

LA INDUSTRIA DE BIODIESEL EN ARGENTINA: CAPACIDADES DE INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD FUTURA*

ANABEL MARIN**, LILIA STUBRIN*** Y YAMILA KABABE****

1. Introducción

En menos de una década la producción de biodiesel en Argentina experimentó un crecimiento notable. Entre 2006 y 2012 se expandió de 20 mil litros a 3 millones de litros anuales, convirtiendo al país en el tercer productor y el primer exportador mundial de este biocombustible. Este gran salto en la producción local de biodiesel, basado en oleaginosas como soja y girasol, se explicó en gran parte por el desarrollo de capacidades productivas, las cuales, contando con las ventajas tradicionales de localización, fueron suficientes para aprovechar la nueva oportunidad de negocios abierta por el aumento en la demanda mundial de combustibles no fósiles. En el nivel mundial, sin embargo, se estima que será cada vez mayor la demanda de biodiesel proveniente de materias primas que no compitan con la alimentación humana (llamados biocombustibles de segunda y tercera generación). Por lo tanto, a futuro la competitividad y sustentabilidad de la industria argentina de biodiesel dependerá, en gran medida, de su capacidad para innovar y responder a los requerimientos del mercado mundial de biocombustibles. En este trabajo consideraremos el desarrollo de capacidades de innovación de la industria de biodiesel argentina. Más específicamente nos preguntaremos si, en paralelo al extraordinario desarrollo de capacidades de producción que ha experimentado la industria, se han desarrollado también capacidades de innovación, las cuales resultarán cruciales para cualquier intento de reconversión de este sector.

* Este artículo se basa en resultados obtenidos en el proyecto IDRC-FGV 105165-001: "Innovation Capability Building, Learning and Institutional Frameworks in Latin Americas' Natural Resource Processing Industries: Experiences from Argentina, Brazil and Chile".

** CONICET-Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT)/Universidad de Tres de Febrero (UNTREF), Callao 353, 3er piso B, Ciudad de Buenos Aires, Tel.: (5411) 4373-3714, a.i.marin@fund-cenit.org.ar.

*** Centro de Investigaciones para la Transformación (CENIT)/Universidad de Tres de Febrero-Universidad del Litoral, Callao 353, 3er piso B, Ciudad de Buenos Aires, Tel.: (5411) 4373-3714, stubrin@merit.unu.edu.

**** Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES)/Universidad Nacional de Quilmes, Mansilla 2698, piso 2, Ciudad de Buenos Aires, Tel-fax: (54-11) 4963-7878/8811, ykababe@centroredes.org.

Hasta muy recientemente, se consideraba que las industrias de recursos naturales (RNs), como la de biocombustibles, se caracterizaban por un bajo potencial de innovación y dinamismo tecnológico. Sin embargo, actualmente, en asociación con la difusión de nuevas tecnologías (como la biotecnología, la nanotecnología y la Tecnología de la Información y la Comunicación (TICs)) esta idea está siendo cuestionada. Algunos autores argumentan que estarían generándose nuevas oportunidades para la innovación y la incorporación de valor en industrias relacionadas a los RNs (Pérez, 2010; Marin *et al.*, en prensa). En este contexto, resulta de interés indagar hasta qué punto estas nuevas oportunidades están siendo aprovechadas en una industria de RNs en expansión como la de biodiesel en Argentina.

En este trabajo proponemos estudiar las capacidades de innovación de la industria de biodiesel en Argentina a partir del análisis de un grupo seleccionado de empresas¹. El análisis se centra fundamentalmente en las empresas productoras de biodiesel; pero incluye también a un grupo de empresas productoras de plantas y equipamiento para biodiesel. La recolección de la evidencia empírica fue realizada mediante entrevistas en profundidad a los gerentes de Investigación y Desarrollo (I+D) de las respectivas empresas. Cabe destacar que las firmas seleccionadas no constituyen una muestra representativa estadísticamente, sino que fueron elegidas como representativas de distintos grupos de interés que conforman la actividad. Entrevistamos también a informantes claves, científicos y agentes del gobierno relacionados con el sector.

El análisis está enmarcado en la literatura de capacidades tecnológicas y de innovación en el nivel de las firmas (Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1995; Figueiredo, 2001; Ariffin y Figueiredo, 2004). Dos aspectos de nuestro enfoque merecen ser mencionados. En primer lugar, a diferencia de la mayoría de los estudios que se centran solo en un eslabón de la cadena, en este trabajo estudiamos a productores finales de biodiesel y a productores seleccionados de maquinarias y equipos para la producción de biodiesel. Ello resulta especialmente relevante dado que estudiamos una industria de proceso cuyas posibilidades de innovación y transformación están estrechamente ligadas, aunque no exclusivamente², a la incorporación de tecnología vía proveedores de equipos y maquinarias. El desarrollo de proveedores especializados, además, es una de las principales externalidades positivas que la producción de RNs puede tener. Por lo tanto, la inclusión de productores de equipos nos permite no sólo analizar la capacidad de innovación del sector en su conjunto, sino también empezar a visualizar hasta qué punto la actividad de biodiesel está generando externalidades de este tipo.

¹ Es de nuestro conocimiento que existen importantes capacidades de innovación en otras instituciones del sistema, por ejemplo en instituciones científicas y tecnológicas, que están llevando a cabo investigaciones relacionadas con los biocombustibles de segunda y tercera generación. Sin embargo, en este trabajo nos concentramos en las capacidades que están desarrollando las empresas de biodiesel. Estas han alcanzado un grado avanzado de capacidades productivas y se han beneficiado de condiciones de mercado y regulatorias favorables en los últimos años. Por ello resulta interesante estudiar si, a su vez, estas empresas han canalizado parte de los recursos obtenidos y la infraestructura desarrollada para generar capacidades de innovación que, en un mediano-largo plazo, permitan asegurar la sustentabilidad futura de la industria. Creemos que este es un tema fundamental para futuras investigaciones en las cuales sería enriquecedor para el análisis considerar todos los actores que participan de alguna manera de la generación de capacidades científicas, técnicas y productivas en biodiesel y conducir una investigación sistémica del sector.

² El desarrollo de bioinsumos, como enzimas, son otras potenciales vías de innovación (se amplía sobre el tema en las secciones 2 y 3 del artículo).

En segundo lugar, dedicamos especial atención al contexto institucional y al entorno científico en el que se desarrolla la actividad dado que ambos pueden jugar un rol clave en su competitividad futura.

El trabajo realiza dos tipos de contribuciones. Una es aportar a los debates acerca de políticas de desarrollo industrial y de generación de valor en actividades de RNs identificando posibles espacios de intervención pública. Otra es contribuir a la literatura sobre innovación. En los últimos cuarenta años esta última ha estado muy sesgada hacia el estudio de las capacidades de innovación y de los mecanismos de aprendizaje exclusivamente en el sector manufacturero. Este trabajo busca enriquecer esta literatura al aportar nueva evidencia empírica proveniente de una actividad RNs-intensiva.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se presenta el marco analítico utilizado para estudiar las actividades de innovación en la industria del biodiesel en Argentina, el cual incluye primero una discusión del marco conceptual sobre capacidades de innovación en general, y segundo, una discusión de las características de la innovación en la industria del biodiesel; en la sección 3 se describen las características del mercado de biodiesel en Argentina; primero en general, y luego con foco en los actores que participan de la actividad; en la sección 4 se introducen la metodología y los datos utilizados para el análisis; en la sección 5 se presentan los principales resultados del estudio; y en la sección 6, se exponen algunas reflexiones finales sobre los resultados encontrados.

2. Marco analítico

2.1. *Capacidades de innovación y mecanismos de aprendizaje*

Según la literatura de innovación, la construcción de capacidades tecnológicas de las firmas en los países en desarrollo revierte la evolución seguida por las firmas en países desarrollados (ver Utterback y Abernathy, 1975; Abernathy y Utterback, 1978; Utterback, 1994). En estos últimos las nuevas industrias evolucionan generalmente a lo largo de una trayectoria que comienza con una innovación radical y luego es seguida por un proceso de estandarización de ciertos diseños. En los países en desarrollo, por el contrario, las industrias nuevas evolucionan a lo largo de una trayectoria que se inicia con la etapa de tecnología madura (o “imitación por duplicación”), sigue con la etapa de tecnología intermedia (o “imitación creativa”) y finaliza con la etapa de tecnología emergente (o “innovación”) (Kim, 1980, 1991, 1999). En la etapa de tecnología madura las empresas adquieren y aprenden a utilizar tecnologías que ya han sido desarrolladas y utilizadas en los países más avanzados; los productos resultantes son, por lo tanto, productos ya establecidos internacionalmente y estandarizados. En el segundo estadio, de tecnología intermedia, las empresas adquieren un mejor manejo y entendimiento de las tecnologías tal que les permite diseñar e introducir mejoras incrementales a productos ya conocidos. Finalmente, en la etapa denominada de tecnología emergente, las empresas dejan la fase de ‘imitación’ para entrar en la de ‘innovación’. Recién en esta última etapa las empresas son capaces de desarrollar nuevo conocimiento y aplicarlo de manera creativa a la generación de nuevos productos y procesos.

En torno de estas ideas, múltiples estudios empíricos han desarrollado taxonomías con el objetivo de distinguir niveles de capacidad tecnológica de las firmas en

los países en desarrollo (véase por ejemplo: Katz, 1987; Lall, 1987; Hobday, 1995; Ariffin y Bell, 1999; Ariffin, 2000; Figueiredo, 2001, 2003; Ariffin y Figueiredo, 2004; Hobday *et al.*, 2004). La distinción más simple que hacen estos estudios es entre las capacidades de producción y las capacidades de innovación de las empresas (Lall, 1992; Bell y Pavitt, 1995). Las primeras, típicas en las primeras etapas de desarrollo de la industria, incluyen los recursos, el conocimiento y las habilidades involucradas en el uso no-creativo de tecnologías ya maduras; las segundas, más comunes en las etapas más avanzadas de desarrollo de la industria, incluyen las capacidades creativas que permiten modificar y transformar las tecnologías. Es decir, las capacidades a partir de las cuales las empresas manejan y gestionan el cambio tecnológico. Estas últimas, a su vez, se diferencian según el grado de innovación lograda en las siguientes categorías:

- *Innovación básica*: las empresas son capaces de introducir cambios tecnológicos muy menores a partir de la experiencia o de la utilización de nuevas tecnologías en los sistemas de producción.
- *Innovación intermedia*: las empresas son capaces de introducir cambios tecnológicos que, en su mayoría, consisten en adaptaciones de tecnologías existentes, a partir de actividades innovativas basadas en diseño e ingeniería, pero no en actividades formales de I+D.
- *Innovación avanzada*: las empresas son capaces de introducir cambios tecnológicos basados en actividades de I+D cercanos a la frontera tecnológica, dentro de una trayectoria tecnológica ya existente y establecida.
- *Innovación global*: las empresas son capaces de introducir cambios tecnológicos basados en actividades de I+D que permiten empujar la frontera tecnológica y establecer nuevas direcciones y trayectorias de cambio tecnológico.

Uno de los puntos fundamentales enfatizados por esta literatura es que las firmas no pasan de un nivel de capacidades a otro de forma automática y sin esfuerzos (Bell y Pavitt, 1993, 1995)³. Por el contrario, tienen que llevar a cabo un proceso deliberado y costoso a fin de construir e incrementar sus capacidades tecnológicas (Bell, 1984; Malerba, 1992; Lall, 1992, 2000). Dos tipos de esfuerzos o mecanismos de aprendizaje se asocian generalmente a la construcción de capacidades de innovación por parte de las firmas: los mecanismos internos y los mecanismos externos. Los mecanismos de aprendizaje internos son los que se producen dentro de las fronteras de las firmas; por ejemplo, la experimentación en actividades de I+D, la capacitación de los empleados, o las actividades ingenieriles. Los mecanismos de aprendizaje externos, en cambio, se refieren a las formas en que las empresas adquieren capacidades a través de su interacción con otros agentes; por ejemplo, la adquisición de conocimiento a través de diversos canales como las cooperaciones formales de I+D o licencias, la contratación de asistencia técnica externa o el intercambio de conocimientos informal con otras empresas, universidades, institutos de investigación, laboratorios, entre otros.

Los mecanismos de aprendizaje externos han adquirido relevancia creciente en los últimos años en asociación con la difusión de la empresa red. Se argumenta que cada vez más las empresas innovan en colaboración con otras organizaciones tanto

³ Ver la literatura sobre experiencias de desarrollo de los países europeos (Gerchenkron, 1962; Abramovitz, 1986, 1989) y sobre la experiencia de industrialización de los países de América Latina y de Asia en las décadas de 1970 y 1980 (Lall, 1991, 1992; Dalman y Westphal, 1981; Katz, 1987; Kim *et al.*, 1997; Pack y Westphal, 1987).

dentro como fuera de su propia industria. Esto implica que el proceso innovativo se está volviendo cada vez más “abierto” y “distribuido” (especialmente en actividades ciencia-intensivas) (Coombs y Metcalfe, 2000; Coombs *et al.*, 2003, Chesbrough, 2003; 2004; Laursen y Salter, 2006). En consecuencia, las “capacidades distribuidas” –es decir, el stock de conocimientos, recursos y habilidades de las firmas que se distribuyen más allá de los límites de la propia organización– adquieren creciente importancia entre los recursos de las empresas (Dantas y Bell, 2006). Los mecanismos de aprendizaje externos de la empresa son cruciales en tanto y en cuanto contribuyen a aumentar el stock de capacidades distribuidas de las empresas.

El cuadro 1 proporciona un resumen de los principales mecanismos de aprendizaje (internos y externos) que las firmas pueden implementar y llevar a cabo a fin de construir sus capacidades de innovación.

CUADRO 1
Mecanismos de aprendizaje en el nivel de las firmas

Tipo de mecanismos de aprendizaje	Descripción
Internos	Capacitación
	Actividades de ingeniería y operativas
	Actividades de Investigación y Desarrollo (I + D)
	Intercambio/socialización de conocimiento
Externos	Capacitación
	Consultoría/asistencia técnica/adquisición licencias
	Vínculos con proveedores/usuarios
	Búsqueda de información externa (competidores, fuentes de conocimiento especializadas)
	Acuerdos e intercambios relacionados con actividades de IyD
	Participación en actividades científicas y técnicas (congresos, reuniones, trabajos de investigación)

Fuente: Elaboración propia.

En este trabajo utilizamos el marco analítico propuesto para evaluar el tipo de capacidades de innovación generadas en las empresas que participan de la actividad de biodiesel en Argentina y cuáles son los principales mecanismos de aprendizaje a partir de los cuales las construyen.

2.2. Los biocombustibles y las oportunidades de innovación

Históricamente, la energía para el transporte ha sido extraída de los combustibles fósiles, como el petróleo y el gas natural. Sin embargo, recientemente se han empezado a producir y utilizar combustibles desarrollados a partir de fuentes renovables (tal como cultivos energéticos, materiales forestales, desechos orgánicos y/o residuos). Estos últimos, denominados biocombustibles, han sido promovidos en los últimos años dadas sus potenciales ventajas respecto de los combustibles fósiles en términos de menor impacto ambiental (por la menor generación de gases de efecto invernadero) y de la provisión de una mayor seguridad energética (al reducir la dependencia de los combustibles fósiles).

Los dos biocombustibles más difundidos son el etanol y el biodiesel. El biodiesel es similar al diesel fósil, mientras que el etanol tiene propiedades similares a la gasolina o la nafta. El etanol se produce a partir de cualquier materia prima biológica que contenga azúcar o materiales que se puedan transformar en azúcar, tales como el almidón o la celulosa⁴. La materia prima para producir biodiesel, en cambio, se basa fundamentalmente en aceites vegetales (de soja, canola, maíz, mostaza, palma, etc.), grasas animales (aves de corral, aceite de pescado, etc.) y grasas procedentes del reciclado (aceites de cocina usados). La selección de la materia prima a utilizar para la elaboración de biocombustibles depende, en gran medida, de las condiciones agrícolas, geográficas y climáticas específicas de cada lugar (Rutz y Janssen, 2007).

En este trabajo nos centramos en el caso del biodiesel. Pueden diferenciarse tres tipos de biodiesel en función del tipo de materia prima y de tecnología utilizada para su producción: el biodiesel de primera, segunda y tercera generación. Actualmente, la totalidad del biodiesel producido en el mundo recae en la primera categoría. Para su producción se utiliza una tecnología denominada transesterificación⁵ que es una tecnología simple y bien conocida que se encuentra relativamente estandarizada. Dado que esta tecnología se encuentra en una fase de madurez, las oportunidades de innovación asociadas a ella son relativamente bajas. Los esfuerzos de innovación en el biodiesel de primera generación se concentran fundamentalmente en las mejoras que permiten hacer más eficiente el proceso de producción y la obtención de nuevas/mejoradas materias primas (por ejemplo nuevas variedades de cultivos energéticos, con mayores niveles de productividad).

Además, el biodiesel de primera generación es cada vez más cuestionado por sus impactos no deseados en términos ambientales, sociales y económicos. El mayor cuestionamiento radica en que se deriva de biomasa que puede ser alternativamente

⁴ Las materias primas más comunes para la producción de bioetanol son la caña de azúcar y la remolacha azucarera.

⁵ El proceso de transesterificación involucra la reacción de un aceite (o un medio graso) con alcohol en la presencia de un catalizador permitiendo la producción de ésteres (biodiesel) y glicerina. En principio cualquier aceite o medio graso puede utilizarse en la producción de biodiesel. Sin embargo, el tipo de materia prima utilizada influirá en las posteriores características del biodiesel producido (en términos de color, viscosidad, etc.). La transesterificación de aceite vegetal fue obtenida por primera vez en 1853, y el proceso de producción en sí mismo fue patentado en Bélgica en 1937.

destinada al consumo humano. A consecuencia de ello, se argumenta, un aumento en la demanda de cereales energéticos (como la soja, la colza o el girasol) puede generar un alza en el precio de los alimentos y, potencialmente, poner en riesgo la seguridad alimentaria. Además, en muchos casos, su producción no cumpliría con los beneficios ambientales supuestos, debido a que la biomasa utilizada como materia prima no se produce de manera sustentable (por ejemplo, cuando existe deforestación, o cuando compete por los escasos recursos hídricos de algunas regiones) (OECD/IEA 2008).

En tanto y en cuanto el biodiesel de segunda y tercera generación son tipos de biodiesel que se encuentran aún en fase de desarrollo y son menos cuestionados (ya que ambos se consideran social, económica y ambientalmente superiores al que se produce y comercializa en la actualidad), las oportunidades de innovación más significativas en esta industria se concentran en el desarrollo de procesos y maquinarias que permitan producir biocombustible de generaciones más avanzadas.

El biodiesel de segunda generación se produciría a partir de residuos agrícolas y forestales y de materias primas agrícolas no alimentarias. La viabilidad de su producción y comercialización a futuro depende, en gran medida, de la mejor comprensión de las posibles materias a utilizar como biomasa, de la mejora de la tecnología para el pretratamiento de la materia prima y de la generación de enzimas (OECD/IEA 2008).

El biodiesel de tercera generación es el que utiliza algas como materia prima. Las algas generan naturalmente más aceite que la mayor parte de los cultivos oleaginosos y son capaces de crecer en condiciones adversas como temperaturas extremas, salinidad y acidez. Además, este tipo de biodiesel no compete con la producción de alimentos en el uso intensivo de la tierra ya que utiliza una materia prima que crece en el agua. Las dos trayectorias posibles para el desarrollo de este tipo de biodiesel son las microalgas y las macroalgas. Los esfuerzos de innovación que se están realizando en asociación con esta generación de biodiesel, se relacionan en su mayor parte con la creación de técnicas particulares para el cultivo, cosecha y procesamiento de las algas de manera económicamente viable y ambientalmente sustentable, con la mejora en el consumo de energía, emisiones de gases de efecto invernadero y uso de agua (que son actualmente superiores a los combustibles convencionales), y con la obtención de un escalado industrial eficiente.

De acuerdo con las distintas posibles trayectorias tecnológicas en la industria del biodiesel y del marco analítico propuesto para estudiar la capacidad de innovación de las empresas en la industria del biodiesel, en el cuadro 2 proponemos ejemplos de distintos tipos de actividades de producto y de proceso asociados a los distintos niveles en la capacidad de innovación de las empresas.

En las siguientes secciones analizamos, primero, las características de la industria de biodiesel en Argentina y, segundo, las capacidades de innovación y los mecanismos de aprendizaje de las empresas seleccionadas.

3. La actividad de biodiesel en Argentina

3.1. La expansión de la capacidad productiva y exportadora

La producción de biodiesel en Argentina comenzó en la década del '90. Por entonces el biodiesel se producía a baja escala y se destinaba principalmente al autoconsumo. Sin embargo, a partir de 2006 la producción se disparó: ese año se

producían 20 mil litros de biodiesel en Argentina, mientras que seis años más tarde la capacidad de producción se expandió 150 veces alcanzando los 3 millones de litros (ver cuadro 3). Además, entre 2006 y 2012, la capacidad instalada de producción también se expandió significativamente de 175 a 4.700 miles de litros (Goldstein y

CUADRO 2
Marco analítico utilizado para estudiar las capacidades de innovación de las empresas de biodiesel en Argentina

Nivel de capacidades	Actividades de proceso	Actividades de producto
Nivel 5 Innovación global	<p>Realización de actividades de I+D con el objetivo de desarrollar procesos de producción de biodiesel de última generación.</p> <p><i>Desarrollo de nuevos procesos para producir biodiesel a partir de algas o de nuevos tipos de insumos; participación en el desarrollo de insumos específicos como catalizadores, enzimas, levaduras, etc.</i></p>	<p>Realización de actividades de I+D con el objetivo de desarrollar nuevos tipos de biodiesel.</p> <p><i>Desarrollo de nuevas especificaciones de biodiesel que puedan utilizarse en nuevas aplicaciones y nuevos tipos de motores; desarrollo de nuevos productos (como bioplásticos, insumos agrícolas o farmacéuticos) que permitan la diversificación hacia nuevos sectores.</i></p>
Nivel 4 Innovación avanzada	<p>Realización de actividades de I+D para el desarrollo de procesos de producción de biodiesel cerca de la frontera tecnológica internacional.</p> <p><i>Métodos de fermentación y destilación; cambios en el proceso de producción de acuerdo con las características de la materia prima utilizada para producir biodiesel; desarrollo de un sistema de evaluación para la elaboración de un nuevo proyecto; integración del sistema de control y automatización de la producción con el sistema de gestión de la empresa.</i></p>	<p>Realización de actividades de I+D con el objetivo de desarrollar nuevos productos cerca de la frontera internacional.</p> <p><i>Desarrollo de tecnologías de acuerdo con las necesidades de los distribuidores de combustible y de los fabricantes de motores para automóviles, barcos, trenes, aviones, etc.; desarrollo de nuevos dispositivos y equipos para la utilización del biodiesel; agregación de valor a productos asociados al biodiesel (ej. glicerina).</i></p>
Nivel 3 Innovación intermedia	<p>Realización de esfuerzos para llevar a cabo mejoras y adaptaciones relativamente complejas de los procesos de producción existentes.</p> <p><i>Tareas de rediseño, procesos de ingeniería inversa, y ajustes de producción; introducción de cambios en las especificaciones de los insumos utilizados (como enzimas, levaduras, catalizadores) a fin de mejorar el proceso productivo; uso y adaptación de modelos de simulación de procesos para la planificación de la producción de acuerdo con las características de la materia prima; introducción de mejoras en el proceso de manejo de residuos; elaboración de recomendaciones técnicas y de gestión a fin de adaptar el proceso de producción a nuevas características del producto; introducción de sistemas de automatización de procesos.</i></p>	<p>Realización de esfuerzos para llevar a cabo mejoras y adaptaciones relativamente complejas del tipo de biodiesel existente.</p> <p><i>Reducción de la variabilidad de sus características; mejora continua de las características del producto; normalización como resultado de una mayor automatización.</i></p>
Nivel 2 Innovación básica	<p>Realización de tareas de experimentación y adaptaciones de tecnologías de proceso existentes</p> <p><i>Modificación o introducción de mejoras incrementales a procesos de fermentación; modificación de procesos asociados a las características de la materia prima; introducción de mejoras en el proceso de acopio, procesamiento o transporte de residuos industriales en conformidad con la regulación medioambiental; mejoras e introducción de sistemas de automatización de procesos.</i></p>	<p>Realización de tareas de experimentación y adaptaciones menores de productos existentes.</p> <p><i>Mantenimiento de la calidad del producto de acuerdo a las necesidades cambiantes del mercado; introducción de mejoras en el producto; normalización del producto como resultado de la automatización de la producción; obtención de certificación internacional del producto.</i></p>

Fuente: Elaboración propia.

Gutman, 2010). Este crecimiento en la capacidad de producción de biodiesel colocó a la Argentina en el tercer puesto mundial de producción de biodiesel en base a aceite de soja, detrás de los EE.UU. y Brasil (ver cuadro 4).

El destino de la producción de biodiesel argentino es fundamentalmente el mer-

CUADRO 3
Evolución de la producción, consumo, exportaciones y capacidad instalada en Argentina (2006-2012) -en miles de litros-

Biodiesel	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Producción	20	215	830	1360	2070	2760	3000
Consumo	20	20	20	20	571	840	1060
Exportaciones		185	780	1305	1550	1920	1800
Capacidad instalada	175	665	1500	2300	2800	3700	4700

Fuente: US Energy Information Administration (2013).

CUADRO 4
Producción y exportaciones de biodiesel de los países líderes del sector (2006-2012) -en toneladas-

Producción	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Unión Europea (colza, soja)	6.148.845	7.580.923	10.320.057	10.780.368	12.138.569	13.246.725	13.726.189
Estados Unidos (soja)	1.102.728	2.047.172	2.592.930	2.065.224	2.380.787	3.865.842	4.166.291
Argentina (soja)	22.731	232.997	977.450	1.523.004	2.386.797	2.909.620	3.244.936
Brasil (soja)	78.423	459.174	1.326.377	1.827.605	2.724.359	3.091.471	3.165.593
Indonesia (palma)	27.284	39.789	125.051	397.890	517.256	738.938	825.091
Malasia (palma)	0	129.144	251.830	286.699	103.315	65.863	62.519
Mundo	7.380.012	10.489.198	15.593.696	16.880.789	20.251.083	23.918.458	25.190.619
Exportaciones netas							
Argentina (soja)	0	210.265	886.525	1.477.541	1.750.318	1.818.512	2.139.824
Estados Unidos (soja)	81.757	667.499	1.287.298	896.866	429.187	258.407	187.907
Malasia (palma)	0	122.686	235.041	293.156	116.229	64.572	55.142
Indonesia (palma)	0	0	0	227.365	267.154	284.207	375.190
Brasil (soja)	0	-1.137	-4.546	-1.137	-1.137	-9.093	74.805
Mundo	81.757	999.314	2.404.318	2.893.792	2.561.752	2.416.605	2.832.868

Fuente: FAPRI 2012 Agricultural Outlook.

cado externo (cuadro 3). En el período 2007/2009 el 90 por ciento de la producción fue exportada. Sin embargo, a partir de 2010, el saldo exportador se redujo al 70 por ciento de la producción debido a cambios en la legislación nacional (ver apartado “Los biocombustibles en Argentina y el contexto institucional”) que hicieron obligatoria la utilización de biodiesel para el transporte en el mercado doméstico. No obstante el incremento en el consumo doméstico, Argentina sigue siendo el primer exportador de biodiesel del mundo (ver cuadro 4).

Este aumento tan significativo en la capacidad de producción, en un contexto de creciente demanda mundial por energías verdes, obedece a varias razones. Primero, una ventaja natural dada por la disponibilidad de grandes extensiones de tierras aptas para la producción de diversos cultivos oleaginosos (como la soja y el girasol). Segundo, el boom de la producción sojera en Argentina en los últimos años que permitió disponer de la materia prima para la producción de biodiesel^{6/7}. Tercero, la implementación de una estrategia de diversificación de exportaciones de las grandes empresas de la industria oleaginosa argentina, que ya contaban con infraestructura y tecnología de avanzada (Hilbert, 2006; Leone, 2006; Lamers, 2006) antes de que expandieran tan significativamente las oportunidades para vender biocombustible. Y, cuarto, el desarrollo de un marco institucional que priorizó y fomentó la actividad (ver apartado “Los biocombustibles en Argentina y el contexto institucional”).

3.2. Los actores de la cadena

La actividad de biodiesel en Argentina está compuesta por diversos tipos de actores que participan directa o indirectamente de la misma. En este apartado nos centraremos en tres tipos de actores: las empresas productoras de biodiesel, las empresas proveedoras de equipos y plantas de biodiesel, y los organismos de ciencia y tecnología.

3.2.1. Empresas productoras de biodiesel

La industria de biodiesel en Argentina está compuesta por 24 empresas productoras. En perspectiva internacional, esta puede considerarse relativamente pequeña en términos de la cantidad total de plantas⁸ pero de un tamaño relativamente grande en términos de la producción promedio por planta⁹. Dentro de la industria podemos diferenciar tres tipos de empresas:

i) *Las grandes empresas productoras de aceite vegetal*. Se encuentran estratégicamente localizadas cerca de las zonas portuarias, están orientadas al mercado exter-

⁶ La superficie dedicada a la producción de esta oleaginosa se incrementó de 6 millones de hectáreas en 1995/6 a 19 millones de hectáreas en 2009/10 (lo que representa aproximadamente la mitad de la superficie cultivable del país).

⁷ El biodiesel permite agregar valor en un segmento de la cadena de la soja asociada a la producción de aceite. Dado que el aceite es uno de los subproductos de menor relevancia relativa (aproximadamente el 23 por ciento de la producción se destina a este subproducto) el impacto del biodiesel en la transformación de la cadena es menor que en otros cultivos con mayor contenido oleico (como la canola) (Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 2011).

⁸ En Estados Unidos hay 151 plantas de biodiesel, 63 en Brasil y 53 en España (The Clean Energy Report, 2011).

⁹ En Argentina una planta de biodiesel promedio produce 108.300 toneladas anuales, mientras que en Estados Unidos una planta promedio produce 46.400 toneladas por año, en Brasil 70.450 toneladas, y en España 77.360 toneladas (The Clean Energy Report, 2011).

no y, en general, están integradas verticalmente con el suministro propio de materias primas y la red logística. Entraron al mercado de biodiesel motivadas por el alto precio del biocombustible y por el establecimiento de una legislación local que gravaba más intensamente las exportaciones de aceite de soja que las de biodiesel (ver apartado

LOS BIOCOMBUSTIBLES EN ARGENTINA Y EL CONTEXTO INSTITUCIONAL

El primer antecedente del marco regulatorio sobre biocombustibles en Argentina puede encontrarse en el año 2000 cuando el país adhirió al Protocolo de Kyoto sobre Cambio Climático y a la Convención Marco de las Naciones Unidas. Entre 2001 y 2005 varios otros programas e iniciativas fueron implementados con el fin de fomentar la producción de biocombustibles en Argentina. Entre estos se destacan el *Programa Nacional de Biocombustibles* fue lanzado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (Resolución 1076/2001) y el *Plan de Competitividad de Biodiesel* promovido por la Secretaría Nacional de Energía y Minería (Resolución 1396/2001). Este último eximía a los productores y comercializadores de biodiesel del pago de ciertos impuestos por un lapso mínimo de 10 años. En 2006, la Ley 26.093/2006 “Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de biocombustibles” (que entró en vigencia en enero de 2010), estableció requisitos de mezcla obligatorios para el etanol y el biodiesel. El objetivo de esta normativa fue diversificar la matriz energética nacional promoviendo el uso de energías renovables, y fomentar la producción de biocombustibles para el mercado interno. Dicha legislación, además, proporcionó incentivos específicos destinados a que las pequeñas y medianas empresas produzcan biocombustibles para el mercado interno. En virtud de la nueva legislación, ese tipo de empresas resultaron las únicas habilitadas para suministrar biocombustibles a las empresas mezcladoras que operan en el mercado doméstico (que son las mismas empresas de refinación de petróleo). La misma legislación estableció que las grandes empresas de biocombustible estén obligadas a proveer al mercado interno solo en el caso de que las empresas de menor porte no alcancen a satisfacer la demanda del mercado local.

Los derechos de exportación fueron otro instrumento de política utilizado para fomentar y regular la actividad de biocombustibles en el país. Hasta 2012, en el marco de una política de promoción de la exportación de biocombustibles, la alícuota del derecho de exportación de este biocombustible se fijó en un valor sensiblemente inferior a los de otros subproductos del complejo oleaginoso. En 2008, la alícuota del derecho de exportación de biodiesel era del 20 por ciento (hasta ese momento había sido del 5 por ciento), mientras que para el poroto de soja estaba fijada en 35 por ciento y para el aceite, torta y harina de soja en 32 por ciento.

Sin embargo, en 2012 la alícuota de los derechos de exportación de biodiesel fueron notoriamente modificados en el marco de la interrupción de políticas promocionales de la actividad considerada “ya integrada”. En ese momento la alícuota dio un salto al 32 por ciento para luego establecerse un sistema de retenciones móviles. En 2014, dada la creciente pérdida de competitividad del sector, sumado al cierre del mercado europeo por una investigación antidumping, llevó a la decisión de eliminar las retenciones móviles y reducir nuevamente el monto de la alícuota (al 11 por ciento).

“Los biocombustibles en Argentina y el contexto institucional”). Las empresas de este tipo que han establecido plantas de biodiesel son: Vincentin, Louis Dreyfus Commodities Argentina (Dreyfus), Bunge Argentina, Cargill SACI y Molinos Río de La Plata. Algunas de estas empresas también se han aliado a fin de crear empresas mixtas dedicadas exclusivamente a la producción de biodiesel. Tal es el caso de Renova (empresa resultante de la alianza entre Vincentin y Oleaginosa Moreno) y Ecofuel (resultante de la alianza entre AGD y Bunge Argentina).

ii) *Las grandes empresas independientes.* Estas firmas, a diferencia de las anteriores, adquieren la materia prima en el mercado. Pero, al igual que las anteriores, tienen un gran capital invertido, altos grados de eficiencia en el proceso productivo, tecnología de última generación y orientación al mercado externo. Ejemplos de este tipo de empresas son: Unitec Bio, Explora, Patagonia Bioenergía y Bioenergía Rosario.

iii) *Las empresas medianas y pequeñas.* Poseen una capacidad de producción de hasta alrededor de 40 mil toneladas por año, utilizan tecnología de fabricación nacional y están típicamente ubicadas lejos de los puertos. En general, tienen una situación de desventaja con respecto al volumen en comparación con las grandes empresas del sector, pero son flexibles y capaces de obtener productos secundarios, como la glicerina. Algunas de ellas son: Soyenergy, Biomadero, Derivados San Luis, Pitey y Energías Renovables Argentinas. Las empresas más pequeñas de este grupo producen solo para el autoconsumo.

3.2.2. *Empresas productoras de equipos y plantas de biodiesel*

Se trata de pequeñas y medianas empresas que se dedican a la producción de plantas y equipos para producir biodiesel, no sólo en base a cultivos industriales, sino también a otros insumos, como los desechos (por ejemplo, el aceite reciclado, la grasa animal, etc.). Estas están más orientadas a proyectos de escala media y baja que venden mayoritariamente su producción al mercado externo, aunque también proveen de tecnología a empresas de biodiesel medianas y pequeñas, y abastecen mayormente el mercado local. Ejemplos de estas empresas son: Biocombustibles S.A., que ofrece tecnología que permite producir plantas con capacidad de entre 72 y 800 toneladas por año; Biodiesel del Plata, que ofrece tecnología que permite una escala de entre 3.600 y 72.000 toneladas por año, y el Grupo Ingeniería Aplicada que fabrica plantas con una capacidad de 110.000 toneladas al año.

3.2.3. *Instituciones de ciencia y tecnología*

Los institutos públicos de investigación (tales como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), los institutos dependientes del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) y las universidades, realizan esfuerzos para desarrollar tecnologías tanto para mejorar la productividad y la sustentabilidad ambiental del biodiesel de primera generación, como para avanzar en biodiesel de generaciones más avanzadas. El INTA, por ejemplo, posee iniciativas para desarrollar tecnologías de proceso en biodiesel de primera generación y para biodiesel de segunda generación basado en *jatropha*. En el marco de las universidades se pueden encontrar líneas de investigación basadas en hidrógeno, celulosa, microalgas, bacterias y otros. Sin pretender ser exhaustivos, y sólo a modo de ejemplo, destacamos el caso del Instituto de Biología Molecular y Celular de Rosario (IBR) que

es una usina importante de desarrollos tecnológicos destinados a la industria de los biocombustibles. Entre los proyectos más relevantes de esta institución, cabe resaltar el desarrollo de enzimas que permiten degradar los agentes que afectan la calidad del biodiesel producido a partir de aceites vegetales, a fin de obtener biocombustibles de mejor calidad y menor costo; el desarrollo de bacterias capaces de producir biodiesel en forma sustentable a partir de materiales de bajo valor, como la glicerina, que no compiten por la alimentación humana; y el desarrollo de una plataforma de bacterias productoras de aceite con el fin de obtener aceites de mejor calidad para ser utilizados como fuente alternativa de combustible (ver apartado “Los vínculos universidad-empresa y el agregado de valor en la industria de biodiesel”).

Tomando la actividad de biodiesel en su conjunto pareciera que el crecimiento del negocio de biodiesel en Argentina impacta en los distintos actores que participan de la actividad productiva de manera diferente. Las empresas vinculadas a la producción de aceite vegetal tienen una posición muy fuerte en el mercado (explicando el mayor porcentaje de la producción) dado que i) poseen los vínculos con el sector agrícola proveedor de la materia prima, ii) cuentan con canales de comercialización y distribución desarrollados, iii) tienen experiencia exportadora, y iv) son líderes mundiales en el campo de la producción de aceite vegetal el cual se encuentra estrechamente vinculado tecnológicamente a la producción de biodiesel de primera generación. Sin embargo, estas destinan todo (o gran parte) de su producción al mercado externo. Las empresas medianas y pequeñas, en tanto, son más beneficiadas por el incremento en la demanda de biocombustibles en el mercado doméstico. Respecto de las empresas proveedoras de tecnología y equipamiento para la producción de biodiesel, estas se han beneficiado

LOS VÍNCULOS UNIVERSIDAD-EMPRESA Y EL AGREGADO DE VALOR EN LA INDUSTRIA DE BODIESEL

Algunos ejemplos recientes ponen en evidencia el potencial que poseen las vinculaciones universidad-empresa para generar procesos innovativos y agregar valor asociados a la producción de biocombustibles. Uno de estos es la recientemente creada empresa Keclon en Argentina. Esta puede considerarse un *spin-off* del IBR (lugar donde tiene sede actualmente y con la cual coopera en actividades de I+D). La empresa está liderada por emprendedores y científicos de trayectoria en el área de la biotecnología. Esta tiene por objetivo desarrollar nuevas enzimas para la producción de aceites y biodiesel utilizando herramientas de ingeniería genética, biología sintética y técnicas de evolución dirigida. Actualmente se encuentra desarrollando enzimas que permitirán eliminar las impurezas del biodiesel (tanto del biodiesel proveniente de la soja como de otros cultivos) a fin de mejorar significativamente su calidad y productividad.

Otro ejemplo de integración y conformación de una red de innovación público-privada, es el desarrollo de la plataforma biotecnológica que permitiría la producción a gran escala de un prototipo de bacterias genéticamente modificadas capaces de revalorizar la glicerina transformándola en biocombustible renovable que pueda mezclarse en las refinerías de origen vegetal. Este desarrollo es resultado de un consorcio de I+D entre una empresa semillera local (Bioceres), el CONICET y el Instituto de Agrobiotecnología de Rosario (INDEAR), con financiamiento de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

del crecimiento del sector, fundamentalmente proveyendo a las pequeñas y medianas productoras locales y exportando tecnología.

Con el objetivo de entender mejor el desarrollo de la capacidad productiva del sector y, principalmente, con el fin de analizar las bases de su competitividad futura, en el resto del artículo estudiamos la capacidad de innovación y los principales mecanismos de aprendizaje de un conjunto de empresas que participan de la actividad de biodiesel en Argentina. Previo a ello, en la sección siguiente, se describe la metodología utilizada.

4. Datos y metodología

En este trabajo se adoptó una metodología de estudio de caso a fin de reunir evidencia empírica que permita identificar el nivel de las capacidades de innovación y los principales mecanismos de aprendizaje de las empresas seleccionadas de biodiesel en Argentina. La metodología elegida es útil para entender dinámicas presentes en eventos individuales, y para proporcionar descripciones ricas de fenómenos nuevos o poco conocidos, como el desarrollo de capacidades de innovación en las industrias de RNs, un tema que ha sido poco estudiado. Además de realizar entrevistas en las empresas seleccionadas, consultamos a informantes claves, científicos y hacedores de política, y recabamos información secundaria en artículos (académicos y periodísticos) y bases de datos disponibles. La evidencia recolectada es tanto cualitativa como cuantitativa.

Los casos en que se basa el análisis son tres empresas productoras de biodiesel, y tres firmas productoras de equipos y tecnología para la producción de biodiesel. Las primeras fueron estudiadas en términos del marco teórico propuesto. Las segundas, en cambio, complementan el análisis de las primeras y permiten tener una mirada de tipo sistémica de la actividad. Dado que cuando se utiliza una metodología de estudio de caso la comprensión del fenómeno depende crucialmente de la selección de los mismos (Patton, 1990; Yin, 1994), en este trabajo seleccionamos casos representativos de los distintos tipos de empresas presentes en la industria (los cuales fueron discutidos en la sección anterior).

El sector productor de biocombustibles está conformado mayoritariamente por grandes empresas del sector oleaginoso que exportan, y medianas y pequeñas empresas que producen para el mercado local. Estudiamos dos de las firmas más importantes del sector en representación de las grandes, y una mediana, de reciente formación. Las empresas productoras de equipos y tecnología para biodiesel son pequeñas y medianas. Seleccionamos tres de las seis que estarían operando en Argentina, de acuerdo con lo indicado por los informantes claves del sector.

El cuadro 5 resume algunas características principales de las tres empresas productoras de biodiesel entrevistadas. Dos de ellas son empresas de gran porte vinculadas a la industria de la molienda de aceite vegetal (Renova y Unitec Bio), mientras que la tercera es una pequeña firma independiente (Pitey). Renova y Unitec Bio utilizan tecnología de frontera para producir biodiesel de primera generación. Entre las dos representan más del 25% de la producción total de biodiesel en Argentina. Su ubicación es estratégica: están situadas en la zona núcleo de la producción aceitera en la provincia de Santa Fe y muy cercanas a un puerto de gran porte (de la ciudad de Rosario). Ambas están orientadas hacia la exportación, y solo a partir de 2010 comenzaron a destinar un porcentaje menor de su producción al mercado local (debido a la aplicación de la Ley 26.093/2006). La empresa de menor porte analizada, Pitey, no se encuentra vinculada a la molienda de aceite ni ubicada

en la zona donde se concentran las empresas productoras de biodiesel de mayor tamaño. Pitey compra en el mercado local la soja que utiliza como materia prima para la producción de biodiesel. Sus actividades están orientadas exclusivamente al mercado interno y vende la mayor parte de su producción a la empresa nacional de petróleo YPF.

El cuadro 6 muestra las principales características de las empresas que producen equipos y tecnología para la producción de biodiesel entrevistadas. De una lista muy corta de seis firmas, entrevistamos a tres de ellas. En general, son empresas relativamente jóvenes y se ubican en la provincia de Buenos Aires. Dos –Biofuels y Biodiesel del Plata– se focalizaron desde sus inicios en el mercado de la energía renovable, mientras que la tercera, Grupo Ingeniería Aplicada (GIA), se dedicó inicialmente a la producción de plantas para producir detergentes, jabones, cosméticos y alimentos, y recién en 2005 comenzó a dedicarse al mercado de biodiesel. En este tipo de empresas la organización del trabajo se basa en proyectos ad hoc que se diseñan y realizan de

CUADRO 5
Productores de biodiesel en Argentina

Nombre	Año de fundación	Ubicación geográfica	Capacidad de producción (en toneladas por año)	Cantidad de empleados (*)	Productos	Materia prima	Orientación de las ventas
Renova	2006	Provincia de Santa Fe	480,000	40	Biodiesel y Glicerina	Aceite de soja	Exportación
Unitec Bio	2008	Provincia de Santa Fe	240,000	35	Biodiesel y Glicerina	Aceite de soja	Exportación
Pitey	2005	Provincia de San Luis	18,000	15	Biodiesel	Aceite de soja y canola	Mercado doméstico

(*) Incluye solamente trabajadores permanentes.

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo realizado.

CUADRO 6
Productores de equipamiento para la producción de biodiesel en Argentina

Nombre	Año de fundación	Ubicación geográfica	Capacidad de producción de las plantas (en toneladas por año)	Cantidad de empleados (*)
Biofuels	2000	Provincia de Buenos Aires	72 a 800	6
Biodiesel del Plata	2005	Provincia de Buenos Aires	3600 a 72000	10
Grupo Ingeniería Aplicada	2002	Provincia de Buenos Aires	120.000 a 240.000	10

(*) Incluye solamente trabajadores permanentes.

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo realizado

acuerdo con las demandas específicas de cada cliente. Además, suelen proveer asesoramiento en la instalación y funcionamiento de la planta. La construcción de las mismas está generalmente a cargo de proveedores locales especializados en metalmecánica y servicios de ingeniería. Estas empresas empezaron ofreciendo plantas de gran tamaño orientadas al mercado nacional. Sin embargo, recientemente, se están concentrando en el segmento de plantas de escala mediana y pequeña para el mercado externo (en su mayoría para clientes en Colombia, Brasil, Paraguay, Uruguay y los EE.UU.).

En la sección siguiente desarrollamos los resultados del estudio.

5. Análisis de la evidencia empírica

Esta sección se organiza en dos partes. En la primera el análisis se focaliza en las empresas productoras de biodiesel: proveemos una breve descripción de las características de las empresas seleccionadas, y luego analizamos sus capacidades de innovación y sus principales mecanismos de aprendizaje. En la segunda parte presentamos una caracterización de las empresas productoras de equipos y tecnología para la producción de biodiesel.

5.1. Empresas productoras de biodiesel: capacidades de innovación y mecanismos de aprendizaje

5.1.1. Los casos

En este apartado presentamos las principales características de las tres empresas estudiadas.

Renova fue fundada en 2006 como un *joint venture* entre dos compañías aceiteras: Oleaginosa Moreno¹⁰ y Vicentin¹¹. Ambas empresas representan cerca del 20 por ciento del total de aceite de soja producido en Argentina (entre ambas producen 1.5 millones de toneladas). Renova, con una producción de 480.000 toneladas de biodiesel por año, es la empresa con mayor capacidad de producción de este combustible en Argentina. La firma se especializa en la producción de biodiesel de primera generación, aunque también produce glicerina (cruda y refinada) como subproducto. El personal de la empresa incluye 40 ingenieros y técnicos, todos ellos abocados a tareas productivas. La planta se encuentra ubicada en la ciudad de San Lorenzo (provincia de Santa Fe), muy cerca de la planta de trituración y del puerto. Renova se beneficia de la integración vertical con Oleaginosa Moreno y Vicentin de quienes obtiene la materia prima (aceite de soja), el soporte comercial y administrativo y los servicios logísticos. Hasta el año 2009 Renova se dedicaba exclusivamente a la exportación de biodiesel. Sin embargo, desde la entrada en vigencia de la Ley 26.093/2006 que hace obligatoria la mezcla

¹⁰ Oleaginosa Moreno pertenece al grupo Grupo Glencore de Suiza, con fuerte presencia en América Latina. Glencore ofrece servicios de logística y embalaje, así como servicios de almacenamiento de los cultivos. También vende productos agroquímicos, semillas, fertilizantes, combustible y otros insumos para la producción agrícola. En 1997 el grupo adquirió Oleaginosa Moreno, que era una empresa familiar tradicional dedicada a la producción de oleaginosas. Oleaginosa Moreno se convirtió en uno de los mayores productores y exportadores de aceite de girasol en Argentina.

¹¹ Vicentin es una empresa argentina dedicada a la industria oleaginosa y a la producción de agroquímicos.

del petróleo fósil local con biodiesel en el mercado argentino, comenzó a destinar un porcentaje menor de su producción (aproximadamente el 10%) al mercado local.

Unitec Bio fue creada en 2008 por la compañía agrícola-ganadera Unitec Agro¹² que buscaba aprovechar parte de su producción para el autoabastecimiento de biocombustible. Más tarde, Unitec Bio fue vendida al grupo argentino Corporación América¹³, convirtiéndose en la unidad de negocio especializada en biodiesel de ese grupo. La planta industrial de Unitec Bio se ubica en la ciudad de Puerto General San Martín (provincia de Santa Fe). Su capacidad de producción es de 240.000 toneladas de biodiesel por año, y 24.000 toneladas de glicerina. La empresa emplea 35 técnicos e ingenieros. La materia prima (aceite de soja) la adquiere, a través de ductos, a dos proveedores locales (Aceitera General Deheza y Bunge Argentina), ambos ubicados geográficamente próximos a la planta de biodiesel. Unitec Bio se dedica fundamentalmente a la exportación de biodiesel (los principales mercados son Europa y Asia). En los últimos años, la empresa destinó aproximadamente el 15% de su producción al mercado interno (dada la nueva normativa que entró en vigencia en Argentina a partir de 2010)¹⁴.

Pitey, empresa que pertenece al grupo Tierra Gaucha¹⁵, puede considerarse una firma de tamaño mediano. La misma fue una de las primeras empresas argentinas dedicadas a la producción de biodiesel. Esta se encuentra localizada en la ciudad de Villa Mercedes (provincia de San Luis). Su capacidad de producción es de 18.000 toneladas por año, y emplea 15 profesionales (fundamentalmente técnicos químicos), supervisados por un ingeniero quien tiene a cargo la organización de la producción. La firma adquiere la materia prima (poroto de soja) en el mercado. Aunque en sus comienzos la producción estaba destinada totalmente al mercado externo, desde la introducción de la legislación nacional de biocombustibles, Pitey se ha orientado al abastecimiento del mercado local¹⁶. Su comprador exclusivo es la empresa petrolífera estatal argentina (YPF).

5.1.2. Las capacidades de innovación

Los gráficos 1 y 2 resumen el posicionamiento de cada empresa en los distintos niveles de capacidad de innovación discutidos en el marco analítico (sección 2), tanto para innovación de proceso como de producto.

De los gráficos surge claramente que ninguna empresa fue clasificada más allá del nivel intermedio de capacidades de innovación. Esto se explica, en gran medida, porque aunque todas las firmas analizadas posean, sobre la base de esfuerzos de diseño e ingeniería, capacidades para introducir cambios menores o adaptaciones de las tecnologías existentes, ninguna posee capacidades formales desarrolladas en

¹² Unitec Agro se creó a mediados de la década del 90 como un proyecto agroindustrial de seis empresas: Don Panos, La Surpina, Santa María y La María (Chaco) y El Bellaco y La Florencia (Formosa). Las actividades principales de la empresa son las agrícolas, agroindustriales y de ganadería.

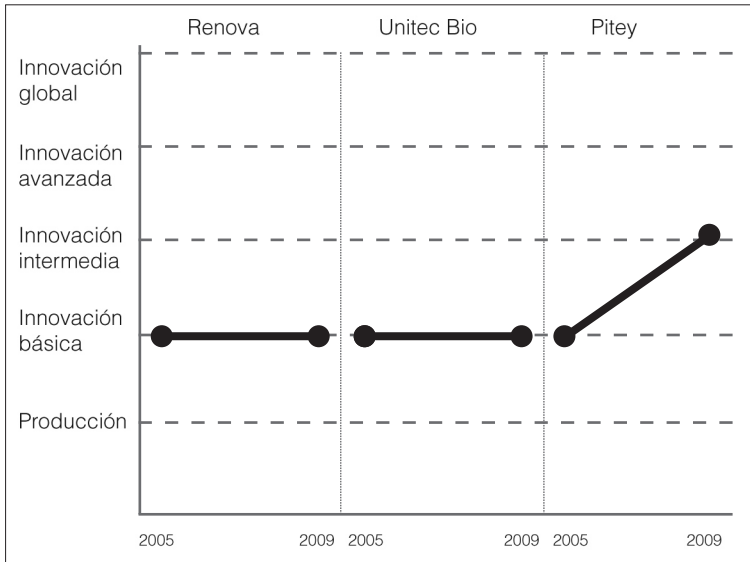
¹³ Corporación América tuvo sus comienzos en la industria textil, desde la siembra del algodón y la elaboración del hilado, hasta el diseño y el tejido. Luego se diversificó hacia nuevas actividades como las comunicaciones, los aeropuertos, la infraestructura, la agroindustria y los servicios (financieros y postales).

¹⁴ Ver apartado "Los biocombustibles en Argentina y el contexto institucional".

¹⁵ Tierra Gaucha es un grupo argentino dedicado a la producción de aceite, harina y biodiesel, además de dedicarse a la actividad agrícola-ganadera y de alimentos.

¹⁶ Ver apartado "Los biocombustibles en Argentina y el contexto institucional".

GRÁFICO 1
Capacidades de las firmas productoras de biodiesel en innovación de proceso (2005-2009)



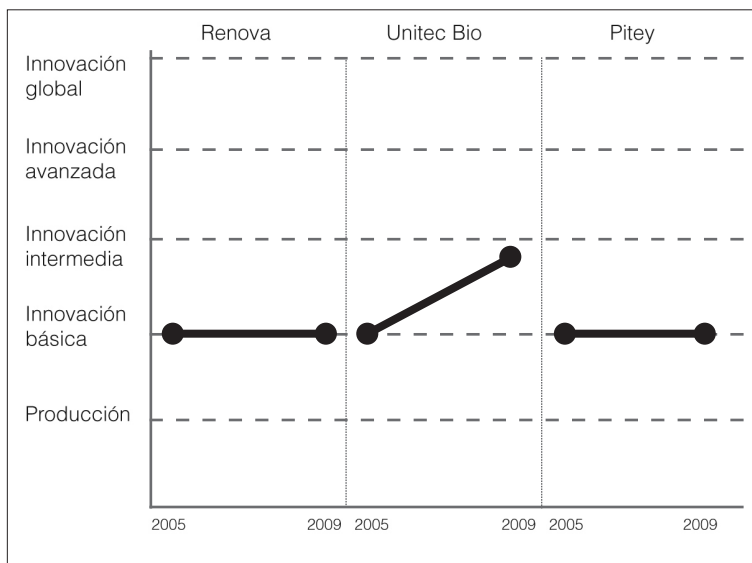
Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo realizado.

actividades de I+D. Cada caso presenta, sin embargo, especificidades particulares que vale la pena destacar.

La empresa Renova ha mostrado capacidades significativas para incrementar su capacidad productiva en el tiempo: entre 2007 y 2008 la firma construyó dos líneas de tratamiento de biodiesel (con una capacidad de producción total de 480.000 toneladas) y en 2009 incorporó una planta de refinación de glicerina. Sin embargo, la firma califica con baja capacidad de innovación tanto en producto como en proceso (y se ha mantenido en esos niveles durante el tiempo de estudio considerado (2005-2009)), dado que no ha realizado esfuerzos importantes por introducir cambios en la tecnología de proceso utilizada o en los productos ofrecidos. Renova adquirió la tecnología de proceso en forma de paquete cerrado a proveedores internacionales (Lurgi Desmet en el caso de biocombustibles y Corona para glicerina)¹⁷, y desde entonces, solo ha introducido cambios menores a la tecnología adquirida, relacionados fundamentalmente al tratamiento de efluentes, y modificaciones de tipo ingenieril. Al mismo tiempo, la empresa no realiza esfuerzos de investigación (ni de manera interna ni en colaboración con otros agentes) en nuevos productos (por ejemplo, biodiesel de segunda o tercera generación), ya que se dedica enteramente a biodiesel de pri-

¹⁷ Según informantes de la empresa, los proveedores de tecnología fueron seleccionados debido a que ofrecen una tecnología probada mundialmente a un costo razonable, y que permite cumplir con normas internacionales de regulación (como la norma EN 14214).

GRÁFICO 2
Capacidades de las firmas productoras de biodiesel en innovación de producto (2005-2009)



Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo realizado.

mera generación. En palabras de uno de los entrevistados: “aún queda mucho por desarrollar en la primera generación de biodiesel, así es que no estamos pensando en el desarrollo de nuevos productos”. Un comité técnico de ingenieros (compuesto por directores de planta, de laboratorio y de producción) de las empresas Renova, Vincentín y Glencore se reúne periódicamente para analizar las desviaciones en el proceso de producción y las nuevas tendencias en los mercados (especialmente los reglamentos de calidad de Europa y Estados Unidos). Luego, sobre la base de las recomendaciones de este comité, la empresa centra su atención en adaptar y mejorar la calidad de los productos que actualmente produce. Más allá de las tareas productivas, entonces, el personal de la empresa sólo lleva a cabo ensayos y pruebas diarias para verificar el cumplimiento de las normas de calidad (establecidas por el organismo regulador) y los protocolos de los clientes. Una ventaja de Renova es el acceso a las capacidades desarrolladas por sus empresas fundadoras y la integración vertical resultante: Vicentin (industria petrolera) y Glencore (marketing y conocimiento de los mercados extranjeros). Esto tiene un impacto positivo en el cumplimiento de los estándares de calidad del producto requerido.

Unitec Bio fue clasificada con un nivel básico de capacidades de innovación con relación a procesos, pero con un nivel intermedio de capacidades con relación a producto. Respecto de procesos, tal como hizo Renova, se inició en el mercado de biodiesel adquiriendo una planta llave en mano de la empresa alemana Lurgi Desmet. Esta tecnología le permitió alcanzar altos niveles de rendimiento en un corto

plazo (cumpliendo con normas internacionales). Sin embargo, como a Renova, esta estrategia la limitó en la posibilidad de introducir mejoras en la tecnología adquirida. Las mejoras introducidas se han concentrado en innovaciones incrementales a fin de mantener las condiciones de garantía de los proveedores (por ejemplo, cambio de la potencia de una bomba), a adaptarse a la variabilidad de las características de las materias primas utilizadas, a la adopción de un proceso sistemático de almacenamiento, procesamiento y envío de residuos industriales de acuerdo con la regulación ambiental vigente, y la compra de un cromatógrafo para optimizar el proceso de control de calidad (el que se utiliza para analizar la eficiencia de la conversión de aceite en biodiesel). Sin embargo, la empresa está dedicando esfuerzos, aunque muy incipientes, para desarrollar biocombustibles de segunda generación. Con este propósito, ha creado un departamento de calidad, investigación y desarrollo de producto, y ha contratado profesionales especializados para llevar a cabo las nuevas líneas de investigación. Este departamento ha comenzado a implementar algunas estrategias para cumplir con objetivos tales como el intercambio de conocimiento con investigadores de la Universidad Nacional de Rosario, la búsqueda y monitoreo de tecnología en las bases internacionales de patentes, la búsqueda de líneas de financiamiento (públicas y privadas) para llevar a cabo proyectos tecnológicos, y el intercambio de conocimiento con otros miembros de la industria a través de la cámara empresaria. Estos esfuerzos le permitieron a la empresa pasar del nivel básico al intermedio en el proceso de evolución de su capacidad de innovación.

Por último, el caso de Pitey invierte el patrón observado en UnitecBio. Esta empresa ha alcanzado niveles intermedios en su capacidad de innovación en procesos. Sin embargo ha mantenido niveles básicos de innovación en producto durante el período estudiado. En cuanto a innovación en procesos, la empresa adquirió originalmente la tecnología de proveedores locales. Sin embargo, también ha realizado esfuerzos continuos por introducir mejoras en dicha tecnología. El éxito de dichos esfuerzos –los que incluyeron ingeniería inversa, rediseño y ajustes de producción– le ha permitido desarrollar una planta localmente adaptada, la cual provee a otras empresas pequeñas y medianas del mercado local. Pitey actúa hoy, por lo tanto, como productor de biodiesel, proveedor de plantas de producción y consultor técnico. En cuanto a innovación de productos en relación con la producción de biodiesel, Pitey no ha realizado esfuerzos por introducir cambios significativos, lo que la ubica en un nivel básico de capacidades de innovación.

5.1.3. Los mecanismos de aprendizaje

En esa sección analizaremos los principales mecanismos de aprendizaje utilizados por las empresas estudiadas para adquirir los niveles de innovación observados. El cuadro 7 resume el grado de utilización de los distintos mecanismos de aprendizaje según tres categorías: i) internos, aquellos que se producen dentro de las fronteras de la firma (capacitación, actividades de tipo ingenieril y operacionales, actividades de I+D e intercambio/socialización de conocimiento), ii) externos (Argentina), adquisición de capacidades a través de la interacción con otros agentes situados en Argentina (capacitación, consultoría/asistencia técnica/adquisición de licencias, vínculos con proveedores/usuarios, búsqueda de información, acuerdos e intercambios relacionados a actividades de I+D, participación en actividades científicas y técnicas), y iii) externos (otros países), adquisición de capacidades a través de la interacción

con otros agentes situados fuera de Argentina (capacitación, consultoría/asistencia técnica/adquisición de licencias, vínculos con proveedores/usuarios, búsqueda de información, acuerdos e intercambios relacionados a actividades de I+D, participación en actividades científicas y técnicas). La intensidad con que se utiliza cada uno de estos mecanismos de aprendizaje es definido en relación con el grado de continuidad en su uso para acceder a conocimiento (Figueiredo, 2003). Distinguimos cuatro niveles de intensidad: nulo (cuando no se ha utilizado este mecanismo en un periodo determinado), bajo (cuando este mecanismo es utilizado una sola vez en un periodo determinado), moderado (cuando el mecanismo es utilizado de forma poco regular e intermitente en un periodo determinado) y alto (cuando el mecanismo se ha utilizado de manera continua durante un periodo determinado).

La primera observación que surge del cuadro 7 tiene que ver con la incidencia de la escala. Las empresas de mayor porte (Renova y Unitec Bio) han implementado (con distinto grado de intensidad) un conjunto bastante diverso de mecanismos de aprendizaje tanto internos como externos a las firmas. En cambio, la firma más pequeña, Pitey, ha implementado un conjunto menor de mecanismos de aprendizaje fundamentalmente ligados a esfuerzos internos y a la participación en actividades científicas y técnicas en Argentina. La escala parece afectar, por lo tanto, al menos en estos casos, tanto el número como los tipos de esfuerzos de innovación que realizan las empresas.

En segundo lugar, cuando miramos el tipo de esfuerzos más en detalle, puede verse claramente que hay dos actividades que parecen ser una condición necesaria para operar en esta actividad, ya que la llevan adelante las tres empresas: las actividades de tipo ingenieril y operacionales y la capacitación interna. Las actividades de I+D y el intercambio y socialización de conocimiento dentro de la empresa aparecen sólo en el caso de las de mayor tamaño.

En tercer lugar, los mecanismos de aprendizaje externos con organizaciones fuera de Argentina son llevados a cabo solamente por las empresas de mayor porte, ligadas a la molienda de aceite. Estas empresas utilizan fundamentalmente aquellos mecanismos que les permiten acceder a información tanto de mercado como técnica del sector, y en menor medida realizan esfuerzos vinculados a la adquisición de licencias, asistencia técnica e intercambio de conocimiento con proveedores de equipo extranjeros. La capacitación de recursos humanos en el extranjero y los acuerdos y actividades de I+D son mecanismos de aprendizaje poco utilizados por las empresas. Ninguna de las empresas ha participado en actividades científicas y técnicas (congresos, reuniones, trabajos de investigación) fuera del ámbito local.

En cuarto y último lugar, respecto de los mecanismos de aprendizaje externos en interacción con agentes en Argentina, podemos observar que es en este tipo de mecanismos donde se encuentra la principal diferencia entre las empresas de mayor porte estudiadas. La empresa Unitec Bio lleva a cabo todos los esfuerzos externos estudiados: participación en conferencias y actividades científicas, el intercambio de conocimiento con competidores a través del trabajo conjunto en la cámara que nuclea el sector, la búsqueda de información especializada en bases de patentes y los vínculos e intercambio de conocimiento con proveedores (por ejemplo, de control de agua o tratamiento de efluentes), realiza capacitaciones externas de su personal y se vincula con grupos de investigación en biotecnología y microbiología de la Universidad Nacional de Rosario. La empresa Renova, por su parte, realiza esfuerzos en capacitación externa de sus empleados y en la búsqueda de información a través de bases de datos especializadas e intercambio con competidores. En menor medi-

da, adquiere conocimiento a través de consultorías, licencias y asistencia técnica, y actividades de I+D (fundamentalmente con proveedores). La empresa Pitey, en cambio, sólo utiliza un mecanismo de aprendizaje externo: la asistencia a conferencias/congresos en Argentina.

CUADRO 7
Mecanismos de aprendizaje utilizados por las empresas
en el periodo (2005-2009)

Tipo de mecanismos	Descripción	Empresa 1: Renova	Empresa 2: Unitec Bio	Empresa 3: Pitey
Internos	Capacitación	1	1	1
	Actividades de tipo ingenieril y operacionales	2	3	3
	Actividades de I+D	2	2	0
	Intercambio/socialización de conocimiento	3	2	0
Externos (Argentina)	Capacitación	2	1	0
	Consultoría/asistencia técnica/adquisición licencias	1	2	0
	Vínculos con proveedores/usuarios	0	2	0
	Búsqueda información externa (competidores, fuentes de conocimiento especializadas)	2	2	0
	Acuerdos e intercambios relacionados a actividades de I+D	1	1	0
	Participación en actividades científicas y técnicas (congresos, reuniones, trabajos de investigación)	0	3	2
Externos (otros países)	Capacitación	1	0	0
	Consultorías/asistencias técnicas/licencias	1	1	0
	Vínculos con proveedores/usuarios	1	1	0
	Búsqueda información externa (competidores, fuentes de conocimiento especializadas)	2	2	0
	Acuerdos e intercambios relacionados a actividades de I+D	1	0	0
	Participación en actividades científicas y técnicas (congresos, reuniones, trabajos de investigación)	0	0	0

Nota: El grado de intensidad en la utilización de los distintos mecanismos de aprendizaje se ha clasificado en Nulo (0), Bajo (1), Moderado (2) y Alto (3).

Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de campo realizado.

5.2. Las empresas productoras de tecnología y equipos

En este apartado presentamos las principales características de las tres empresas estudiadas.

5.2.1. Los casos

Además de los productores de biodiesel, la industria se compone de un grupo de empresas que han desarrollado capacidades para producir equipos, plantas y proporcionar servicios de ingeniería asociados a la producción de biodiesel. Estas son empresas argentinas que se dedican al diseño y fabricación de plantas “*taylor-made*” de acuerdo con la demanda de los clientes. Este tipo de empresas representan el 23% de la cuota de mercado con 850.000 toneladas de capacidad instalada (The Clean Energy Report, 2011). En este apartado analizaremos los casos de tres empresas: Biofuels, Biodiesel del Plata y GIA.

La empresa Biofuel fue creada en el año 2000 por un ingeniero aeronáutico. Es actualmente un negocio familiar compuesto por un equipo pequeño de seis técnicos. La empresa contrata personal adicional de acuerdo con las necesidades de cada proyecto que lleva a cabo y trabaja con una red de 70 proveedores (de motores, válvulas, bombas, etc.). Biofuel no ofrece productos estandarizados, sino que diseña y produce modelos de plantas de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los clientes. La empresa produce entre 30 y 40 plantas por año. Su nicho de mercado es la producción de pequeñas plantas para el autoconsumo. El 90% de su producción se exporta a 30 países diferentes. La firma ofrece también servicios de asesoramiento y capacitación para el uso de distintas materias primas, control de calidad y proceso de protocolo HTP.¹⁸ La compañía ha desarrollado un proceso novedoso denominado “*no wash technology*” que se basa en el protocolo HTP. Este proceso, el cual está protegido por secreto industrial, contribuye a reducir la producción de contaminantes y efluentes.

Otra firma estudiada, Biodiesel del Plata, nació en 2005 en la provincia de Buenos Aires. Esta desarrolla plantas de tamaño pequeño a mediano (con una capacidad de producción de 3.600 a 72.000 toneladas). La empresa cuenta con diez empleados de forma permanente, y contrata personal adicional de acuerdo a las necesidades de los proyectos. La mayoría de los clientes se encuentran en Argentina, Brasil y Paraguay. Los productos finales ofrecidos por la empresa pueden clasificarse en tres tipos: el pretratado de materia prima (por ejemplo, de aceites vegetales usados y grasas animales), el refinado de biodiesel y la producción de glicerina. Este último fue introducido por la empresa en 2007 cuando incorporó un nuevo módulo que le permite la purificación de glicerol y su conversión en glicerina (alcanzando un 85% de pureza). En 2008 la empresa construyó una planta de biodiesel con tecnología de frontera para el municipio de Malvinas Argentinas en la provincia de Buenos Aires (Argentina). Este fue el punto de partida para el desarrollo de una tecnología denominada “lavado en seco”, que permite cumplir con las normas internacionales de calidad de cuidado del medio ambiente y ahorro de agua. Más recientemente, la empresa ha introducido mejoras en el diseño

¹⁸ El protocolo High Temperature Pressurized trabaja a 90 ° C (en lugar de 55 ° C que es la temperatura que comúnmente se utiliza para plantas de biodiesel) y asegura ratios de conversión de más del 98%. Esto simplifica el protocolo de trans-esterificación de aceites vegetales o grasas, lo que permite un proceso de mezclado más eficiente y reduce la contaminación del agua.

de las plantas de biodiesel, tales como la introducción de una tecnología de proceso para múltiples materias primas y la automatización de las plantas. Actualmente, con el propósito de reducir el uso de alimentos como materia prima para la producción de biodiesel, la empresa está trabajando en el uso de residuos industriales.

GIA fue creada en 2002 por un ingeniero químico quien convocó a un equipo de trabajo compuesto por profesionales con experiencia y *know how* en el desarrollo de productos químicos y oleoquímicos adquiridos en grandes empresas multinacionales (Unilever, Chemical Company, Arcor). En los primeros años, la empresa se dedicó al diseño y producción de plantas para detergentes, jabones, cosméticos, alimentos y derivados del complejo oleo químico. Sin embargo, desde 2005 la empresa incursionó en el mercado de la energía produciendo plantas de tamaño mediano (de 120.000 a 240.000 toneladas) para producir biodiesel. Actualmente la empresa se compone de 10 empleados permanentes, y contrata otros profesionales ad hoc de acuerdo a los proyectos que va desarrollando. En 2007 GIA vendió una planta a la empresa Explora localizada en la provincia de Santa Fe, la cual es una de las empresas de biodiesel más grandes de Argentina. GIA fue elegida entre otros proveedores internacionales, como la empresa alemana Lurgi Desmet. Ese mismo año GIA estableció una alianza estratégica con la empresa Bioenerg SA¹⁹ con el fin de llevar a cabo un proyecto conjunto de elaboración de una planta de aceites y biodiesel de alta capacidad de producción para la empresa americana Soy Energy. La tecnología de la firma GIA se basa en tres patentes, y esta introduce cambios y modificaciones a dicha tecnología de acuerdo a las especificidades de los requerimientos de los clientes. Por ejemplo, la producción de ésteres de bajo poder alcalino utilizados en los procesos de transesterificación; la aplicación de un proceso de secado utilizando un absorbente que remueve las impurezas del biodiesel; y la incorporación de un lavador másico contracorriente a fin de mejorar la eficiencia de procesos.

5.2.2. Las capacidades de innovación y los mecanismos de aprendizaje

Las tres empresas analizadas muestran indicios de evolución hacia niveles de capacidades de innovación avanzados. Esto se explica, en gran parte, por la conformación de equipos de ingenieros y técnicos con experiencia y capacidades desarrolladas previamente en grandes empresas (multinacionales en algunos casos). La organización del trabajo se basa en proyectos ad hoc que se personalizan de acuerdo con las características específicas de los clientes. En la construcción de las plantas en sí mismas se subcontrata a proveedores especializados en metal mecánica y afines. Sin embargo, los técnicos e ingenieros de cada empresa son los encargados del diseño de cada planta y de dirigir el proceso de instalación y control del funcionamiento de las mismas. A pesar de que las empresas analizadas se orientaron en una primera instancia al abastecimiento del mercado nacional ofreciendo plantas de gran tamaño, estas han encontrado un mercado receptivo en las empresas productoras de biodiesel de mediana y baja escala así como en clientes extranjeros; lo cual es un indicador de sus capacidades tecnológicas.

En términos de los mecanismos por los cuales estas empresas adquieren sus

¹⁹ Bioenerg S.A. se especializa en el desarrollo e implementación de proyectos de biodiesel, desde el proceso extractivo de refinamiento del aceite vegetal, a todos los servicios complementarios de desarrollo del proyecto.

capacidades tecnológicas y de innovación, un mecanismo de aprendizaje común a todas las empresas analizadas es la adquisición de licencias de patentes para el desarrollo de sus propias tecnologías. Se relacionan poco, sin embargo, con universidades e institutos de investigación locales. Las empresas entrevistadas señalaron que se trata de una práctica común que las universidades y centros de investigación locales las inviten a conferencias o seminarios para difundir su experiencia. Sin embargo, estas no llevan a cabo ningún proyecto de I+D en colaboración con organizaciones científicas y/o tecnológicas argentinas.

Los esfuerzos innovadores de las empresas proveedoras de tecnología y equipos están mayormente dirigidos a la reducción de los impactos ambientales y a la búsqueda de materias primas alternativas a las alimentarias. Según las empresas el mayor desarrollo del polo oleoquímico, una actividad que abriría nuevas posibilidades productivas y tecnológicas ligadas a los usos que tienen los ésteres y sus subproductos, permitiría el fortalecimiento de la cadena productiva, demandaría mejoras tecnológicas y generaría mayor empleo directo²⁰.

6. Reflexiones finales

En un período menor de diez años Argentina pasó de producir niveles muy bajos de biodiesel fundamentalmente destinados al autoconsumo, a convertirse en el tercer productor y en el primer exportador mundial de biodiesel basado en aceite de soja y girasol. Esta vertiginosa expansión en la producción de biodiesel puede explicarse por la combinación de un conjunto de factores: ventajas naturales (grandes extensiones de tierras aptas para la agricultura utilizadas en la producción de diversos cultivos oleaginosos como la soja y el girasol), el boom de la producción sojera en Argentina en los últimos años, la existencia de infraestructura de avanzada proveniente de la industria aceitera que pudo rápidamente reconvertirse para la producción de biodiesel y la adopción de una legislación que favoreció y fomentó la actividad. Hasta el momento, la mayoría de los esfuerzos, fundamentalmente privados, se han concentrado en la producción de biodiesel de primera generación. En el nivel mundial, sin embargo, son cada vez más frecuentes las advertencias respecto de las desventajas económicas, ambientales y sociales de este tipo de biodiesel, y se estima que la demanda por biodiesel proveniente de materias primas que no compitan con la alimentación humana será creciente. Por lo tanto, la sostenibilidad a futuro de la industria de biodiesel en Argentina depende crucialmente de su capacidad para innovar y reconvertirse de acuerdo con los cambios en el mercado mundial de este biocombustible. En este artículo analizamos pues la capacidad innovadora de la actividad de biodiesel en Argentina.

Nos concentramos mayormente en el estudio de capacidades emergentes de innovación en empresas productoras de biodiesel y en los principales mecanismos de aprendizaje utilizados por estas empresas para la construcción de dichas capacidades. Los resultados arrojan que la capacidad de innovación de las empresas, tanto en

²⁰ La actividad oleoquímica comprende la transformación de aceites provenientes de plantas y animales a través de procesos como la hidrogenación, esterificación, transesterificación e hidrólisis en la obtención, en primera instancia, de sustitutos de los combustibles fósiles, y en segundo lugar, en la transformación de ésteres de glicerol y productos de alto valor agregado como lubricantes, jabones y plásticos.

innovación de producto como de proceso, se encuentra en un nivel medio/bajo. Las empresas fundamentalmente realizan esfuerzos tecnológicos para adaptar o realizar innovaciones incrementales a tecnologías ya existentes, pero destinan pocos (o nulos) esfuerzos para el desarrollo de nuevos productos y/o procesos que contribuyan a la frontera tecnológica de la actividad. Sus esfuerzos de innovación están orientados fundamentalmente a mejorar sus niveles de eficiencia y productividad, en la coyuntura actual del mercado. En términos de la literatura de innovación y el marco teórico propuesto para el análisis, esto estaría indicando que las empresas estudiadas se encuentran estancadas en las primeras etapas de la evolución de las industrias en los países menos avanzados, desarrollando capacidades fundamentalmente operativas, pero no innovativas.

La literatura especializada nos dice que este estancamiento en las capacidades de innovación de las empresas estudiadas se explicaría por los reducidos esfuerzos internos que estas realizan a fin de construir e incrementar sus capacidades tecnológicas. Nuestro trabajo confirma parcialmente estas ideas. De hecho, las empresas analizadas realizan sólo esfuerzos aislados y parciales para implementar mecanismos de aprendizaje más complejos, como las interacciones de I+D con proveedores de tecnología fuera del país. El estudio, sin embargo, permitió avanzar también en el entendimiento de otra dimensión que está limitando las capacidades de innovación de la industria en su conjunto: las escasas capacidades sistémicas que se están desarrollando. Cabe destacar que nuestro enfoque no pretende ser sistémico, ya que ello requeriría un abordaje mucho más complejo. No obstante ello, nuestro abordaje de los productores seleccionados de maquinarias y equipos y de la actividad de instituciones elegidas de ciencia y tecnología en el área de biocombustibles, nos permite realizar algunas reflexiones con respecto al funcionamiento de la industria en su conjunto y a posibles puntos de intervención de política.

Primero, las grandes empresas de biodiesel en Argentina actúan como islas en el mercado local, aprovechando sus ventajas competitivas, las condiciones excepcionales de mercado (precios en alza y demanda mundial creciente) y una legislación local favorable para competir en el mercado de los biocombustibles. Se relacionan con pares extranjeros y proveedores de equipos internacionales con el objetivo de realizar ajustes y mejoras de proceso, actualizar el equipamiento de la planta y obtener asistencia técnica y capacitación a fin de cumplir con las normativas técnicas y medioambientales mundiales. Estas empresas, sin embargo, casi no establecen vínculos con proveedores nacionales de tecnología y equipos. Estos últimos, en cambio, concentran sus relaciones comerciales con los productores de biodiesel medianos y pequeños a quienes les venden tecnología y asistencia técnica. El alto grado de desconexión entre las grandes empresas de biodiesel y las firmas locales que producen tecnología para la producción de biodiesel se debe, probablemente, a que las empresas de mayor porte no encuentran hoy en las proveedoras locales de tecnología los mismos estándares de calidad, confiabilidad y costos que ofrecen los proveedores internacionales. Sin embargo, dado el alto nivel de capacidad de innovación que exhiben las empresas proveedoras de tecnología locales, podría pensarse que el acercamiento futuro entre ambos tipos de empresas podría contribuir al mayor desarrollo del sector. Ello permitiría no sólo ayudar a fortalecer las empresas proveedoras de tecnología, que son claramente más intensivas en conocimiento que las empresas productoras de biodiesel en sí mismas, sino también incrementar las posibilidades de que, a través de relaciones usuario-proveedor, la industria evolucione en una trayectoria compatible

con los estándares y la demanda mundial de este tipo de productos.

Segundo, las vinculaciones entre las empresas productoras de biodiesel y el sistema científico-técnico es débil y esporádico. Los vínculos generalmente se producen a través de la asistencia de miembros de las empresas a conferencias o seminarios organizados por las instituciones científico-técnicas o a través de relaciones informales interpersonales con investigadores. Sin embargo, se destaca la menor presencia de vínculos de tipo más formal, como acuerdos de I+D entre empresas productoras de biodiesel en Argentina y universidades u otras instituciones de investigación en el nivel local o en el extranjero. Pensando la industria a futuro, el fortalecimiento de los vínculos entre las empresas de biodiesel y las instituciones científicas es un factor que puede convertirse en dinamizante y prometedor. Dentro de las universidades e institutos de investigación nacionales se pueden identificar proyectos de investigación tecnológica cuyo fin es tanto optimizar el proceso de producción de biodiesel de primera generación como avanzar en el desarrollo de biodiesel basado en materias primas no comestibles. Algunos pocos ejemplos recientes muestran el potencial de integración entre los distintos tipos de actores de la cadena para generar procesos innovativos que permitan alcanzar mayores niveles de productividad y dar un salto tecnológico.

Es muy probable que la sostenibilidad de la actividad de biodiesel en la Argentina, dependa en gran medida del fortalecimiento de este tipo de vínculos entre los distintos actores del sistema, lo que actualmente aparece como un promisorio espacio para la política pública.

Tercero y para finalizar, más en general, un importante punto de intervención de política, entendemos, es la generación de mecanismos para incentivar las actividades de I+D empresarial en el sector. Esto es crucial, dado que es muy probable que en las condiciones actuales de las empresas (i.e. las regulaciones, la especialización productiva del país y las condiciones de mercado internacional), las cuales les permiten a partir de la producción y venta de biocombustible de primera generación obtener beneficios significativos, no estén presentes los incentivos suficientes para invertir en actividades de innovación pensando en la sustentabilidad a largo plazo de la industria (por ejemplo, en investigaciones relacionadas con biocombustibles de segunda y tercera generación). Es responsabilidad de la política pública crear los incentivos que induzcan a las empresas a realizar tales inversiones, dadas las condiciones presentes del mercado mundial y la creciente presión de las instituciones internacionales que podrían poner en riesgo la sustentabilidad futura del negocio.

BIBLIOGRAFÍA

- ABERNATHY, W. J. y UTTERBACK, J. M. (1978): "Patterns of industrial innovation", *Technology Review* Vol. 80 (June-July).
- ABRAMOVITZ, M. (1986): "Catching up, forging ahead and falling behind", *Journal of Economic History*, 46, 386-406.
- ABRAMOVITZ, M. (1989): *Thinking about growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- ARIFIN, N. (2000): 'The Internationalisation of Innovative Capabilities: The Malaysian Electronics Industry', Unpublished Ph.D. Thesis, SPRU, University of Sussex at Brighton.
- ARIFFIN, N. y BELL, M. (1999): "Firms, politics and political economy: patterns of subsidiary-parent linkages and technological capability-building in electronics TNC subsidiaries in Malaysia" en JOMO, K.S., FELKER, G. y RASIAH, R. (Eds.), *Industrial Technology Development in Malaysia*, Routledge, UK.
- ARIFFIN, N. y FIGUEIREDO, P.N. (2004): "Internationalization of Innovative Capabilities: Counter-evidence from the Electronics Industry in Malaysia and Brazil", *Oxford Development Studies*, 32(4), 559-583.
- AUTY, R. (1990): "Resource based industrialization: Sowing the oil in eight developing countries", Oxford: Clarendon Press.
- AUTY, R. (1993): "Sustaining Development in Mineral Economies: The Resource Curse", Tesis doctoral, London: Routledge.
- BELL, M. (1984): "Learning and the accumulation of industrial technical capacity in developing countries" en Fransman, M. y King, K. (Eds.) *Technological Capacity in the Third World*, Macmillan, London, pp. 189-209.
- BELL, M. (2007): "Technological Learning and the Development of Production and Innovative Capacities in the Industry and Infrastructure Sectors of the Least Developed Countries: What Roles of ODA?", Trabajo preparado para la UNCTAD.
- BELL, M. y PAVITT, K. (1995): "The development of technological capabilities" en *Trade, technology, and international competitiveness*, Banco Mundial, Washington, pp. 69-101.
- CHESBROUGH, H. W. (2003): "Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology", Harvard Business School Press, Boston.
- CHESBROUGH, H. (2004): "Managing Open Innovation: Chess and Poker", *Research-Technology Management*, 47 (1), 23-26.
- COOMBS, R. y METCALFE, S. (2000): "Organizing for Innovation: Co-ordinating Distributed Innovation Capabilities" en FOSS, N. y MAHNKE, V. (Eds.), *Competence, Governance, and Entrepreneurship Advances in Economic Strategy Research*, Oxford University Press, Oxford, pp.209-231.
- COOMBS, R., HARVEY, M., y METCALFE, J. S. (2003): "Analyzing distributed processes of provision and innovation", *Industrial and Corporate Change*, 12(6), 1125-1155.
- DAHLMAN, C. J. y WESTPHAL, L. E. (1981): "The meaning of technology mastery in relation to transfer of technology", *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 458: 12-26.
- DANTAS, E. y BELL, M. (2006): "Latecomer firms and the emergence and development of knowledge networks: The case of Petrobras in Brazil", *Research Policy*, 38 (5): 829-844.
- FIGUEIREDO, P.N. (2001): *Technological Learning and Competitive Performance*, Edward Elgar, Cheltenham.
- FIGUEIREDO, P. N. (2003): "Learning, capability accumulation and firms differences: Evidence from latecomer steel", *Industrial and Corporate Change*, 12(3), 607-643.
- GERSCHENKRON, A. (1962): *Economic backwardness in historical perspective*, The Belknap Press, Cambridge MA.
- GOLDSTEIN, E. y GUTMAN, G. (2010): "Biocombustibles y biotecnología. Contexto internacional, situación en Argentina", Documento de Trabajo 4/2010, CEUR-CONICET.
- GYLFASON, T., TRYGGVI, T. y GYLFI, Z. (1999): "A Mixed Blessing: Natural Resources and Economic Growth", *Macroeconomic Dynamics*, Vol. 3, June, pp.204-225.
- HILBERT, J. A. (2006): Personal Communication. Director of the Rural Engineering Department, National Institute for Agricultural Technology (INTA), Buenos Aires, Argentina, June 15th.
- HOBDAV, M. (1995): *Innovation in East Asia: The Challenge to Japan*, Aldershot: Edward Elgar.
- HOBDAV, M., RUSH, H. y BESSANT, J. (2004): "Approaching the innovation frontier in Korea: the transition phase to leadership", *Research Policy*, 33, 1433-1457.
- KATZ, J. (1987): *Technology Generation in Latin American Manufacturing Industries*, Macmillan Press, London.

- KIM, L. (1980): "Stages of development of industrial technology in a developing country: a model", *Research Policy*, 9, 254-277
- KIM, L. (1991): "Pros and Cons of International Technology Transfer: An Developing Country View" en AGMON, T. y VON GLINOW, M. A. (Eds.), *Technology Transfer in International Business*, New York: Oxford University Press, 223-239.
- KIM, L. (1997): *Imitation to Innovation: The dynamics of Korea's technological learning*, Harvard Business School Press, Boston, Mass.
- KIM, L. (1999): "The Impact of the Asian Crisis on National Innovation System: An Initial Assessment in Korea", International Conference on Public Policy in the 21st Century, Singapur.
- LALL, S. (1987): "Learning to Industrialize, The Acquisition of Technological Capability by India", Macmillan Press, Basingstoke/London.
- LALL, S. (1991): "Explaining Industrial success in the developing world" en Balasubramanyam, V. y Lall, S. (Eds.), *Current issues in development economics*, London, Macmillan, 118-155.
- LALL, S. (1992): "Technological capabilities and industrialization", *World Development*, 20 (2), 165-186.
- LALL, S. (2000): "The Technological Structure and Performance of Developing Country Manufactured Exports, 1985-98". *Oxford Development Studies*, 28(3), 337-369.
- LAMERS, P. (2006): "Emerging liquid biofuel market. ¿A dónde va la Argentina?", Lund University Thesis, Suecia.
- LAURSEN, K. y SALTER, A. (2006): "Open for Innovation: The role of openness in explaining innovative performance among UK manufacturing firm", *Strategic Management Journal*, 27(2), 131-150.
- LEONE, A. (2006): Personal Communication. Agricultural Engineer at the Secretary of Agriculture, Livestock, Fishery, and Food (SAGPyA). National Bureau for Biofuels, June 20th, 2006.
- MALERBA, F. (1992): "Learning by Firms and Incremental Technical Change", *The Economic Journal*, 102(413), 845-859.
- MARIN, A., NAVAS-ALEMAN, L. y PÉREZ, C. (en prensa): "Natural Resource Industries as a Platform for the Development of Knowledge Intensive Industries", *Tijdschrift Voor Economische en Sociale Geografie*.
- MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS PÚBLICAS (2011): "Complejo oleaginoso", Serie *Producción Regional por Complejos Productivos*, Subsecretaría de Programación Económica.
- OECD/IEA (2008): "From 1st to 2nd Generation Biofuel Technologies. An overview of current industry and R&D activities", Noviembre.
- PACK, H. y WHESTPAL, L. (1986): "Industrial Strategy and Technological Change", *Journal of Development Economics*, 22, 87-128.
- PATTON, M. Q. (1990): *Qualitative Evaluation and Research Methods*, (2nd ed.), Sage Publications, Newbury Park, CA.
- PAVITT, K. (1984): "Sectoral patterns of technical change: Towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, 13:343-373.
- PÉREZ, C. (2010): "Technological dynamism and social inclusion in Latin America: a resource-based production development strategy". *CEPAL Review*, No. 100, April, pp. 121-141.
- ROZEMBERG, R., SASLAVSKY, D., y SVARZMAN, G. (2009): "La industria de biocombustibles en la Argentina" en *La Industria del Biocombustible en el Mercosur*, Serie Red Mercosur N° 15, Ed. Red Mercosur, Montevideo.
- RUTZ, D. y JANSSEN, R. (2007): *BioFuel Technology Handbook*, WIP Renewable energies.
- SACHS J. y WARNER A. (2001): "The curse of natural resources", *European Economic Review*, Vol 45, Nos. 4/6, pp. 827-838.
- UTTERBACK, J. M. (1994): *Mastering the Dynamics of Innovation*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- UTTERBACK, J. M. y ABERNATHY, W. J. (1975): "A Dynamic Model of Process and Product Innovation", *Omega, The International Journal of Management Science*, 3(6):639-656.
- THE CLEAN ENERGY REPORT (2011): "Estado de la industria argentina de energías renovables".
- Yin, R. (1994): *Case study research: Design and methods* (2nd ed.), Sage Publishing, Beverly Hills, CA.

RESUMEN

Desde hace más de 50 años la escuela estructuralista recomienda a países en desarrollo abandonar la especialización en Recursos Naturales (NRs) y en actividades de baja tecnología y alentar el desarrollo de industrias más dinámicas. Sin embargo, más recientemente algunos autores han afirmado que el camino al desarrollo puede alcanzarse a partir de las capacidades existentes en actividades de RNs. Este artículo explora el grado en que la gran expansión en la industria del biodiesel en Argentina se está canalizando en el desarrollo capacidades de innovación en esta industria. Encontramos, por un lado, que los productores de biodiesel, aunque competitivos y ubicados en la frontera de la industria en términos productivos, no

están desarrollando capacidades de innovación que les permitan reconvertirse y responder a los cambios esperados en la demanda mundial –lo último resulta crucial para la competitividad futura de la industria. Por otro lado, encontramos un grupo de empresas nacionales productoras de plantas y equipos de biodiesel con capacidades innovadoras significativas. Sin embargo, estas empresas se encuentran desvinculadas de los productores más grandes y competitivos de biodiesel de la industria. Ello plantea limitaciones a las posibilidades de desarrollo de la actividad en el mediano/largo plazo. Desafortunadamente, las instituciones de ciencia y tecnología y el marco regulatorio-institucional no se orientan a resolver este problema, aunque están presentes.

SUMMARY

For more than 50 years structuralists have recommended developing countries to abandon Natural Resource (NR) and low tech activities and encourage the development of more dynamic industries. More recently some authors have claimed that this should be achieved by working with existing capabilities in NRs rather than against them. This paper explores the extent to which the boom in the biodiesel industry in Argentina is being used to develop innovation capabilities in this industry. We found, on the one hand, that biodiesel producers, though very competitive and working in the frontier regarding production capacities,

are not developing capabilities to eventually move into different directions, following changes in world demand –which is crucial for the future competitiveness of the industry. On the other hand, we could found a group of domestic producers of plants and equipment with significant innovative capabilities. However, these firms are not at all connected to the large and competitive producers of biodiesel. This poses serious limits to the possibilities of development of the industry in the medium/long term. Unfortunately, public research institutions and regulations, are not oriented to solve this problem, but fortunately there.

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

MARIN, Anabel, STUBRIN, Lilia y KABABE, Yamila

“La industria de biodiesel en Argentina: capacidades de innovación y sostenibilidad futura”. *DESARROLLO ECONÓMICO – REVISTA DE CIENCIAS SOCIALES* (Buenos Aires), vol. 54, N° 212, mayo-agosto 2014 (pp. 131-160).

Descriptores: <Biodiesel> <Energías renovables> <Innovación> <Argentina> <Desarrollo sustentable>. Keywords: <Biodiesel> <Renewable Energy> <Innovation> <Argentina> <Sustainable development>. Clasificación JEL: O32, O33, O38, Q42, Q16.