renova** (Vicentin, Glencore y Molinos), **Ecofuel** (AGD y Bunge), **LDC Argentina** (Dreyfus), **Molinos Río de la Plata** y **Vicentin** (aunque su planta es de menor tamaño). También se encuentra Viluco, que se introdujo en el negocio del biodiesel directamente implementando una estrategia de integración vertical, estableciendo una planta de *crushing* de soja. La capacidad instalada conjunta de este grupo llega actualmente a 1,3 millones de toneladas/año, que representa el 55% del total de la industria. Cabe aclarar que la capacidad de producción de este grupo se ampliaría próximamente con el ingreso de Cargill a la industria de biocombustibles.
- ii) La segunda clase está conformada por plantas grandes pero que no están directamente asociadas con una aceitera (los “Independientes Grandes”). Cuentan con inversores de gran envergadura, como el Grupo Eurnekián o el fondo chileno Meck, y plantas que se clasifican dentro de las mejores prácticas internacionales (por la tecnología de producción), pero no disponen de materia prima propia. Ante la falta de control directo sobre los insumos, algunos han realizado acuerdos para asegurarse la provisión del aceite, mientras que otros han iniciado investigaciones para el desarrollo de cultivos de segunda generación para reducir la dependencia con las empresas “aguas arriba”. En esta clase de empresas se pueden mencionar a **Unitec Bio**, **Explora**, y **Patagonia Bioenergía**. Mientras que Unitec Bio optó por la realización de acuerdos de largo plazo con aceiteras, Patagonia Bioenergía ha comenzado a estudiar la posibilidad de elaboración de aceites en base a *jatropha*<sup>16</sup>. Cabe señalar que gran parte de estos emprendimientos están comenzando a trabajar cada vez más bajo acuerdos de tipo *façon* para las aceiteras. La capacidad instalada de este grupo llega a 600.000 toneladas/año, representando un cuarto del total de la industria.
- iii) La tercera clase corresponde a las plantas medianas y pequeñas independientes (los “Independientes Chicos”). Se trata de un grupo muy heterogéneo debido a las diferencias en el tamaño de las plantas, a las estrategias de producción y a la

---

<sup>16</sup> Sin embargo, tal como se mencionará más adelante, aún no resulta factible la producción de biodiesel mediante aceite de *jatropha* a escala comercial.

capacidad para negociar con proveedores. En términos generales, cuentan con tecnologías de producción nacional (muchas de buena calidad), pero se ubican lejos de los puertos o de accesos troncales a las materias primas. Las asimetrías respecto a las aceiteras, pues la molienda se encuentra altamente concentrada, desfavorece a las pequeñas fabricantes de biodiesel para la negociación de precios. Además, tienen menos disponibilidad de acceso al financiamiento, y por tanto, les resulta más difícil participar en mercados internacionales.

Algunas firmas han llevado a cabo estrategias para reducir la dependencia de las aceiteras. Al respecto, se destacan las empresas que comenzaron la búsqueda de fuentes alternativas, como **Oil Fox** y **Biocombustibles Chubut**, que extraen aceites de microalgas. Sin embargo, los proyectos son aún muy incipientes. Según informantes claves, la producción de biodiesel de la empresa Oil Fox se basa actualmente en la utilización de aceite de soja. Por su parte, **Diaser** está realizando pruebas con aceite de colza. También se encuentran aquellas firmas que producen a escalas muy pequeñas y que reciclan aceites para convertirlos en biodiesel. Por último, algunos emprendimientos trabajan a *façon* para algún productor grande o *trader*, con márgenes muy reducidos, o encuentran una solución alternativa: clientes en el exterior que le compran directamente la totalidad de su producción (St. James, 2009). Entre este grupo se encuentran **Soyenergy**, **Biomadero**, **Derivados San Luis**, **Pitey**<sup>17</sup>, y **Energías Renovables Argentinas**, entre varios más. La capacidad instalada de este grupo llega a 500.000 toneladas/año y representan conjuntamente el 20% del total del país.

Vale la pena señalar que han comenzado a surgir iniciativas para la provisión de servicios “llave en mano” para la producción de materias primas alternativas. Tal es el caso de la firma Cultivos Energéticos, que ofrece asesoramiento para cultivar la *Jatropha curcas*, por las ventajas esperadas que podrían brindar por el alto contenido oleico de las semillas y por la posibilidad de siembra en zonas marginales.

Además de los grupos de empresas mencionados, se observan dos nuevos tipos de empresas que no se podrían encuadrar en esta clasificación. Por un lado, se encuentran las firmas que no sólo producen biodiesel, sino también que ofrecen servicios de instalación de fábricas “llave en mano”, como son los casos de New Fuel, y de otras empresas como ALS Bioenergía, que ofrece nuevas tecnologías para la elaboración de biocombustible a partir de diferentes materias primas, aportando mayor flexibilidad para las empresas productoras. Cabe señalar que ALS tiene un acuerdo técnico y comercial con Dow Química (fabricante de resinas utilizadas en la producción de biodiesel) con la expectativa de ofrecer estas nuevas tecnologías con el respaldo de Dow, para vender plantas llave en mano en otros países de América Latina.

Por otra parte, considerando que las empresas petroleras son las encargadas del mezclado y de la comercialización de los biocombustibles, podría existir un interés por parte de las mismas para ingresar en el mercado para asegurarse la disponibilidad de la materia prima. Para ello, deben realizar acuerdos con las firmas elaboradoras de biocombustibles, o bien, comenzar a producirlo. Tal es el caso de Maikop, quien forma parte de Petrolera Argentina. En tanto, YPF ha anunciado hace algunos años, la conformación de un grupo para la investigación en biocombustibles. No obstante, según opiniones de informantes clave del sector de biocombustible, no se podría configurar una cadena donde las petroleras ejerzan la *governance*, debido a que se trata de un mercado altamente concentrado en empresas extranjeras, sin interés alguno en la realización de inversiones adicionales en el país.

---

<sup>17</sup> Cabe mencionar que recientemente la empresa Pitey ha realizado la instalación de maquinaria para la extracción de aceites de soja y colza, lo que le otorgará una mayor independencia (la capacidad de molienda es de 3.000 toneladas diarias).

### II.1.3. Principales empresas y sus estrategias

Las cuatro empresas del sector que en conjunto suman el 60% de la capacidad de producción de biodiesel del país, son: Renova, Louis Dreyfus (LDC), Patagonia Bioenergía, Ecofuel y Unitec Bio.

De acuerdo a los últimos datos disponibles, la empresa con mayor capacidad de producción de biodiesel es **Renova**, que con 480.000 toneladas por año concentra casi el 20% del total del país. El origen del capital de la firma es mixto, ya que actualmente un *joint venture* de Oleaginosa Moreno (Glencore), Vicentin y Molinos, quienes se encargan de la provisión del principal insumo de producción, el aceite de soja. Adicionalmente, han anunciado este año, una inversión de US\$ 350 millones en la construcción de una planta de procesamiento de poroto de soja y de una turbina para generación propia de la energía necesaria para su funcionamiento. El emprendimiento conjunto de los socios de Renova incluye la construcción de un puerto para la exportación de granos, productos y subproductos derivados del procesamiento de la soja. La estrategia de producción de la empresa está definida en función de las ventas al mercado externo. Sólo un 10% de su producción se asignó para el Cupo Nacional del mercado interno.

En segundo lugar, se encuentra **LDC**, de capitales extranjeros. LDC Argentina es una empresa subsidiaria del grupo Dreyfus, que empezó a operar en Julio del 2008 dentro del complejo de General Lagos en Santa Fe. La planta cuenta con una capacidad de producción de 300.000 toneladas por año, lo que representa el 12% del país. Además, tiene posibilidad de almacenar 25.000 toneladas de biodiesel y 7.000 toneladas de glicerina. Considerando que LDC es uno de los *traders* mundiales más relevantes en *commodities* agrícolas, la estrategia para biodiesel es vender al mercado externo. En tal sentido, sólo el 15% de su capacidad de producción se destina al mercado interno, porción que ha sido asignada como parte del cupo nacional de biocombustibles.

Además de las dos plantas de molienda de oleaginosas y de producción de biodiesel, el grupo tiene previsto la construcción de un nuevo complejo de elevación y almacenaje de granos, molienda de soja y girasol y la instalación de una planta de biodiesel en Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires.

**Patagonia Bioenergía** es la tercera empresa en importancia, con una capacidad de producción de biodiesel de 250.000 toneladas por año (10% del total del país). La firma es el resultado de la asociación de dos empresas argentinas (Cazenave y Asociados S.A., una empresa de servicios para la agroindustria, y Energía & Soluciones S.A., que es comercializadora de energía). La planta de producción se encuentra localizada en San Lorenzo, Provincia de Santa Fe, y cuenta con maquinaria de última generación provista por Desmet-Ballestra<sup>18</sup>. Si bien el insumo que utiliza actualmente es el aceite crudo de soja, la empresa tiene el objetivo de reemplazarlo a mediano plazo por el de *Jatropha*, una planta con altos rindes de aceite aún en tierras muy marginales, por lo que no compite con otros cultivos alimenticios ni por el suelo ni por el agua (ver más adelante). Para ello, la empresa ha desarrollado un vivero de plantines de *jatropha* que constituye una red de ensayo en la provincia de Formosa, y ha firmado un convenio de colaboración técnica con el Centro de Validación (CeDeVa), que cuenta con dos campos experimentales, uno en Laguna Yema y otro en Tacaagle. A partir de mayo de 2009 se comenzó a cosechar los primeros lotes plantados, pero informantes claves del sector señalaron que los avances en el cultivo son escasos, por lo que a corto plazo parecería poco viable la utilización de la *jatropha* como sustituto de la soja a escala comercial.

En quinto lugar, se sitúa **Unitec Bio**, una empresa de la Corporación América, del grupo Eurnekián (capital nacional). La construcción de la planta, situada en Santa Fe, ha requerido una inversión de 70 millones de dólares, y cuenta con una capacidad de producción de 240.000 toneladas de biodiesel por año. Cabe señalar que de acuerdo a la asignación del cupo nacional,

---

<sup>18</sup> Desmet-Ballestra es líder en la fabricación de plantas para la industria aceitera y oleoquímica.

la empresa destina el 51% de su capacidad de producción al mercado interno. Actualmente, Unitec Bio invierte en investigación y desarrollo de biocombustibles de segunda generación (según información de la empresa). Dentro de su estrategia, la empresa tiene proyectada la ampliación de su planta de biodiesel así como la incursión en el mercado del etanol de caña en el Noreste argentino. Dado que no constituye una empresa del procesamiento de soja, Unitec Bio se encuentra conectada por medio de ductos con Terminal 6 (AGD y Bunge), quien provee la materia prima y los servicios de puerto para la exportación.

Al respecto, el Complejo Terminal 6, que pertenece a la Aceitera General Deheza (AGD) y a la filial argentina de Bunge, cuenta con **Ecofuel** (la cuarta empresa en importancia respecto a la capacidad de elaboración), una planta de producción de biodiesel, con capacidad de 220.000 toneladas anuales. La estrategia de la empresa es producir el biocombustible para el mercado externo, contando con dos facilidades: la disposición de materia prima en el mismo espacio, y también de una terminal portuaria propia.

Por último, vale la pena mencionar algunos anuncios de inversiones en el sector. En particular, se espera la instalación de una planta de producción de biodiesel de la empresa *Cargill*, uno de los principales *traders* de *commodities* agrícolas del mercado mundial, que además ocupa el primer puesto en la capacidad de *crushing* de oleaginosas (26.200 toneladas por día) en la Argentina. De acuerdo a fuentes periodísticas, la empresa invertirá U\$S 450 millones para la construcción de la planta y destinará el 30% de la producción de aceite crudo de soja a la elaboración de biocombustibles.

#### *II.1.4. Evolución de la industria*

Los datos de los principales indicadores de la industria de biodiesel publicados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture-USDA) dan cuenta del crecimiento exponencial del sector que se manifiesta tanto en la ampliación de la capacidad instalada, como en la producción y en las ventas (Cuadro 2).

En el año 2006, la Argentina contaba con una capacidad instalada para la producción de biodiesel, de 155.000 toneladas (174 millones de litros) repartida entre seis empresas: Vicentin, Biomadero, Pitey, Advanced Organic Materials (AOMSA), Biodiesel y Soyenergy. Todas ellas, con excepción de Vicentín, son empresas independientes pequeñas. En 2007, comienza a producirse una modificación en la estructura industrial, debido al ingreso de las empresas de la molienda de oleaginosas que se orientaban hacia el mercado externo. Durante este año se inauguran Renova y Ecofuel, que en ese entonces disponían de una capacidad de producir 200.000 toneladas por año (St. James, 2009). Al año siguiente se incorporan LDC Argentina SA, Unitec Bio SA, Explora SA y Molinos Río de la Plata SA, todas con una capacidad superior a las 100.000 toneladas por año. Mientras que los casos de LDC y Molinos representan inversiones de aceiteras con una abundancia de materia prima para hacer biodiesel, los proyectos de Unitec Bio y Explora representan apuestas de inversores no tradicionalmente afiliados a esa industria (St. James, 2009).

Como resultado de este proceso, en sólo tres años se constituyó una industria con capacidad de producir 2.600 millones de litros, aproximadamente, y se espera que alcance los 3.200 millones para 2011. Considerando que hay grandes proyectos de inversión anunciados, tanto para ampliación como para la creación de nuevas plantas, principalmente por el crecimiento del mercado doméstico, los análisis privados proyectan que la capacidad de producción sería de 6.000 millones de litros para 2015.

Con respecto a la cantidad de establecimientos, los datos de USDA reflejan sólo aquéllos inscriptos en la Secretaría de Energía, existiendo además una gran cantidad de pequeños productores que elaboran el biocombustible, aunque mayormente lo hacen para autoconsumo.



**Cuadro N° 6. Indicadores del sector de biodiesel en Argentina (millones de litros)**

	2006	2007	2008	2009	2010*	2011**
Producción	20	205	860	1.340	2.100	2.900
Importaciones	0	0	0	0	0	0
Exportaciones	0	185	780	1.300	1.400	1.700
Consumo	20	20	20	30	700	1.190
Stock Final	0	0	60	70	70	80
<b>Capacidad</b>						
N° de refinerías	6	9	18	30	30	35
Capacidad instalada	175	665	1.080	1.650	2.600	3.200
Capacidad por planta	29	74	60	55	87	91
Capacidad ociosa	89%	69%	20%	19%	19%	9%
<b>Aceite de soja (miles de Tn)</b>						
Materia prima p/biodiesel	18	180	760	1.180	1.850	2.550
Producción total	6.161	6.963	6.065	5.568	-	-
% utilizado en biodiesel	0%	3%	13%	21%	-	-

Fuente: elaboración propia en base a datos de United States Department of Agriculture (USDA).

\*Dato estimado

\*\*Dato proyectado

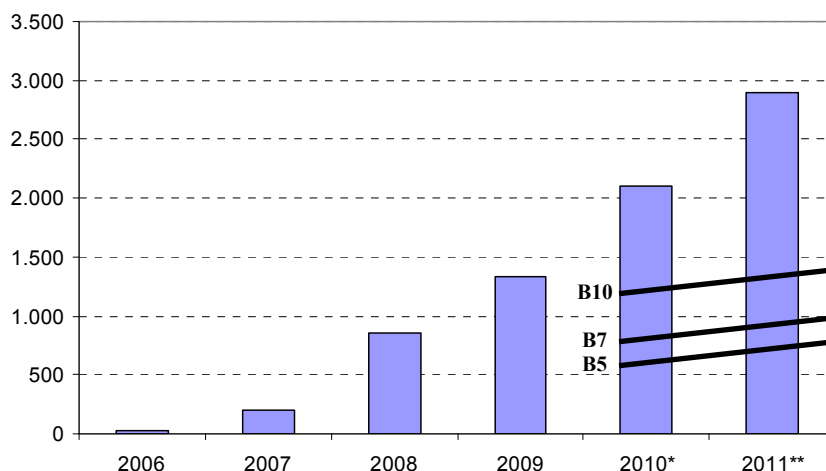
Un indicador que surge de ambas variables (capacidad instalada y número de establecimientos) es el tamaño medio de planta. Desde 2006 se observa un incremento en la capacidad técnica, que se atribuye al cambio en la configuración del sector, por el ingreso de las grandes aceiteras.

La evolución de la producción de biodiesel muestra un reflejo de la ampliación de la capacidad instalada. Mientras que en el año 2006 se producían sólo 20 millones de litros, los niveles se incrementan progresivamente hasta alcanzar los 1.300 millones en 2009. En consonancia con la evolución positiva que se espera para la capacidad instalada, las proyecciones de producción acompañan esta tendencia, con una duplicación de los volúmenes para 2011. Más aún, los indicadores muestran una intensificación en el uso de la capacidad instalada. Si bien en los dos primeros años se observa un alto porcentaje de capacidad ociosa, desde 2008 se reduce al 20% y permanece constante en el marco de una persistente expansión de la producción<sup>19</sup>.

Un factor que se destaca, es la importancia que adquiere la demanda de aceite de soja por parte de la industria de biodiesel. En 2006 y 2007, la participación del consumo de aceite por parte de la industria de biodiesel representaba menos del 5% de la producción total de aceite de soja; desde 2008, el porcentaje se incrementa para alcanzar el 20% en 2009 (tal como se ha adelantado). Si bien la industria del *crushing* de soja se caracteriza por su orientación exportadora, muchas empresas han complejizado su estrategia para producir biodiesel, aprovechando sus ventajas de localización, disponibilidad de insumos y logística, por un lado; y por el otro, para esquivar en parte las retenciones a las exportaciones de aceite de soja.

<sup>19</sup> Cabe aclarar que esto dependerá del nivel de inversiones que se efectivicen en los próximos años.

**Gráfico N° 2. Producción de biodiesel (millones de litros)**



\*Dato estimado

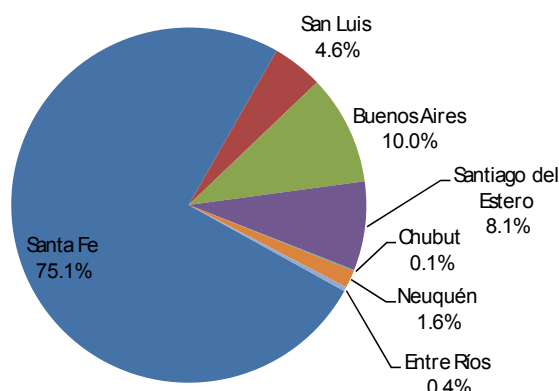
\*\*Dato proyectado

Fuente: elaboración propia en base a datos de United States Department of Agriculture (USDA).

La evolución del consumo interno de biocombustibles depende del consumo de nafta y gasoil y del porcentaje de mezcla que se reglamente. En función de lo acontecido en los últimos años, si se asume que la demanda de gasoil crecerá al 5% anual, con un corte del 5%, se necesitarían 700 millones de litros de biodiesel en 2011. Con el porcentaje de mezcla del 7%, la demanda de biodiesel sería de 900 millones de litros; y para el 10%, de 1.400 millones. Como se puede observar en el Gráfico 2, la producción de biodiesel estimada sería superior a la demanda interna incluso si se reglamentara la comercialización de nafta mezclada con un 10% de biodiesel (B10).

La distribución geográfica de la producción también responde a las estrategias de las firmas. Dado que en 2006 el sector estaba compuesto por pequeñas firmas independientes, se observaba una gran concentración de la producción de biodiesel en Buenos Aires. En cambio, desde que las empresas del *crushing* ingresaron en el mercado de los biocombustibles, la ubicación estratégica por su proximidad a los puertos de exportación, determinaron que la producción de biodiesel se concentrara en Santa Fe, tal como se exhibe en el Gráfico 3.

**Gráfico N° 3. Distribución geográfica de la capacidad de producción de biodiesel. Año 2010.**



Fuente: Elaboración propia en base a información de CADER, Secretaría de Energía y artículos periodísticos.

*En síntesis, el crecimiento del sector de biodiesel se atribuye tanto a factores externos como internos. La existencia de retenciones escalonadas, impulsaron a las aceiteras a introducirse en el mercado del biodiesel, con el fin de eludir en parte las presiones fiscales e incrementar su rentabilidad. Por otra parte, se implementaron una serie de medidas para regular el abastecimiento de la demanda local que favorecieron en un primer momento a las pequeñas y medianas empresas, pero luego las grandes firmas también pudieron ser beneficiarias de los incentivos otorgados. El resultado de ello, fue la conformación de una industria en la que coexisten firmas integradas verticalmente, que alcanzan al 55%, con empresas independientes, las cuales buscan diferentes alternativas para proveerse de las materias primas.*

## **II.2. La industria del bioetanol**

La producción de bioetanol en la Argentina se encuentra menos desarrollada y difundida que la de biodiesel, aunque a partir de la implementación del corte obligatorio sobre las naftas, la industria ha comenzado a adquirir un mayor dinamismo.

Actualmente, en la Argentina se produce bioetanol de primera generación en base a subproductos de la industria azucarera y también hay proyectos para la utilización de maíz, sorgo y batata.

En esta sección se presenta una breve reseña del marco regulatorio que refiere específicamente a la producción de bioetanol. En segundo lugar, se analizará la conformación de la industria y las estrategias de las principales empresas. Por último, se observará la evolución del mercado del bioetanol.

### *II.2.1. Marco regulatorio para la producción de bioetanol*

En el año 2007 se sanciona la Ley 26.334 que aprueba el “Régimen de Promoción de la Producción de Bioetanol” para fomentar la participación de los ingenios azucareros en la producción de biocombustibles. Al igual que los productores de biodiesel, la industria de bioetanol es alcanzada por el “Régimen de Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles”, establecido por la Ley 26.093.

Posteriormente, en septiembre de 2009 mediante una resolución de la Secretaría de Energía<sup>20</sup> se comienza a asignar el Cupo Nacional para la provisión de bioetanol para el mercado interno para el año 2010, alcanzando ofertas para cubrir un consumo de 180.000 m<sup>3</sup>. Sin embargo, en el mes de julio de 2010<sup>21</sup>, se amplió el cupo con el objetivo de lograr una producción de 260.000 m<sup>3</sup> para este año, al tiempo que se establecieron metas de al 2015 de 500.000 m<sup>3</sup>. En esta ocasión, además de existir compromisos por parte de los ingenios azucareros participantes para ampliar su capacidad de elaboración de bioetanol, se incluyen nuevas firmas que utilizarán otras materias primas (maíz y batata).

### *II.2.2. Configuración de la industria*

La industria del bioetanol se erige como una estrategia por parte de los ingenios azucareros para intensificar el uso de la capacidad instalada. La asignación del cupo nacional de biocombustibles resultó una medida esencial para incentivar la producción, ya que los ingenios tienen garantizada la efectivización de las ventas. A pesar de ello, dado que la mayor parte del alcohol se destila usualmente durante la zafra, existiría un significativo excedente potencial de capacidad. Para intensificar su uso, se está analizando la posibilidad de que produzcan etanol en base a maíz en los meses de inactividad. (Schvarzer y Tavošnanska, 2007).

En el Cuadro 3 se presentan las empresas habilitadas para producir bioetanol para abastecer la demanda interna. Según información oficial, se registran 9 ingenios azucareros que producen bioetanol, que suman una capacidad de producción de 268.000 m<sup>3</sup>. Dado que no se efectúan actualmente exportaciones de bioetanol, se considera que las empresas cuya producción forma parte del cupo nacional, son las firmas relevantes del sector. Las firmas son de capital nacional, con excepción de Alconoa que pertenece al Grupo Tabacal.

Tal como se ha mencionado, el bioetanol puede producirse a partir de los subproductos de la producción de azúcar (melaza) o mediante el jugo de caña. Hasta el momento, todo el bioetanol producido en la Argentina se realiza a partir de la melaza.

Debido a que la producción del bioetanol se encuentra verticalmente integrada con la producción de azúcar, su ubicación coincide con la de los ingenios azucareros: el 60% de la capacidad instalada para 2010 se establece en Tucumán, el 23% en Jujuy y el 17% en Salta. Sin embargo, cuando se inicien los proyectos para la elaboración de bioetanol en base a diferentes materias primas, las plantas se ubicarán en otras provincias (probablemente próximas a las producciones agrícolas o a las industrias de molienda).

---

<sup>20</sup> Por resolución N° 698/09 de la Secretaría de Energía.

<sup>21</sup> Por resolución N° 533/2010 de la Secretaría de Energía.

**Cuadro N° 7. Capacidad instalada en la industria de bioetanol. Año 2010. En m3.**

N° Registro	Empresa	Grupo/ Firmas	Origen	Provincia	Materia prima	Cupo solicitado (enero 2010)	Cupo adicional	Total (julio 2010)	Cupo futuro (al 2015)
1	Bioenergética La Florida	Los Balcanes	Nacional	Tucumán	Melaza	25.000	35.000	60.000	100.000
2	Bioledesma	Ledesma	Nacional	Jujuy	Melaza	49.000	0	49.000	100.000
3	Alconoa	Tabacal (Seaboard Corp.)	Extranjera	Salta	Melaza	36.000	4.000	40.000	51.000
4	Bioenergía Santa Rosa	Santa Rosa (Los dulces norte)	Nacional	Tucumán	Melaza	10.000	20.000	30.000	30.000
5	Energías Ecológicas Tucumán	Santa Bárbara	Nacional	Tucumán	Melaza	19.200	5.900	25.100	25.100
6	Bioenergía La Corona	La Corona (SA Az. Arg)	Nacional	Tucumán	Melaza	10.000	14.000	24.000	24.000
7	Bio Trinidad	Trinidad (Mijasi)	Nacional	Tucumán	Melaza	17.000	5.000	22.000	22.000
8	Río Grande Energía	Río grande	Nacional	Jujuy	Melaza	8.200	4.000	12.200	12.200
9	Bio San Isidro	San Isidro	Nacional	Salta	Melaza	6.000	0	6.000	6.000
10	Bio4	Bio4	Nacional	Córdoba	Maíz				50.000
11	Biomadero SA	Buenos Aires	Nacional						50.000
12	Agroctanos	Agroctanos	Mixto	Corrientes	Maíz y batata				49.000
<b>Total</b>						<b>180.400</b>	<b>87.900</b>	<b>268.300</b>	<b>519.300</b>

Fuente: elaboración propia en base a datos de CADER, MAIZAR, información institucional de las empresas, las reglamentaciones y artículos periodísticos.

### II.2.3. Principales empresas y sus estrategias

Las tres principales firmas que operan en el mercado del bioetanol en la Argentina son: Compañía Bioenergética La Florida, BioLedesma y Alconoa, las que representan conjuntamente el 56% de la totalidad de la capacidad de producción del país.

El ingenio La Florida, operado por la empresa tucumana Los Balcanes, cuenta con la deshidratadora de mayor capacidad del país, la **Compañía Bioenergética La Florida**. Actualmente, la planta está habilitada para producir 60 millones de litros de bioetanol, los que han sido comprometidos para el Cupo Nacional, con una participación del 22%. De esta forma, la empresa proveerá a YPF, Refinor, Petrobrás y Esso quienes realizarán la mezcla con el combustible para ser vendidos al mercado interno. Además, se espera ampliar la capacidad a 100 millones de litros hasta 2015. La inversión de la planta, más los tanques de almacenaje que se están montando para poder guardar el alcohol que se produce durante la zafra y deshidratarlo durante el todo el año, alcanza los US\$ 7,5 millones. La estrategia del ingenio es utilizar alcohol hidratado, como subproducto de la industria azucarera, deshidratarlo y producir el biocombustible para la venta a las petroleras, como forma de aprovechar la capacidad instalada y los meses de ociosidad. Cabe señalar, que el ingenio produce sólo el 7% del azúcar del país.

La segunda empresa en importancia, es **BioLedesma**, que participa con el 18% en el cupo nacional de bioetanol. El ingenio Ledesma produce el 17% del azúcar del país, siendo el de mayor capacidad de molienda. La incorporación de la destilería constituye una estrategia para continuar avanzando en la utilización de sus subproductos como lo hace actualmente con la fibra de caña para la fabricación de papel y celulosa. Si bien el grupo nacional se inició con la producción de azúcar y sus derivados, luego diversificó sus actividades hacia otros rubros, produciendo además del papel, cítricos, granos, molienda húmeda de maíz y bioetanol. La molienda húmeda le permitió a la empresa, por un lado, el ingreso en el mercado de los edulcorantes como estrategia defensiva de la empresa frente a la sustitución del azúcar por parte de la industria alimentaria que comienza a demandar endulzantes (Lavarello, 2003); por el otro, disponer de los subproductos para la elaboración de etanol en base a maíz en el futuro.

Según los anuncios de la empresa, la planta de elaboración de bioetanol ha demandado una inversión cercana a los U\$S 37 millones.

En tercer lugar, se encuentra la empresa **Alconoa**, del ingenio Tabacal, de capitales extranjeros. La planta salteña proveerá el 15% del bioetanol del mercado interno. El ingreso de la empresa en la elaboración de biocombustibles, según sus directivos, fue parte de una estrategia para reducir los impactos de los ciclos propios de la producción azucarera, especialmente, por las oscilaciones en los precios nacionales e internacionales. La inversión se ha estimado en U\$S 40 millones.

Las seis empresas restantes que se han comprometido a producir bioetanol para el cupo nacional, suman el 44%. Todas constituyen ingenios de menor porte que los anteriores, con participaciones individuales inferiores al 5% en la producción de azúcar. Por otra parte, ninguna ha sido parte de la adjudicación de ampliaciones para la provisión del biocombustible al año 2015, a diferencia de las tres primeras.

Tres empresas ingresarían al sector en los próximos años, que producirán bioetanol en base a maíz y a batata. Cada una de ellas dispondrá de una capacidad de elaboración de 50.000 metros cúbicos de etanol por año, que deberá ser destinado al mercado local. Por un lado, se encuentra la firma Bio4, que con una inversión de U\$S 25 millones, está construyendo la planta en la provincia de Córdoba, como resultado de la asociación de productores agropecuarios. La empresa Agroctanos, por su parte, ha resultado de un *joint venture* de capitales nacionales y colombianos, que están instalando una planta para la elaboración de bioetanol en base a maíz y batata. Además, hay algunos proyectos que utilizarían sorgo pero aún no están aprobados por la Secretaría de Energía (y otros adicionales de maíz que esperan la habilitación).

Por último, vale la pena señalar que existe una tendencia entre los ingenios azucareros para la autogeneración de energía eléctrica. Algunas empresas, como Tabacal, La Florida y Santa Bárbara, han comenzado a utilizar residuos forestales para la generación de energía y Agroctanos tiene el proyecto de seguir el mismo camino.

#### *II.2.4. Evolución de la industria*

El desarrollo del alcohol para su uso como combustible vehicular cuenta con una larga historia en la Argentina. Desde la década del veinte se fueron realizando una serie de investigaciones y pruebas con distintas mezclas de alcohol, lideradas por YPF, que dio lugar al Programa Alconafta en el año 1979. A partir de ese momento, diversas provincias se sumaron al uso de alconafta, alcanzando en el año 1987 cerca de 250 mil metros cúbicos. El plan se implementó para absorber excedentes de alcohol de melaza (subproducto de la producción de azúcar), brindar destinos alternativos a la exportación de azúcar ante una reducción en los precios internacionales y aprovechar la capacidad de molienda de los ingenios azucareros. Sin embargo, el plan fue abortado cuando los precios internacionales del azúcar se recuperaron y bajaron los precios del petróleo. Luego, si bien continuó la producción de alcohol, sólo siguió utilizándose como insumo para la industria alimentaria y química y para exportación (Schvarzer y Tavosnanska, 2007).

**Cuadro N° 8. Indicadores del sector de bioetanol en Argentina (millones de litros).**

	2006	2007	2008	2009	2010*	2011**
Producción				35	220	280
Importaciones				0	0	0
Exportaciones				0	0	0
Consumo				0	160	280
Stock Final				35	95	95
<b>Capacidad</b>						
N° de refinerías				3	9	9
Capacidad instalada				120	270	300
Capacidad por planta				40	30	33
Capacidad ociosa				71%	19%	7%
<b>Materia prima (miles de Tn)</b>						
Melaza				135	850	1.080

Fuente: elaboración propia en base a datos de United States Department of Agriculture (USDA).

\*Dato estimado

\*\*Dato proyectado

De acuerdo a la información de la USDA, recién en el año 2009 se ha registrado producción de bioetanol, aunque en niveles poco significativos. En función de la implementación del corte obligatorio sobre las naftas, se debería producir aproximadamente 260.000 metros cúbicos para alcanzar el nivel de mezcla establecido por la normativa. Según las estimaciones que se observan en el Cuadro 8, el volumen llegaría a sólo 220.000 metros cúbicos (o 220 millones de litros)<sup>22</sup>.

Sin embargo, las estimaciones de consumo dependen del nivel de corte establecido sobre los combustibles y de las proyecciones de consumo de naftas<sup>23</sup>. Si se asume una tasa de crecimiento del 3% anual, con un corte de mezcla del 7%, los requerimientos internos de bioetanol serían de 500.000 metros cúbicos aproximadamente, mientras que si se elevara al 10%, superaría los 600.000.

Si bien la capacidad instalada actual para la producción de bioetanol es suficiente para abastecer la demanda local, las tecnologías utilizadas no permiten una ampliación para hacer frente a aumentos futuros en el consumo o a mejorar la competitividad para que la Argentina se inserte en el mercado externo. Según diversos estudios, no existen tierras disponibles que sean aptas para incrementar la producción de caña de azúcar. En tal sentido, tal como se analizará más adelante, es necesaria la incorporación de nuevas estrategias para poder incrementar la producción de bioetanol.

A partir de las proyecciones de USDA se puede estimar el grado de utilización de la capacidad instalada. En función de ello, se observa una tendencia hacia la intensificación para los próximos años. Mientras que en 2009 había un 70% de ociosidad, se espera que en 2011 este porcentaje se reduzca a sólo el 7%<sup>24</sup>.

*En resumen, la industria de bioetanol presenta un grado de desarrollo significativamente menor a la del biodiesel, aunque el sector ha crecido desde la puesta en marcha del régimen de promoción. La producción de bioetanol se encuentra verticalmente integrada, ya que la totalidad de las firmas son ingenios azucareros que utilizan el subproducto de la molienda de la caña para la elaboración de biocombustible. Si bien las estrategias de las empresas son*

<sup>22</sup> Según las estimaciones de la USDA al momento de realización del informe.

<sup>23</sup> En el momento en que fueron publicadas las estimaciones de USDA, el corte obligatorio para combustibles era del 5%.

<sup>24</sup> Este porcentaje dependerá de las inversiones que se efectúen en los próximos años.

*similares, ya que la motivación para ingresar en el mercado se basa en intensificar el uso de su capacidad instalada para abastecer al mercado interno de bioetanol y diversificar sus productos, en la industria coexisten ingenios de gran porte con otros pequeños. Actualmente, la totalidad de la producción se realiza en base a la melaza y es suficiente para satisfacer la demanda local, sin restar excedentes para la exportación. Para lograr incrementos en la oferta de bioetanol, deberán incorporarse nuevas materias primas y procesos de producción.*

### **II.3. Logística y distribución de biocombustibles en la Argentina<sup>25</sup>**

Actualmente, las empresas que se encuentran “aguas abajo” en la cadena de valor de la producción de biocombustibles, son firmas petroleras que se encargan de la mezcla, distribución y comercialización de los combustibles. Según fuentes periodísticas, ya se ha comenzado a vender naftas mezcladas en algunas provincias, aunque aún no hay noticias de que haya sucedido lo mismo con el dieseloil.

Cuatro empresas dominan el mercado de productos petroleros: YPF, con una participación del 58% en la refinación; Shell, con un 14%; Esso, con el 13%; y Petrobras, con un 11% del total. El 4% restante se distribuye entre algunas empresas de menor porte (Secretaría de Energía). La alta concentración del sector, determina un oligopsónico en la compra de bioetanol y biodiesel para realizar el corte sobre los combustibles fósiles.

La industria del etanol, dependiente de la producción de caña de azúcar se encuentra concentrada en el noroeste del país. En cuanto al biodiesel, hay plantas en diversas provincias del país, aunque la gran mayoría de la producción se concentra en Santa Fe, en el polo del *crushing* de soja. Por tanto, los costos de transporte dependerán de donde se instauren los puntos de mezclado de las petroleras.

De acuerdo a CADER, se espera que se establezcan los siguientes:

- YPF tendrá un total de seis puntos de mezclado: Mendoza (para etanol y biodiesel); San Lorenzo, pcia. de Santa Fe (biodiesel y etanol); Neuquén (biodiesel únicamente); La Plata, pcia. de Buenos Aires (biodiesel); La Matanza, pcia. de Buenos Aires (biodiesel); y Córdoba (etanol únicamente).
- Shell tiene cuatro terminales de mezclado mixtas: Chaco; Rosario y Santa Fe Capital; y Dock Sud, Provincia de Buenos Aires.
- Esso lleva a cabo su mezclado en tres localidades: San Lorenzo, pcia. de Santa Fe (biodiesel y etanol); Campana, pcia. de Buenos Aires (biodiesel); y Bahía Blanca, pcia. de Buenos Aires (biodiesel).
- Petrobras tendría tres terminales de corte: en Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires; San Lorenzo, pcia. de Santa Fe; y Dock Sud, pcia. de Buenos Aires. Además tiene una terminal, aunque no de blending, en Caleta Paula, próximo a Comodoro Rivadavia, pcia. de Chubut. Todas mezclan biodiesel y etanol. (Nota: la terminal de San Lorenzo está en proceso de ser vendido a un grupo inversor independiente.)

La Argentina es el octavo país más grande del mundo en superficie, que ha estructurado su industria de transformación en base a su perfil exportador. Consecuentemente los costos asociados a la logística cuando se combinan ventas al mercado interno y externo pueden ser importantes. Por ejemplo, la distancia entre el productor de bioetanol más grande del país en Jujuy hasta las terminales próximas a la ciudad de Buenos Aires es de más de 1.500 kilómetros y la distancia entre cualquier planta de biodiesel en las cercanías a Rosario hasta una terminal en Mendoza es no menor a 800 kilómetros. La Argentina no cuenta con oleoductos para llevar a cabo esta distribución, ni tiene acceso a un sistema ferroviario eficiente; ambas serían opciones

---

<sup>25</sup> Realizado en base a informes de CADER.



más económicas a largo plazo. Por lo tanto, el transporte se hace por camión y las petroleras tienen que cargar con estos costos, más el de almacenaje en sus terminales de *blending*, y luego el cortado del mismo. El precio final de los combustibles al consumidor, dependerá de la capacidad de negociación de las petroleras *vis a vis* las productoras de biocombustibles, por un lado; y por el otro, del precio relativo del combustible respecto de aquéllos. Sin embargo, el impacto sobre los precios de las naftas y del gasoil, probablemente no sea relevante, considerando que el porcentaje de corte será de aproximadamente el 7%.

#### II.4. Conclusiones

La industria de biodiesel ha presentado un considerable crecimiento en los últimos años, lo que permitió a la Argentina posicionarse como el primer exportador mundial. La disponibilidad de soja, el contexto regulatorio y la política comercial implementada desde el gobierno, fueron factores determinantes en la configuración de la industria de biodiesel. El resultado de ello, fue la conformación de una industria liderada por firmas multinacionales, verticalmente integradas, que producen biocombustibles de primera generación.

La industria de bioetanol, en cambio, presenta un grado de desarrollo significativamente menor a la del biodiesel, aunque el sector ha crecido desde la puesta en marcha de regímenes de promoción para la producción al mercado interno. Actualmente, la totalidad de la producción se realiza en base a la melaza y es suficiente para satisfacer la demanda local, pero si se busca incrementar la oferta deberán incorporarse nuevas materias primas.

Sin embargo, el crecimiento del sector se basó en la profundización de un modelo de producción ya instalado, a partir de la elaboración de biocombustibles de primera generación. Constituye una tarea pendiente avanzar en la producción de biocombustibles de segunda y tercera generación, para evitar inconvenientes derivados del debate alimentos/energía.

### **SECCION III. EL DEBATE ALIMENTOS VS ENERGÍA: CONSIDERACIONES PARA ARGENTINA**

El surgimiento de la producción de biocombustibles representa una oportunidad en términos de seguridad energética, mitigación de los efectos perjudiciales del cambio climático y para la inserción de los países exportadores en el mercado mundial. Sin embargo, también puede aparejar consecuencias negativas: a) aumentos en el precio de los alimentos por la competencia creciente por el uso de las materias primas; b) efectos nocivos sobre el medio ambiente por la expansión de la producción agrícola.

La generación de impactos positivos que se deriven de la sustitución de los combustibles fósiles por biocombustibles o la posibilidad de atenuar los posibles efectos negativos, depende del perfil productivo que adquiera la industria en función de las materias primas que se utilicen y de las tecnologías de producción implementadas.

La disponibilidad inmediata de las materias primas como la soja, el girasol y las grasas animales, para el caso del biodiesel, y la caña de azúcar, el maíz y el sorgo granífero, para el caso del etanol, facilitaron la configuración de la industria de biocombustibles en la Argentina en torno a la primera generación. En igual sentido influyeron el desarrollo tecnológico y el conocimiento y experiencia en el manejo y procesamiento de dichas materias primas.

No obstante, existe una variedad de materias primas alternativas que pueden utilizarse en la producción de biocombustibles, algunas de menor desarrollo o importancia productiva en relación a las anteriores –tales como maní, algodón, colza y cártamo- y otras en las que la

experiencia a nivel doméstico es muy escasa o inexistente, pero son factibles de ser producidas en la Argentina - ricino, jatropha, lesquerella, lupino, jojoba, sésamo, algas, microalgas, etc. en el caso del biodiesel-, y remolacha azucarera, sorgo dulce, topinambur y determinadas materias primas lignocelulósicas (switchgrass, miscanthus, etc.) en el caso del etanol (Ganduglia, 2008).

El avance hacia nuevas generaciones de biocombustibles a partir de la incorporación de materias primas alternativas, puede implicar importantes mejoras de productividad y competitividad así como también la posibilidad de atenuar el conflicto entre energía y alimentos. Sin embargo, no siempre constituye una opción factible o conveniente.

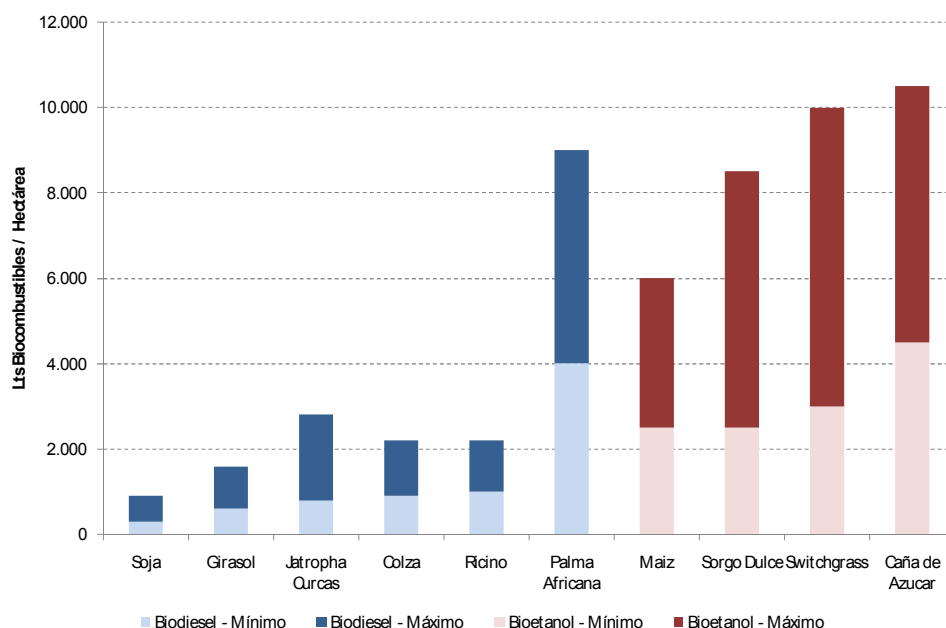
Para determinar la viabilidad en la adopción de las diversas materias primas para la producción de biocombustibles, se analizan sus ventajas y desventajas. Para ello, se consideran los rendimientos de biocombustibles por hectárea y los resultados del balance energético. Luego, se realiza un análisis comparativo de las distintas alternativas, mencionando las cuestiones positivas y negativas respecto a la utilización de cada una de ellas, teniendo en cuenta, no sólo los rendimientos y el balance de energía, sino también otras características consideradas relevantes (grado de desarrollo en la producción de los insumos, la facilidad en la disponibilidad de los mismos, la importancia de la paradoja entre energía y alimento, entre otros).

### **III.1. Eficiencia relativa en la producción**

Tal como se ha mencionado, uno de los indicadores utilizados para determinar las ventajas y desventajas en la producción de biocombustibles en base a las diferentes materias primas, es el de productividad, entendida como la cantidad de litros de biocombustible que pueden obtenerse por hectárea cultivada.

No obstante, los guarismos presentados a continuación en base a información del IICA no pueden ser concluyentes, pues dependen de diversos factores como la ubicación de las tierras elegidas, el tipo de tratamiento utilizado en la siembra, el proceso productivo al que se someten en su transformación en biocombustibles, las condiciones climatológicas, etc. Por tanto, se considera como una aproximación teórica para el análisis comparativo.

**Gráfico N° 4. Cantidad de biocombustibles que se obtiene de las diferentes materias primas. En litros/hectárea.**



Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2007) “Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas”; Ganduglia, F. (2008), “Diagnóstico y estrategia para el desarrollo de los biocombustibles en la Argentina”, en Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura argentina”, pp. 449-595, CARI, FAO e IICA, Buenos Aires.

En cuanto a las materias primas tradicionales para la producción de biodiesel, se observa en el Gráfico 4 que la soja constituye la de menor productividad, obteniéndose entre 300 y 600 litros por hectárea. Con la colza o la jatropha, en cambio, es posible obtener más de 1.000 litros por hectárea. Si bien la palma es el cultivo más eficiente para la producción de biodiesel, no constituye una alternativa viable para la Argentina. Por otra parte, según algunos estudios preliminares, el cultivo de algas podría ser el de mayor productividad, arrojando valores cercanos a los 20.000 litros por hectárea utilizada. No obstante, el desarrollo de esta materia prima, es aún muy incipiente, no sólo en la Argentina sino también a nivel mundial.

En el caso del bioetanol, mientras que el maíz constituye la alternativa con menor rendimiento, con la posibilidad de obtener un máximo de 6.000 litros de biocombustible por hectárea, en el otro extremo se encuentra la caña de azúcar, con la que se puede producir hasta 10.000 litros. El switchgrass, en tanto, es un cultivo energético que contiene gran cantidad de biomasa, con rendimientos similares al de la caña. Sin embargo, las tecnologías necesarias para la conversión del cultivo en bioetanol, al igual que en caso de la biomasa celulósica, son más complejas y requieren de mayores inversiones que para los biocombustibles de primera generación.

*En síntesis, se observa que existen materias primas más eficientes que otras para la elaboración de biocombustibles, como las microalgas para el biodiesel, y la caña de azúcar para el bioetanol. La relevancia del análisis de eficiencia radica en que la utilización de materias primas con mayor productividad por hectárea, contribuye a atenuar el trade-off entre energía y alimentos.*

### **III.2. Balance Energético**

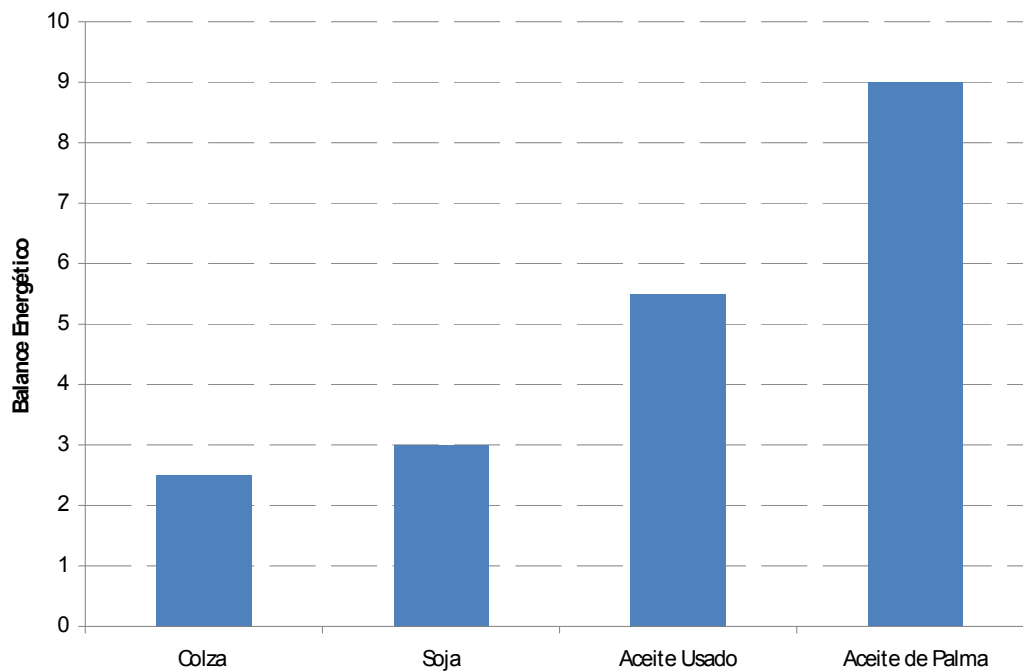
El balance energético es la relación existente entre la cantidad de energía que el biocombustible produce, en relación con la energía no renovable utilizada para su producción. En tal sentido, frecuentemente se presenta como indicador un cociente cuyo numerador es la energía producida por el biocombustible y el denominador la energía (fósil) utilizada. Por tanto, cuanto mayor sea el número final, menor es la ganancia por la producción del combustible alternativo en términos energéticos.

Cabe realizar ciertas aclaraciones previas. Si bien algunos cultivos presentan un balance energético extremadamente alto, especialmente los que se obtienen de suelos áridos, la recolección de la materia prima no está aún mecanizada, por lo que los costos laborales son elevados.

Por otra parte, existen distintos estudios donde se presenta el balance energético tanto para el biodiesel como para el bioetanol en función de los insumos utilizados, que arrojan valores con importantes divergencias. Esto se explica por las diferencias en las hipótesis planteadas respecto a las tecnologías de producción, a las distancias relativas para el transporte de materias primas, la productividad de las tierras y otros factores que pueden incidir tanto en el consumo de combustibles fósiles como en los resultados alcanzados con la producción de los biocombustibles. Por tanto, al igual que en el caso de la productividad por hectárea, los datos aquí presentados deben considerarse como una aproximación teórica.

El balance energético más favorable de los métodos convencionales de producción de biodiesel es mediante la utilización de aceite de palma. En el caso del biodiesel más producido en Argentina, el de aceite de soja, el balance energético indica que entrega aproximadamente 3 veces la cantidad de energía de origen fósil que se necesita para su producción. Con respecto a la utilización de aceites usados, en general se trata de emprendimientos pequeños que producen biodiesel para autoconsumo y que implementan tecnologías rudimentarias, lo que explica los resultados positivos en el balance energético.

**Gráfico N° 5. Balance energético para el biodiesel según materia prima. Cantidad de energía producida/utilizada.**

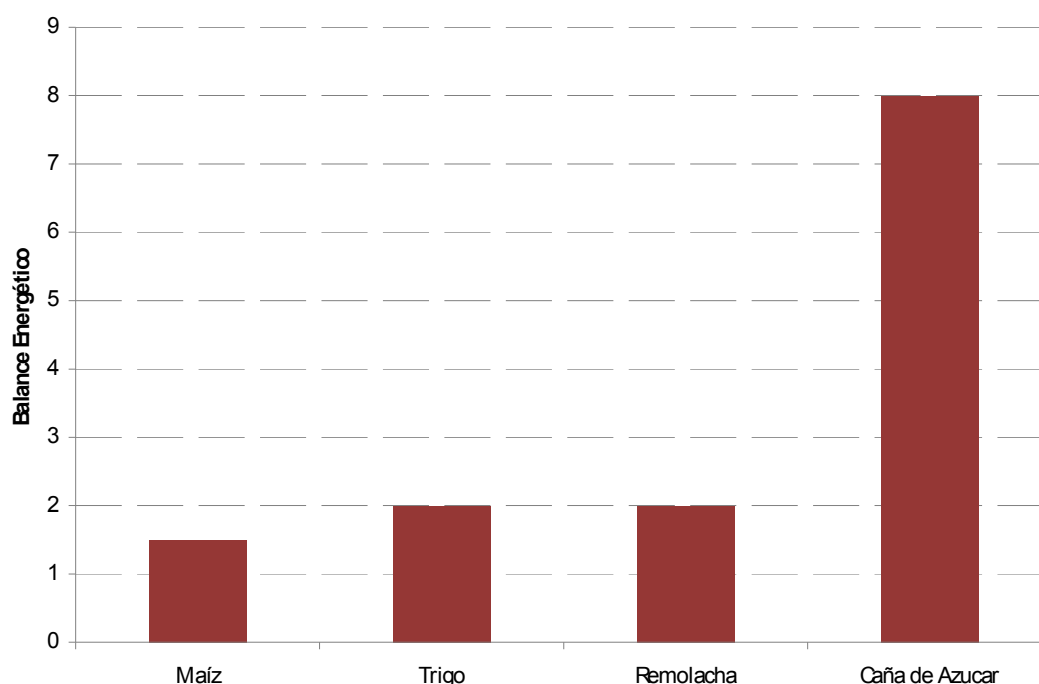


Fuente: “Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Nota: si el valor es uno, se produce la misma cantidad de energía que la que se utiliza. Si es mayor que uno, el balance energético es positivo en términos energéticos, ya que produce más energía de la que consume.

En cuanto al balance para el biodiesel de segunda generación, no existen estudios en la Argentina. En el caso de la jatropha se realizó una investigación en Nicaragua que arrojó que se podrían obtener entre 4 y 6 unidades de energía por cada unidad consumida de combustibles fósiles. Por otra parte, un estudio de la Universidad del Estado de Colorado muestra que el biodiesel en base a microalgas cuenta con un resultado energético casi doblemente positivo que el que se produce con aceite de soja.

**Gráfico 6. Balance energético para el bioetanol según materia prima. Cantidad de energía producida/utilizada.**



Fuente: “Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Américas” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

Nota: si el valor es uno, se produce la misma cantidad de energía que la que se utiliza. Si es mayor que uno, el balance energético es positivo en términos energéticos, ya que produce más energía de la que consume.

Tal como se puede observar en el Gráfico 6, el bioetanol producido a partir de la caña de azúcar muestra una importante diferencia con respecto al resto, alcanzando aproximadamente 8 unidades de energía disponible por cada unidad de energía no renovable que consume en el proceso de elaboración, convirtiéndose en la mejor alternativa para la producción de bioetanol de primera generación desde el punto de vista energético. Este resultado positivo se atribuye, en cierta medida, a la co-generación de energía por parte de los ingenios azucareros.

Los cereales como el trigo y el maíz, utilizados para la producción de bioetanol, no sólo presentan un balance energético menos favorable, sino que además, constituyen materias primas para la elaboración de alimentos (en el caso de la caña de azúcar pueden utilizarse los subproductos de la molienda).

En cuanto al bioetanol de generaciones más avanzadas como el que se produce a partir de materias primas celulósicas, se ha calculado que puede generar una reducción total de emisiones de GEI de más del 100% mientras que el de maíz solamente las puede reducir en un 20%. En tal sentido, Patrouilleau (2006) muestra que la relación entre energía producida/utilizada en el caso del etanol en base a materias primas lignocelulósicas, es de 10,31. En términos de balance energético, entonces, el resultado ubica a este tipo de bioetanol como la mejor alternativa.

Las diferencias a favor del bioetanol de materiales lignocelulósico y de caña de azúcar en contraposición con el derivado del maíz se deben fundamentalmente al aprovechamiento de los subproductos lignina y bagazo como fuentes energéticas durante el proceso de obtención del etanol (Patrouilleau, 2006).

*En síntesis, los biocombustibles de segunda o tercera generación suelen ser las mejores alternativas en términos medioambientales. Sin embargo, los avances alcanzados hasta el momento, no son suficientes para considerarlos como una opción económicamente factible.*

### **III.3. Alternativas factibles para la producción de biocombustibles en Argentina: ventajas y desventajas<sup>26</sup>**

Para analizar las ventajas y desventajas en la utilización de las diferentes materias primas, se tendrán en cuenta los indicadores de balance energético y productividad, y los siguientes factores adicionales:

- *Disponibilidad*: para dar cuenta de la facilidad para disponer de los insumos para la elaboración del biocombustible.
- *Conocimiento/desarrollo tecnológico*: para observar si existen desarrollos tecnológicos para la producción de las materias primas, desde nuevas semillas hasta los procesos de siembra y cosecha, lo que permite obtener mayor productividad. Además, debe tenerse en cuenta el grado de difusión del conocimiento en cuanto al manejo del cultivo (zona, clima, etc.).
- *Desarrollo de las Tecnologías Industriales*: para determinar si existe desarrollo comercial de las tecnologías requeridas para la elaboración de los biocombustibles.
- *Competencia por el uso del suelo*: se asocia a la posibilidad de producir el cultivo en zonas marginales, donde no sea posible el cultivo de materias primas para la elaboración de alimentos.
- *Costo de oportunidad*: cuando el insumo pueda utilizarse para la fabricación de un producto de mayor valor que el biocombustible, el costo de oportunidad será alto. Por ejemplo, en el caso de las semillas oleaginosas, si los precios de los aceites son superiores al del biodiesel, el costo de oportunidad es alto.
- *Viabilidad económica*: la producción de biocombustibles a escala comercial se efectúa cuando existe viabilidad económica. Al respecto, no sólo debe considerarse el costo de oportunidad de no destinar los insumos para la fabricación de otros productos, sino también, otro tipo de factores, como por ejemplo, los subproductos del proceso de producción, el grado de mecanización, etc.

#### *III.3.1. Biodiesel*

El aceite de **soja** constituye el insumo más difundido en la Argentina para la elaboración de biodiesel. Algunas de las ventajas que pueden mencionarse son: la alta disponibilidad inmediata que garantiza el abastecimiento para la industria doméstica y de exportación, el conocimiento en el manejo del cultivo, el alto grado de desarrollo tecnológico de todos los eslabones de la cadena y sus menores costos de producción con respecto a otros cultivos oleaginosos<sup>27</sup>, los menores precios relativos del aceite de soja en relación a otros y la obtención de harinas proteicas como producto principal que mejora la rentabilidad. Las principales desventajas de la utilización de soja como materia prima para biodiesel tienen que ver con el bajo contenido de aceite y

---

<sup>26</sup> Realizado en base a IICA (2008): “Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura” y Patrouilleau (2006): “Perspectivas de los biocombustibles en Argentina, con énfasis en el etanol de base celulósica”.

<sup>27</sup> Desde la difusión del paquete tecnológico de siembra directa, semilla transgénica y glifosato.

rendimiento potencial en litros de biodiesel por hectárea que la convierten en una alternativa ineficiente en comparación con otras materias primas, al igual que su balance energético relativamente inferior al resto. Por otra parte, a pesar de que en la Argentina la soja no se utiliza en forma difundida para el consumo humano, ésta puede desplazar a otros cultivos que sí constituyen insumos para la elaboración de alimentos. Otro factor negativo es que la calidad del biodiesel obtenido del aceite de soja no es óptima en comparación al de otras oleaginosas.

El **girasol** también es de fácil acceso en el territorio argentino. No obstante, los altos precios del aceite, asociados a la calidad del producto, implican un alto costo de oportunidad para la elaboración de biodiesel, por lo que no resulta factible la consideración de esta alternativa.

**Cuadro N° 9 Materias primas para la producción de biodiesel. Comparación de indicadores.**

	Disponibilidad	Desarrollo tecnológico primario	Tecnología industrial	Rendimiento biocombustible/h	Costo de oportunidad	Calidad	Competencia por suelo	Balance Energético	Viabilidad económica
Soja	Alta	Alto	Alto	Bajo	Medio	Bajo	Alta	Bajo	Si
Girasol	Alta	Alto	Alto	Medio	Alto	Alta	Alta	Medio	No
Colza	Alta	Medio	Alto	Medio	Alto	Alta	Alta	Bajo	No
Ricino/tártago	Baja	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alta	Baja	Alto	No
Jatropha	Baja	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Media	Baja	Alto	No
Algas	Baja	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alta	Baja	Alto	No

Fuente: elaboración propia en base a IICA e INTA.

Además de la soja y el girasol, pueden mencionarse una serie de materias primas alternativas para la producción de biodiesel, pero que aún cuentan con un desarrollo escaso.

Dentro de este grupo, la **colza** es una de las alternativas más valoradas, debido a la existencia de una gran superficie apta para su producción y a la posibilidad de producirse en el mismo ciclo con la soja por ser un cultivo de invierno. En tal sentido, los subproductos de la molienda permitirían abastecer a la industria en momentos en que la misma está ociosa. Adicionalmente, el alto contenido de aceite en grano (40% a 50%) arroja un rendimiento potencial de biodiesel por hectárea mayor al de la soja. Sin embargo, la colza presenta actualmente algunas limitantes para su desarrollo relacionadas con aspectos tecnológicos, como la escasa información y experimentación sobre el manejo del cultivo y las dificultades en el manipuleo del grano durante las operaciones de cosecha, transporte, secado y almacenaje. Además, los mayores precios de su aceite en relación a los de disponibilidad inmediata en la Argentina (soja y girasol), elevan el costo de oportunidad de destinarlo a la elaboración de biodiesel. Por otro lado, la colza presenta dos aspectos negativos: el balance energético no es tan positivo como el que resulta de otro tipo de insumos y que compite por el uso del suelo con otros cultivos de gran relevancia para las industrias agroalimentarias.

El **cártamo** podría ser otra oleaginosa para la elaboración de biodiesel. Al igual que la colza, presenta ciertas desventajas asociadas con los costos de oportunidad y el escaso desarrollo del cultivo.

El **ricino o tártago** constituye otra alternativa muy valorada para la producción de biodiesel, esencialmente, debido a que puede cultivarse en zonas marginales, sin competir con otras oleaginosas tradicionales. La existencia de un alto porcentaje de aceite en las semillas permite un rendimiento potencial de biodiesel por hectárea superior al del resto de las oleaginosas producidas en la Argentina. No obstante, el ricino presenta algunas desventajas, tales como el costo de oportunidad asociado a los altos precios de su aceite, el escaso grado de desarrollo tecnológico a nivel primario, la limitada experiencia en el manejo del cultivo y la toxicidad de la torta que se obtiene como subproducto de la producción de su aceite que condiciona la rentabilidad de los proyectos. Si bien pueden utilizarse las mismas tecnologías para la



extracción de aceite y elaboración del biodiesel que para la soja, la toxicidad no permite que sean compatibles de ser producidos en las mismas maquinarias.

Además de los recién mencionados, existen otros cultivos, en donde la experiencia existente es nula a escala comercial e incipiente en materia de investigación.

Dentro de este grupo se destaca la **jatropha**, cultivo oleaginoso que ha despertado un elevado interés en la Argentina y en el mundo, dadas las múltiples potencialidades que se le adjudican. En primer lugar, se trata de un cultivo que no requiere un tipo de suelo especial y es resistente a la escasez hídrica, lo cual lo hace adaptable a regiones semiáridas y cálidas (al producirse en tierras marginales y suelos poco fértiles o erosionados, no competiría con tierras para la producción de alimentos y podría ser desarrollado en economías regionales postergadas del norte del país) y es considerada una especie recuperadora de suelos, lo cual la convierte en una alternativa para la reforestación. En segunda instancia, cuenta con un alto potencial de rendimiento de biodiesel por hectárea, pues su contenido de aceite en semilla es elevado. El balance energético es superior que para otras materias primas, aunque debe considerarse que esto se atribuye a que es un cultivo intensivo en mano de obra. Pese a las múltiples potencialidades que presenta la *jatropha*, esta alternativa presenta obstáculos significativas para su desarrollo a escala comercial en el corto plazo, entre ellas: a) el limitado conocimiento técnico a nivel primario e investigación científica existente; b) la falta de experiencia sobre su cultivo a escala comercial (aún no existen en el mundo proyectos consolidados, con al menos 5 años) que puedan confirmar su productividad y rentabilidad; c) la maduración no uniforme de sus frutos y el hecho de que su colecta sea manual eleva sus costos de producción; d) dado que sus semillas son muy venenosas, la torta obtenida como subproducto de la extracción del aceite es tóxica, lo cual limita la posibilidad de ser utilizada en la alimentación animal que afecta la rentabilidad de los proyectos (Ganduglia, 2008).

Existen otras materias primas oleaginosas no tradicionales como la lesquerella (*Brassicaceae*), la joboba y el lupino, que también podrían desarrollarse en zonas marginales. No obstante, al igual que en el caso de la *jatropha*, presentan restricciones asociadas a la falta de conocimiento en el manejo del cultivo y escaso desarrollo tecnológico (Ganduglia, 2008).

Otra alternativa para la generación de energía es a través de los **vegetales**, que mediante el proceso de fotosíntesis convierten la energía solar en química. Se destacan varios tipos de algas como los vegetales más eficientes para este proceso. Las mismas absorben el dióxido de carbono del aire y nutrientes del agua, acumulando en su interior importantes volúmenes de aceite, y liberando al mismo tiempo, oxígeno a la atmósfera, mitigando la emisión de GEI (INTA, 2008). Los sistemas de producción de algas pueden establecerse en tierras desérticas, por lo que no compiten por el uso del suelo en el cultivo de materias primas alimentarias. Otra ventaja radica en los elevados niveles de aceite, lo que sitúa a estas materias primas como la alternativa con mayor productividad potencial en la producción de biodiesel. Si bien las algas presenten numerosos atractivos como insumo para la producción de biodiesel, presentan también significativas restricciones. En primer lugar, las tecnologías de producción no están aún disponibles a escala industrial<sup>28</sup>, lo que constituye un obstáculo para el manejo del cultivo en condiciones óptimas y, por lo tanto, dificulta la rentabilidad de los proyectos (Ganduglia, 2008). A pesar de ello, una vez que se logren superar los obstáculos técnicos, la alternativa de las algas o microalgas, será más conveniente para producir biodiesel que aquéllas que utilizan las materias primas agrícolas (INTA, 2008). En la Argentina existen proyectos piloto, pero estos son aún muy incipientes y no resultan rentables para que sean implementados a escala comercial. Según las opiniones de informantes claves del sector, no parece que pueda considerarse que las algas sustituyan a las oleaginosas para producir biodiesel en el corto plazo.

---

<sup>28</sup> Aunque se registran importantes avances en los Estados Unidos, en Israel y en algunos países de la Unión Europea.

### III.3.2. Bioetanol

La **caña de azúcar** constituye la principal materia prima para la producción de bioetanol en la Argentina, debido a sus múltiples ventajas relacionadas, entre otros factores, con su elevado rendimiento potencial de alcohol por hectárea, el *know how* de la industria azucarera en procesos de fermentación, destilación y manejo del producto, el aprovechamiento de su capacidad instalada ociosa, el elevado balance energético y ambiental del etanol de caña en relación al de los cereales, y los menores costos de producción (Ganduglia, 2008).

**Cuadro N° 10. Materias primas para la producción de bioetanol. Comparación de indicadores.**

	Disponibilidad	Desarrollo tecnológico primario	Tecnología industrial	Rendimiento biocombustible/h a	Costo de oportunidad	Competencia por suelo	Balance Energético	Viabilidad económica
Caña de azúcar	Alta	Alto	Alto	Alto	Bajo	Medio	Alto	Si
Maíz	Alta	Alto	Medio	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Si
Sorgo	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Medio	Si
Celulosa	Alta	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto	No

Fuente: elaboración propia en base a IICA e INTA.

A pesar de que actualmente la capacidad de elaboración de bioetanol en base a caña de azúcar es suficiente para satisfacer la demanda interna, en el futuro inmediato será ineludible incorporar nuevas estrategias y procesos para incrementar los niveles de producción tanto para abastecer aumentos en el consumo local como para participar en los mercados internacionales. La necesidad de utilizar materias primas alternativas se fundamenta esencialmente en la escasez de tierras aptas para ampliar la producción de caña de azúcar.

La otra fuente importante de materia prima en la actualidad es el **maíz**, de disponibilidad inmediata, abundancia en la Argentina y experiencia en el manejo del cultivo. Si bien tecnológicamente aún se puede mejorar la eficiencia en la cadena productiva del etanol a partir del almidón de maíz, en el nivel internacional no se espera una reducción de los costos de producción más allá del 10% de los niveles actuales (Patrouilleau, 2006). En este sentido, una de las principales limitantes del maíz (y de los cereales en general) como materia prima para etanol es su desventaja en los costos en comparación con la caña de azúcar y en relación con los precios internos de la nafta. A su vez, si se considera la posibilidad de exportación, el etanol de maíz debería competir con el etanol de caña brasileño (el más barato del mundo) y con el etanol de maíz altamente subsidiado de Estados Unidos (Ganduglia, 2008).

Los menores balances energéticos y ambientales en comparación con la caña de azúcar también dejan al maíz en una situación relativa menos eficiente. No obstante, su importancia como materia prima para diversas ramas de la industria agroalimentaria, constituye el obstáculo más importante para la producción de bioetanol en base a maíz. A pesar de ello, tal como se ha señalado anteriormente, existen proyectos para la producción de bioetanol en base a maíz y otras materias primas agrícolas, como sorgo granífero, batata y remolacha azucarera.

En otra línea se encuentran las materias primas de base **celulósica** para ampliar el espectro de recursos para obtener azúcares fermentables. La producción de etanol a partir de celulosa, reconoce tres principales fuentes de materia prima: materiales forestales, residuos agrícolas y

residuos urbanos<sup>29</sup>. Una ventaja importante que presenta la producción con celulosa, y que la diferencia de la producción con maíz, es que el empleo de la celulosa permite instalar una planta de producción de energía eléctrica como parte del proceso de disposición de los desechos, con potencial adicional para desplazar el uso de combustibles fósiles. Si a ello se le suma la menor demanda energética para producir la biomasa, cosecharla y procesarla en biocombustible, se puede concluir que la producción del bioetanol basada en la celulosa tiene un importante potencial para reducir emisiones de GEI (Patrouilleau, 2006). En consecuencia, tal como se ha mencionado anteriormente, presenta un balance energético muy favorable en comparación con otras alternativas. La elevada productividad, asimismo, contribuye a reducir la dependencia de las materias primas de uso alimenticio para la elaboración de biocombustibles. Una de las principales barreras que todavía deben ser removidas para su adopción es el que las tecnologías de producción de transformación de la biomasa en biocombustible aún no están maduras. Según diversos estudios, los costos de producción de bioetanol en base a materias primas lignocelulósicas tienen la potencialidad de generar buenos márgenes de ganancia con los actuales precios en los diferentes mercados internacionales y con los precios de las naftas en nuestro país, ya que se esperan fuertes reducciones de costos a partir de desarrollos biotecnológicos en proceso de implementación, para mejorar tanto el rendimiento final de producción como la velocidad del proceso (Patrouilleau, 2006). Sin embargo, aún no se encuentran disponibles comercialmente las tecnologías industriales requeridas para la fabricación de los biocombustibles.

*En síntesis, actualmente predomina la producción de biocombustibles de primera generación, tanto en la Argentina como en el resto de los países del mundo. Sin embargo, existen otro tipo de materias primas que podrían utilizarse para avanzar hacia nuevas generaciones. Esto posibilitaría incrementar la producción de los biocombustibles y optimizar los efectos positivos de la sustitución progresiva de las fuentes energéticas no renovables. Sin embargo, las tecnologías disponibles no se encuentran lo suficientemente maduras como para incorporar el uso de materias primas alternativas. Para ello, es menester avanzar en procesos de investigación y desarrollo.*

---

<sup>29</sup> Para utilizar los residuos urbanos como fuente de materia prima, hay que utilizar un sistema de selección previo de esos residuos.

## CONCLUSIONES

Las expectativas puestas en la producción de combustible para el transporte a partir de biomasa se basan en que estas producciones puedan permitir un bajo requerimiento neto de energía fósil y una menor emisión de gases de efecto invernadero, - aun cuando, con las tecnologías utilizadas actualmente, no se verifica, en todos los tipos de producciones, un balance energético favorable- y reducir la dependencia de la economía global en los recursos energéticos no renovables.

La producción de biocombustibles de primera generación, impulsada por el alza de los precios del petróleo y motorizada por las regulaciones que obligan al corte de los combustibles tradicionales con los nuevos biocombustibles, ha mostrado un importante crecimiento en los últimos años. Sin embargo, estudios sobre dinámica potencial de los biocombustibles señalan la existencia de varios obstáculos a superar, así como incertidumbres acerca de la posibilidad de que los niveles requeridos de biocombustibles puedan alcanzarse globalmente en una base sustentable para el 2050. Entre los temas en cuestión se encuentran: la seguridad alimentaria y la competencia por el uso del suelo - con su impacto en el precio de las commodities agrícolas en los mercados mundiales, y de los alimentos en los mercados domésticos- y los potenciales impactos negativos de los biocombustibles sobre los recursos hídricos, la biodiversidad y otros aspectos medioambientales.

Los problemas asociados del uso competitivo de los RRNN para alimentos o energía, han impulsado, en EEUU, Canadá y algunos países europeos, el desarrollo de innovaciones, fuertemente subsidiadas, para lograr una segunda (o tercera) generación de biocombustibles, basados esta vez en biomasa no alimentaria, las que abren expectativas para superar los obstáculos señalados. Grandes esfuerzos público/privados en el marco de alianzas estratégicas se están realizando en EEUU y en Europa para lograr reducir los costos de las enzimas celulósicas y abaratar las tecnologías de proceso, a partir de desarrollos de I+D que se enmarcan dentro de la biotecnología industrial. Sin embargo, estas tecnologías se encuentran lejos de una explotación comercial rentable, y la mayor parte de las inversiones actuales, fuertemente subsidiadas, se encuentran en etapa piloto o demostrativa.

Argentina ha mostrado una importante dinámica en la producción de biodiesel de primera generación obtenido a partir de aceite de soja, basándose en la fuerte posición competitiva que el país muestra en este complejo, en el acceso a tecnologías ampliamente difundidas, y en los diferenciales en los derechos de exportación entre el aceite en crudo y el biodiesel. La producción de bioetanol, a partir los subproductos de la molienda de caña de azúcar, es menor, pero se esperan importantes inversiones en este campo. Estas producciones enfrentan a largo plazo los problemas generales asociados al uso de materias primas aptas para la alimentación. Sin embargo, en el país, los ensayos de biocombustible de segunda o tercera generación son casi inexistentes, al igual que proyectos de I+D para el desarrollo de tecnologías/biotecnologías adecuadas y competitivas. De allí que, para avanzar en la sustitución en el futuro de los biocombustibles de primera generación, creando capacidades locales en I+D y en el desarrollo de (bio) tecnologías apropiadas, sea necesario promover programas de I+D con fuerte apoyo estatal

## Referencias Bibliográficas

- Anschau, R.; Flores M.; Carballo, N.; y Hilbert, J. (2009). "Evaluación del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El caso de la caña de azúcar y el bioetanol", Instituto de Clima y Agua, INTA, Buenos Aires.
- BIO (2008) "Industrial Biotechnology. Industrial and Environmental applications" [www.bio.org](http://www.bio.org)
- CADER: informes varios.
- FAPRI (2010) "US and World Agricultural Outlook", Food and Agricultural Policy Research Institute, FAPRI Staff Report 10-FSR 1, University of Missouri, USA
- Figueiredos, P. (2009). "Biofuels scenario. Research project discussion", ponencia de la Fundación Getulio Vargas en octubre 2009, Río de Janeiro.
- Ganduglia, F. (2008). "Diagnóstico y estrategia para el desarrollo de los biocombustibles en la Argentina", en *Diagnóstico y estrategias para la mejora de la competitividad de la agricultura argentina*, pp. 449-595, CARI, FAO e IICA, Buenos Aires.
- Hurga, I.; Carrizo, A.; Brizuela, G. y Querini, C. (2010). "Producción de biodiesel con aceite de *Jatropha Curcas*, N°Doc. BC-INF.18-10, INTA, Buenos Aires.
- IICA (2005). "Perspectivas de los biocombustibles en la Argentina y en Brasil", SAGPyA e IICA, Buenos Aires.
- IICA (2010). "Atlas de la Agroenergía y de los biocombustibles en las Américas", San José.
- INTA (2007). "Selección de indicadores que permitan determinar cultivos óptimos para la producción de biocombustibles en las eco-regiones Chaco-Pampeana de la República Argentina", Instituto de Ingeniería Rural, INTA Castellar, Buenos Aires.
- INTA (2008). "Insumos para la producción de biocombustibles", Estudio exploratorio N°PSA 028/07, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.
- Lamers, P. (2006). "Emerging liquid biofuel market. ¿A dónde va la Argentina?", Lund University Thesis, Suecia.
- Lavarello, P. (2003). "La trama de maíz en la Argentina", Préstamo BID 925/OC-AR. Pre II. Coordinación del Estudio: Oficina de la CEPAL-ONU en Bs As, a solicitud de la Secretaría de Política Económica, Ministerio de Economía de la Nación.
- Linton K., Stone P., and Wise J (2008), "Patenting trends and innovation in industrial biotechnology", Gen Publishing Inc., vol 4 N° 4, winter 2008
- OECD-IEA, 2010 Roadmap Background Information: Biofuels for Transport
- Patrouilleau, R., Lacoste, C., Yapura, P., Casanovas, M. (2006). "Perspectivas de los biocombustibles en la Argentina, con énfasis en el etanol de base celulósica", Unidad de Coyuntura y Perspectiva, INTA, Buenos Aires.
- Rozenberg, R.; Saslavsky, D.; Svarzman, G. (2009). "La industria de biocombustibles en la Argentina", *La Industria de Biocombustibles en el Mercosur*, Serie Red Mercosur N° 15, Ed. Red Mercosur, Montevideo.
- Schvarzer, J. y Tavosnanska, A. (2007). "Biocombustibles: expansión de una industria naciente", Documento de Trabajo N°13, Centro de Estudios de la Situación y Perspectivas de la Argentina, Universidad de Buenos Aires.

St. James, C. (2009). “La Argentina y los biocombustibles de segunda y tercera generación, ser de informes de CADER, julio 2009.

St. James, C. (2010). “Estado de la industria argentina de biocombustibles”, serie de informes de CADER, mayo 2010.

UNEP 2009 Toward sustainable production and use of resources. Assessing Biofuels

USTIC - United States International Trade Commission (2008), “Development and Adoption of industrial biotechnology by the US chemical and biofuel industries”, Inv 332-481, USTIC Publication 4020, July