



## La construcción de capacidades en las industrias basadas en recursos naturales: la bioenergía en Argentina<sup>1ξ</sup>

### Building capabilities in natural resource-based industries: the bioenergy in Argentina

María Eugenia Castelao Caruana\*

Mariel de Vita\*\*

#### Resumen

Las tendencias globales en materia de seguridad energética y mitigación del cambio climático representan un espacio de oportunidad para que los países de América Latina y el Caribe, especializados en la producción de recursos naturales, desarrollen nuevas ventajas competitivas y actividades de mayor valor agregado. El artículo identifica y analiza las capacidades productivas y tecnológicas que construyen las firmas que ingresan en la industria de la bioenergía con fines térmicos o eléctricos en Argentina, y las redes de colaboración que integran y facilitan el aprendizaje dentro y fuera de esta industria. El trabajo aplica un estudio de caso múltiple conformado por empresas ubicadas en las provincias de Santa Fe y Buenos Aires (Argentina) con diferentes trayectorias tecnológicas. La evidencia corrobora que las capacidades que adquieren las firmas están condicionadas por su trayectoria, pero también muestra que la interacción con entidades portadoras de otras bases de conocimiento facilita la creación de nuevo conocimiento en torno a la especificidad de los recursos naturales.

**Palabras claves:** Cambio tecnológico; Recursos Naturales; Energía; Innovación; Capacidades

**Clasificación JEL:** O12, O33; O13

#### Abstract

Global trends in energy security and climate change mitigation represent a space of opportunity for the countries of Latin America and the Caribbean, specialized in the production of natural resources, to develop new competitive advantages and higher value-added activities. The article identifies and analyzes the productive and

---

<sup>1</sup> Trabajo desarrollado en el marco del proyecto PICT 2018-03581 “Las trayectorias tecnológicas de la bioenergía y la configuración de la bioeconomía a nivel regional” financiado por la Agencia Nacional de Políticas de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

ξ Recibido 06 de junio 2022 / Aceptado 31 de agosto 2022.

\* Doctora en Ciencias Económicas, Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Correo electrónico: [eugeniastelao@conicet.gov.ar](mailto:eugeniastelao@conicet.gov.ar)

\*\* Licenciada en Ciencias de la Comunicación Social, Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Correo electrónico: [marieldevita@conicet.gov.ar](mailto:marieldevita@conicet.gov.ar)

technological capabilities built by firms when entering the bioenergy industry for thermal or electrical purposes in Argentina, and the collaboration networks that integrate and facilitate learning inside and outside this industry. The work applies a multiple case study composed by firms located in the provinces of Santa Fe and Buenos Aires (Argentina) with different technological trajectories. The evidence corroborates that the capacities that firms acquire are conditioned by their trajectory, but it also shows that the interaction with entities that carry other knowledge bases facilitates the creation of new knowledge around the specificity of natural resources.

## 1. Introducción

En el marco de las corrientes evolucionista y neoschumpeteriana, una parte de la literatura académica sugiere que las industrias basadas en Recursos Naturales (RRNN) - al igual que las industrias manufactureras de alta tecnología- pueden promover cambios en la estructura productiva de los países de América Latina y el Caribe (ALC) mediante el desarrollo de ventajas competitivas dinámicas y la expansión de actividades de mayor valor agregado (Andersen et al., 2018; Crespi et al., 2018; Katz & Pietrobelli, 2018). Los argumentos favorables al dinamismo de estas industrias en la región se asientan, esencialmente, en la especificidad de los RRNN (el conocimiento asociado a un recurso en un espacio específico no es siempre útil en otro) y en la capacidad de sus firmas de estimular redes de conocimiento locales para el desarrollo de nuevos productos o procesos. En su interacción con el entorno, las empresas impulsarían la construcción de nuevas capacidades y senderos de innovación en su interior y entre los actores locales, promoviendo la diversificación y difusión de nuevas competencias y tecnologías (Ibidem, 2018; Marin et al., 2015; Sánchez, 2019).

Inspirada por acuerdos internacionales que proponen la transición energética, el crecimiento verde y la bioeconomía como alternativas para el desarrollo y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en muchos países de ALC la esfera política ha impulsado la difusión de la bioenergía. Si bien este no es el sector de mayor peso entre las energías de fuentes renovables (EFR) ni uno de los más intensivos en conocimiento en el marco de la bioeconomía, distintos documentos sugieren que esta actividad puede motorizar procesos de desarrollo regional a partir del uso de los recursos específicos y las competencias de cada territorio (Bisang & Trigo, 2017). La difusión de la bioenergía con fines eléctricos o térmicos requiere la adopción de tecnologías comercialmente maduras a nivel internacional, pero condicionadas por las características fisicoquímicas de la biomasa y su entorno. Es una actividad que aporta a mejorar el desempeño económico y ambiental de otros procesos productivos, ofrece oportunidades para la diversificación y demanda conocimientos tácitos y codificados sobre la gestión de la biomasa, su transformación en un vector energético y la conversión de este vector en energía. Sin embargo, en Argentina, como en otros países en desarrollo, la expansión de estos mercados ha estado acompañada por la difusión de tecnologías extranjeras, cuestionando el carácter virtuoso de la bioeconomía y el papel de las industrias basadas en RRNN en el desarrollo de capacidades locales (Castelao Caruana, 2020).

Para avanzar en el estudio de la construcción de capacidades en industrias basadas en RRNN y su potencial para crear nuevas ventajas competitivas en estas y otras industrias, este artículo analiza las capacidades que adquieren y los espacios de colaboración que construyen las firmas provenientes de distintos sectores al entrar en la

industria de la bioenergía en Argentina. Con este fin el documento se organiza en cuatro secciones. En primer lugar, se esbozan las características centrales de la industria de la bioenergía a nivel global y en Argentina. Seguidamente, se presenta el marco conceptual del estudio que ahonda en el aprendizaje organizacional, su carácter colectivo y su papel en la construcción de capacidades productivas y tecnológicas. En tercer lugar, se presenta la metodología del trabajo y, posteriormente, los resultados obtenidos a partir del análisis de la evidencia empírica. Por último, se esbozan las conclusiones.

## **2. La industria de la bioenergía**

La bioenergía moderna<sup>2</sup> es un tipo de EFR producida a partir de la conversión eficiente de biomasa en vectores energéticos adecuados para la generación de energía eléctrica, térmica o mecánica. Algunos de estos vectores, por su densidad energética y similitud física con los combustibles fósiles, se utilizan principalmente en la industria del transporte (biodiesel y bioetanol) y otros se destinan mayormente a la generación de energía eléctrica o térmica (biogás, vapor, gas de síntesis). Estos dos grupos de vectores energéticos y sus tecnologías de conversión asociadas permiten segmentar la industria de la bioenergía en dos grandes grupos: empresas productoras de biocombustibles líquidos y empresas generadoras de energía eléctrica o térmica. Este trabajo se centra en este último segmento de la industria que, además, posee marcos regulatorios específicos tanto a nivel global como local.

A pesar de su papel aparentemente marginal, la bioenergía tradicional representa el 6,9% y la bioenergía moderna el 5,1% de la demanda final de energía a nivel global. Mientras la primera se utiliza mayormente para la calefacción de los hogares, la segunda se destina al sector industrial (2,5%) y a edificios públicos y comerciales (1,2%), al sector transporte (1%) y a la generación de energía eléctrica (0,4%) (REN 21, 2020). Durante la década de 2010, sin embargo, la penetración de la bioenergía moderna en el sector eléctrico y de transporte aumentó a tasas anuales medias de 6,9% y 5,3% respectivamente (IEA, 2020a; 2020b). Esta dinámica fue impulsada por países de Europa y América del Norte que implementaron políticas públicas para la creación de nuevos mercados de EFR y para la difusión de estas tecnologías. El crecimiento de estos mercados estuvo acompañado por la consolidación de empresas especializadas en el diseño, construcción y operación de plantas de producción de bioenergía y de infraestructura para su uso en redes colectivas de gas y de calefacción. Si bien se trata de industrias sumamente descentralizadas a nivel global, integradas por empresas de diverso tamaño, existe un grupo de grandes firmas multinacionales que, además, facilitan el acceso al financiamiento (Biogas World, 2022).

En los últimos años, el estancamiento relativo de los mercados de bioenergía en los países más desarrollados -debido a cuestionamientos sobre su costo de producción especialmente en comparación con la energía eólica y solar fotovoltaica y la sustentabilidad de su expansión a partir del uso de cultivos energéticos (IRENA, 2018)- motivó a estas firmas a buscar nuevos mercados en países en desarrollo en los que la difusión de estas tecnologías es aún escasa.

---

<sup>2</sup> La bioenergía tradicional implica la producción de energía a partir de biomasa para la cocción o calefacción mediante la quema directa o el uso de equipos ineficientes.  
 ISSN: 2344-9195 <http://www.redpymes.org.ar/index.php/nuestra-revista/> <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/index>  
 Pymes, Innovación y Desarrollo – editada por la Asociación Civil Red Pymes Mercosur  
 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License.

En Argentina, el mercado de la bioenergía continúa siendo un espacio de producción incipiente e incierto. La participación de la bioenergía moderna en la matriz primaria se encuentra en torno al 4,4%, incluyendo el uso de aceites y alcoholes vegetales para la producción de biocombustibles líquidos, bagazo para la producción de calor en la industria, y biogás para la generación de energía eléctrica para la red (Subsecretaría de Planeamiento Energético, 2019). Aun cuando la generación de electricidad a partir de biomasa aumentó a una tasa anual del 35% en el periodo 2017-2021, esta aun representa el 0,32% de la potencia instalada a diciembre de 2021 (CMMESA, 2022).

El proceso de difusión de tecnologías modernas para la generación de bioenergía en Argentina comenzó en la década de 1990 con la adopción de sistemas de combustión eficientes y continuó durante la década de 2000 con la incorporación de sistemas de digestión anaeróbica para el tratamiento de residuos orgánicos y la producción de energía térmica por parte de empresas dedicadas a la transformación industrial de RRNN. En los primeros años, este proceso estuvo traccionado por políticas ambientales de alcance regional y restricciones en la oferta de energía -baja calidad de la oferta, cortes programados, ausencia de infraestructura- y, en menor medida, por políticas de demanda de EFR. Durante el periodo 2016-2021, por el contrario, el sector creció impulsado por la implementación del programa RenovAr, que estableció licitaciones públicas para la firma de contratos con el Estado Nacional para el abastecimiento de energía eléctrica de fuentes renovables. Aun cuando el diseño de este programa se adecuó más a las características de los grandes proyectos de generación de energía eólica y solar-fotovoltaica que a los proyectos de bioenergía, su implementación facilitó la entrada de firmas pequeñas y medianas de capital nacional en la industria. Algunas entraron con modelos de negocio centrados en la generación de energía eléctrica para la red, mientras que otras incorporaron la bioenergía como parte de un proceso productivo integrado e intensivo en el uso de los RRNN. No obstante, la falta de certidumbre sobre la continuidad del programa y su desacople de los aspectos ambientales y productivos que definen la viabilidad de este tipo de proyectos, así como la inestabilidad macroeconómica, condicionaron el desarrollo de muchos de los proyectos con contratos adjudicados por el RenovAr (Castelao Caruana, 2019).

Hacia fines de 2019, existían en Argentina alrededor de 70 empresas propietarias de unas 80 plantas de bioenergía distribuidas en 13 de las 24 provincias que integran Argentina. La localización de las plantas está condicionada por la ubicación de los establecimientos que producen y concentran biomasa. La actividad central de estas empresas es, por lo general, la producción agropecuaria, el procesamiento industrial de alimentos o la producción forestal. No obstante, en el marco del programa RenovAr, ingresaron a la industria empresas dedicadas al desarrollo de proyectos de EFR y otras dedicadas a la provisión de equipamientos y servicios de ingeniería para las industrias del petróleo, el gas natural y la energía eléctrica en general (Castelao Caruana, 2020).

La industria de la bioenergía se asienta en la relación entre las firmas productoras de biomasa y aquellas que producen bioenergía, y entre estas y las firmas que desarrollan tecnologías y ofrecen servicios de ingeniería y equipamiento para la ejecución, puesta en marcha y operación de estas plantas. Algunas empresas de ingeniería pequeñas, de capital nacional, han adoptado un papel especialmente activo en la difusión de estas tecnologías en el país. Con el apoyo variable de entidades públicas, estas firmas participaron en la instalación de plantas demostrativas y en mesas de trabajo público-privadas, y realizaron charlas de sensibilización y difusión entre los productores de biomasa. Sin embargo, con la implementación del programa RenovAr, el país se

posicionó brevemente en el panorama energético internacional como destino para inversores y firmas extranjeras dedicados a la generación de EFR. Este contexto promovió la entrada de empresas de capital extranjero con una amplia experiencia en el diseño y construcción de plantas de bioenergía y en la búsqueda y estructura del financiamiento internacional.

### **3. Capacidades productivas y tecnológicas**

La noción de capacidades refleja las experiencias, conocimientos, habilidades, estructuras y vínculos institucionales que las firmas poseen y utilizan tanto para operar las tecnologías y los sistemas de producción vigentes (capacidades de producción) como para gestionar y promover el cambio tecnológico (capacidades tecnológicas o de innovación) (Bell & Pavitt, 1995). Las capacidades de producción involucran la integración funcional de distintas actividades y su coordinación en distintos niveles de gestión en el marco de una estructura organizacional que condiciona la manera en que estos procesos interactúan y promueven el aprendizaje organizacional (Torres & Jasso, 2017). Las capacidades tecnológicas, por otra parte, reflejan las habilidades de las firmas en las áreas de ingeniería, I+D, servicio, producción y marketing (Teece et al., 1994).

Aunque en la práctica la distinción entre capacidades productivas y tecnológicas no es precisa y estas se construyen simultáneamente, siguiendo los trabajos de Lall (1992), Bell y Pavitt (1995) y la adaptación que propone Figueiredo (2017), este trabajo distingue entre capacidades productivas básicas y avanzadas, y capacidades tecnológicas básicas, intermedias y avanzadas. Las capacidades se reflejan en las actividades que emprenden las firmas, por lo que una forma de aproximarse a ellas es indagando en la novedad y relevancia de las acciones que realizan teniendo en cuenta las funciones técnicas relevantes para la industria bajo estudio (Ibidem, 2017). En la industria de la bioenergía, las funciones técnicas pueden dividirse en dos grandes áreas: 1) la gestión de biomasa que involucra la producción, recolección y acondicionamiento de los distintos sustratos utilizados como insumo, y 2) la conversión de esta biomasa en energía, que incluye su transformación en un vector energético -biogás, vapor, etcétera- y, posteriormente, en energía térmica o eléctrica (Cuadro 1).

En la búsqueda de explotar las oportunidades que ofrece el entorno, las firmas desarrollan estrategias de imitación o adopción de nuevas tecnologías que involucran la construcción de nuevas capacidades. Las capacidades no se distribuyen al azar entre las firmas sino que tienden a fortalecerse y adaptarse en la interacción con el entorno (Cimoli & Dosi, 1993) y están condicionadas por la capacidad de absorción, por las competencias y conocimientos previos que les permiten reconocer el valor del conocimiento nuevo y externo y por la capacidad de asimilación de este conocimiento a sus sistemas productivos, a su cultura organizacional y a las demandas específicas de sus mercados (Dini et al., 2014; Torres & Jasso, 2017).

En consecuencia, las capacidades son resultado de un proceso acumulativo, deliberado y costoso de aprendizaje (Malerba, 1992; Lall, 1992) mediante el cual los individuos, y a través de ellos las organizaciones, adquieren recursos que les permiten acumular conocimientos y habilidades y así emprender nuevas actividades que, progresivamente, impulsan a las firmas hacia capacidades tecnológicas avanzadas (Bell & Figueiredo, 2012). A medida que las firmas desarrollan actividades más complejas, el conocimiento y las habilidades de los trabajadores se internalizan en las rutinas de la

firma, acumulando capacidades que les permiten innovar en materia de inversión, productos y procesos (Bell & Pavitt, 1995). No obstante, el aprendizaje es un proceso que excede los límites de la firma e involucra la interacción con otras organizaciones (empresas, entidades de ciencia y técnica, universidades, etcétera) que se desenvuelven en distintas escalas geográficas (global, nacional, local). Estas relaciones pueden adoptar una multiplicidad de formas, desde el intercambio de recursos -bienes, información, conocimiento- hasta alianzas para la I+D de nuevos productos y procesos (Rullani, 2000).

Existe un acuerdo creciente en la literatura evolucionista sobre el carácter colectivo, multidireccional y contextual del aprendizaje organizacional, lo que otorga a las relaciones externas un papel clave para comprender los procesos de cambio tecnológico a nivel de las firmas (Pyka, 2002; Yoguel et al., 2009), y a las instituciones públicas y privadas del sistema de innovación un papel central, aunque complementario, en este proceso (Bell & Pavitt, 1995). De esta forma, la innovación de las firmas es, de manera creciente, un proceso interactivo asentado en la colaboración con organizaciones que se encuentran dentro y fuera de la industria, y en las capacidades disponibles fuera de los límites de la organización (Bell & Figueiredo, 2012), condicionado por el entorno social, económico e institucional en el cual operan las empresas.

Un segmento de la literatura evolucionista sugiere que el desarrollo y aplicación de nuevo conocimiento en las industrias vinculadas a los RRNN se asocia con la conformación de espacios de colaboración integrados por actores (proveedores, productores, entidades de ciencia y técnica, entre otros) con conocimientos localizados para dar respuesta a la especificidad de los RRNN y de los sistemas productivos (Arza, Marín, López & Strubin, 2018). Estos espacios de interacción permitirían que las distintas firmas amplíen su base de conocimiento y escalen hacia actividades de mayor valor agregado, ya sea mediante el aumento de la calidad y la variedad de productos (diversificación relacionada) o el ingreso en nuevas industrias (diversificación no relacionada) (Katz, 2020).

La información empírica, sin embargo, muestra que la articulación entre las firmas y las instituciones de CyT ha sido históricamente muy limitada en los países de América Latina (Lugones & Suárez, 2006). En Argentina, en particular, la acumulación de competencias de la industria manufacturera se asienta más en la adquisición de tecnología incorporada que en la interacción con entidades del sistema de innovación. Aunque las firmas mantienen un gran número de relaciones con universidades y centros de CyT (Suarez, 2009), estas se enmarcan más en la contratación de servicios de pruebas y ensayos que en la generación de conocimiento (Suarez et al., 2013). Sin embargo, en las industrias de RRNN como la bioenergía, el desarrollo de soluciones tecnológicas se basa esencialmente en tecnologías de propósito general y campos del conocimiento transversales (Milesi et al., 2020) que requieren, a su vez, el desarrollo de conocimiento localizado y específico. Esto podría impulsar procesos de aprendizaje transversales, basados en relaciones de colaboración en torno a estas industrias y sus RRNN, pero con incidencia en las capacidades de una multiplicidad de actores públicos y privados.

**Cuadro 1. Matriz de análisis de las capacidades de las firmas en la industria de la bioenergía**

Tipo	Nivel de capacidad	Descripción	Actividades ilustrativas de las capacidades de las firmas en la gestión de la biomasa y su conversión en energía
Productivas	Nivel 1 Básica	Actividades de operación basadas en tecnologías y sistemas de producción en línea con estándares de eficiencia y calidad locales	<i>Biomasa:</i> producción y provisión continua de un sustrato uniforme. <i>Conversión en energía:</i> Operación y mantenimiento de las plantas de bioenergía con buenos niveles de eficiencia y de calidad de la energía; mejora de las tareas existentes a partir de la experiencia, compra de equipos nacionalizados.
	Nivel 2 Avanzada	Actividades de operación basadas en tecnologías y sistemas de producción en línea con estándares de eficiencia y calidad globales	<i>Biomasa:</i> incorporación de equipos y sistemas automatizados que mejoran la recolección o acondicionan (homogenizan) la biomasa; adopción de prácticas de medición y análisis del sustrato. <i>Conversión en energía:</i> introducción de sistemas automatizados para medir distintos parámetros del proceso.
Tecnológicas	Nivel 3 Básica	Implementación de adaptaciones menores en tecnologías y sistemas de producción existentes	<i>Biomasa:</i> experimentación sobre la densidad energética y adaptación a diferentes condiciones ambientales de cultivos energéticos conocidos. <i>Conversión en energía:</i> incorporación de adaptaciones menores en el diseño y equipamiento de la planta para su adaptación a las condiciones productivas y geográficas locales.
	Nivel 4 Intermedia	Implementación de adaptaciones complejas en tecnologías y sistemas de producción a partir de la experimentación no original y la ingeniería y el diseño	<i>Biomasa:</i> desarrollo de nuevas variedades de cultivos energéticos mediante tecnologías convencionales; desarrollo y adopción de nuevo equipamiento para la gestión de biomasa. <i>Conversión en energía:</i> procesos de rediseño e ingeniería inversa que reemplazan equipos de la planta y mejoran la eficiencia del proceso (adaptación de las calderas eficientes a sustratos corrosivos); incorporación de tecnología para mejorar la calidad del biogás o modificar sus condiciones físicas.
	Nivel 5 Avanzada	Implementación de cambios complejos en tecnologías y sistemas de producción a partir de la investigación aplicada y el desarrollo exploratorio	<i>Biomasa:</i> desarrollo biotecnológico de nuevas variedades de cultivos energéticos; desarrollo de nuevos procesos químicos, térmicos o mecánicos de acondicionamiento de la biomasa o de sistemas de transporte de biomasa que aumenten la rentabilidad o escala de producción de la planta. <i>Conversión en energía:</i> I+D de plantas de bioenergía adaptadas al procesamiento de distintos tipos de biomasa (v. g. fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos); I+D de nuevos usos industriales para los productos y subproductos del proceso; I+D para la producción de hidrógeno a partir de biogás.

Fuente: adaptado de Figueiredo (2017) a partir del trabajo de campo.

## **4. Metodología y análisis de la evidencia empírica**

### **4.1 Metodología de investigación**

Esta sección presenta los resultados de un estudio de caso múltiple (Yin, 2018) integrado por ocho empresas propietarias de plantas de bioenergía con fines eléctricos o térmicos ubicadas en las provincias de Buenos Aires y Santa Fe (Argentina). Estas provincias concentran 26 plantas de bioenergía activas y una gran cantidad y variedad de fuentes de biomasa seca, legal y comercialmente accesibles, y de biomasa húmeda generada en establecimientos de cría de animales y de producción de alimentos (frigoríficos y tambos) (FAO, 2018a; FAO, 2018b).<sup>3</sup>

El estudio de caso múltiple es un diseño de naturaleza comparativa que, si bien reconoce la complejidad individual de cada caso, otorga relevancia analítica a los casos por sus similitudes y diferencias, lo que permite analizar el abanico de condiciones en los que ocurre un mismo fenómeno y la incidencia de distintas variables. Los resultados de este tipo de análisis comparativo no pueden generalizarse al conjunto de la población, pero brindan información sobre el papel de las relaciones externas a las firmas en el proceso de adopción de tecnologías asociadas a la transformación de RRNN renovables y, de esta forma, ofrece un punto de contraste para avanzar en otras investigaciones sobre estas industrias y su participación en procesos de innovación.

Para componer este estudio de caso se seleccionaron, por un lado, empresas que poseen contratos de abastecimiento de energía eléctrica del programa RenovAr y empresas que no poseen este tipo de contrato y generan energía eléctrica o térmica para autoconsumo. Por otro lado, para reflejar la variedad de capacidades acumuladas de las empresas que integran la industria de la bioenergía se incorporan empresas que se desempeñan en distintos sectores de actividad (replicación teórica), pero también firmas similares en cuanto a su trayectoria (sector de actividad) que aportan a la validez externa del estudio (replicación literal) (Ibidem, 2018). La selección de casos proviene de la base de datos de empresas con plantas de bioenergía activas y proyectadas en Argentina elaborada por el autor (Castelao Caruana, 2020).

La recolección de información en torno a estos casos y su triangulación ocurrió entre fines del año 2019 y principios de 2021. En primer lugar, se recolectó y sistematizó información proveniente de artículos académicos, notas periodísticas y documentos de organismos públicos provinciales y nacionales y de empresas privadas y cámaras empresariales. Estas fuentes secundarias permitieron realizar una primera caracterización de sector y de las firmas y sus plantas de bioenergía e identificar algunos actores relevantes en el proceso de adopción de estas tecnologías. En una segunda etapa, se aplicaron entrevistas semiestructuradas (virtuales) a referentes de las empresas propietarias de las plantas de bioenergía y a las firmas locales proveedoras de servicios de ingeniería.

El análisis de la información involucró su organización por caso de estudio, codificando y clasificando la información recopilada y armando matrices para facilitar la identificación de patrones y categorías. Por un lado, se reconstruyó el proceso de adopción de esta tecnología en los casos de estudio atendiendo a los mecanismos de aprendizaje externos involucrados en el ciclo tecnológico de los proyectos. El análisis se centró en caracterizar la estabilidad (informal, de mercado/contrato, alianza), el tipo de

<sup>3</sup> Si bien el alcance geográfico de este trabajo está condicionado por el proyecto PICT que integra, la selección de estas provincias se realizó teniendo en cuenta su alta capacidad real y potencial para producir bioenergía.  
 ISSN: 2344-9195 <http://www.redpymes.org.ar/index.php/nuestra-revista/> <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/index>  
 Pymes, Innovación y Desarrollo – editada por la Asociación Civil Red Pymes Mercosur  
 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License.

contenido (bienes y servicios, información o conocimiento) y los actores (organismos públicos, entidades de CyT, empresa de ingeniería domésticas o extranjeras, otras entidades del sector privado) que actúan como fuentes externas de aprendizaje. Por otra parte, se analizaron las capacidades productivas y tecnológicas que adquirieron las firmas al ingresar a la industria de la bioenergía en base a la novedad y relevancia de sus acciones (Cuadro 1). Por último, se identificaron las innovaciones a nivel de mercado y de las propias firmas originadas a partir de la colaboración con otras entidades.

A continuación, se caracterizan los casos de estudio en función de la actividad principal de las firmas, las condiciones que motivaron la adopción de tecnologías para la producción de bioenergía y la manera en que este tipo de proyectos se inserta en la estrategia de las firmas. Posteriormente, se identifican las principales fuentes de conocimiento adoptadas por las firmas y, en la siguiente sección, la incidencia de este proceso de aprendizaje en la construcción de nuevas capacidades productivas y tecnológicas asociadas tanto a la gestión de biomasa como a su conversión en energía. Por último, se identifican espacios de colaboración para la innovación surgidos como resultado de este proceso. El análisis de los datos se realiza de manera agregada para mantener el anonimato y confidencialidad de las firmas.

#### **4.2 El papel de las plantas de bioenergía en la estrategia de las firmas**

Los casos bajo estudio están conformados por empresas dedicadas a la producción agropecuaria, el procesamiento industrial de RRNN y el desarrollo de proyectos de ingeniería. Se trata de firmas independientes de capital nacional (2), empresas que integran grupos económicos locales (5) y la filial de una firma multinacional (1). Son empresas medianas (5) y pequeñas (2) que destinan su producción al mercado externo (3) e interno (5), pero que cuentan con las capacidades y recursos necesarios para estructurar un proyecto de bioenergía. A comienzos de 2021, seis de estos proyectos estaban en operación y dos se encontraban en la etapa de habilitación.

La decisión de instalar una planta de generación de bioenergía no está motivada por factores tecnológicos, sino por la identificación de un problema o una oportunidad que puede ser explotada, la percepción de que existe una tecnología que permite abordar esta situación, y la sensación de que es posible acceder a los recursos financieros necesarios para incorporar esta tecnología (Bell, 2007). Las firmas adoptaron estas tecnologías impulsadas por una combinación de políticas ambientales y energéticas que afectaban su competitividad y posibilidades de crecimiento, o por la implementación de políticas nacionales de impulso a la demanda de EFR que ofrecían nuevas oportunidades de negocio (RenovAr).

Uno de los principales insumos para la producción de bioenergía es la biomasa residual originada en otros procesos productivos, por lo que su tratamiento es una de las funciones que poseen estas plantas. Sin embargo, mientras en algunos casos la disponibilidad de biomasa residual motivó la adopción de estas tecnologías, en otros resultó un mecanismo para mejorar la rentabilidad de los proyectos, al desacoplar el precio de este insumo del precio internacional de cultivos energéticos como el maíz o el sorgo. El análisis de las condiciones que motivaron la adopción de estas tecnologías y de las funciones centrales que poseen las plantas de bioenergía permite entender el papel de estas instalaciones en la estrategia de cada una de las firmas (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Rol de las plantas de bioenergía en la estrategia de las firmas analizadas**

<b>VARIABLES</b>	<b>Tipo I</b>	<b>Tipo II</b>	<b>Tipo III</b>	<b>Tipo IV</b>
Actividad central de la firma	Procesamiento industrial de RRNN	Agropecuario	Procesamiento industrial de RRNN	Desarrollo de proyectos
Motivación	Problema (ambiental y energético)	Oportunidad de negocio	Oportunidad de negocio	Oportunidad de negocio
Origen de la biomasa residual	Propia	Propia	Propia	De terceros
Función energética	Tratamiento y generación de energía para autoconsumo	Tratamiento y venta de energía eléctrica para la red	Tratamiento, autoconsumo y venta de energía eléctrica para la red	Tratamiento y venta de energía eléctrica para la red
Rol en la estrategia de la firma	Desempeño ambiental y competitivo	Desempeño ambiental y diversificación no relacionada	Diversificación no relacionada	Diversificación relacionada
Distribución de los casos	2	2	2	2

Fuente: elaboración propia.

En las empresas tipo I, la instalación de plantas de bioenergía estuvo motivada esencialmente por la necesidad de tratar la biomasa residual que genera la actividad central y, en menor medida, por la posibilidad de disminuir los costos de producción asociados al consumo de energía. Son plantas integradas al proceso productivo central de las firmas, dado que su principal producto -la energía térmica- se destina al autoconsumo y varía según la cantidad de biomasa residual que este proceso genera.

Las empresas tipo II y III adoptaron proyectos de bioenergía impulsadas por la oportunidad de obtener ganancias extraordinarias y estables a partir del programa RenovAr. Sin embargo, mientras para las empresas tipo II la planta de bioenergía tiene un papel central para su desempeño ambiental, para las firmas tipo III está función, si bien es una ventaja, no condiciona su desempeño. Para estos dos grupos de firmas, las plantas de bioenergía forman parte de un sistema más amplio que, con éxito variable, busca intensificar el uso de la biomasa y sus derivados para incrementar su rentabilidad y diversificar sus ingresos.

El grupo del tipo IV lo integran empresas cuya actividad principal es el desarrollo de proyectos de ingeniería mayormente vinculados con el sector energético tradicional. Se trata de empresas con capacidad para operar y mantener plantas de bioenergía. Su modelo de negocio no se asienta en la propiedad de la biomasa sino en su capacidad de construir una red de proveedores de biomasa residual a un costo cercano a cero y multiplicar su participación como socio estratégico en diferentes proyectos de producción de energía.

### **4.3 El aprendizaje de fuentes externas en la adopción de nuevas tecnologías**

El aprendizaje en torno a un problema u oportunidad es un proceso interno a la firma basado en la experiencia y el conocimiento de su proceso de producción, pero la recopilación de información y asimilación de conocimiento sobre los aspectos económicos, financieros, ambientales y técnicos de las tecnologías disponibles para abordarlo es un proceso externo. En los casos analizados, la exploración externa ocurrió esencialmente mediante el monitoreo de los competidores y las tecnologías disponibles a nivel nacional e internacional. Concretamente, las firmas buscaron información en espacios académicos locales y eventos sectoriales internacionales, visitaron plantas de bioenergía instaladas en otros países e interactuaron con distintos tipos de empresas locales y extranjeras, bajo relaciones mayormente informales. Algunas firmas iniciaron estas actividades en la segunda mitad de la década de 2000, cuando no existía una industria local de la bioenergía. Algunas establecieron alianzas con empresas extranjeras dedicadas al desarrollo de proyectos de mitigación de gases de efecto invernadero o realizaron acuerdos de cooperación con cooperativas de electricidad o universidades públicas locales. La interacción con estas organizaciones no solo facilitó el acceso a información sobre las características de estas tecnologías y sus posibilidades de adaptación a las condiciones locales, sino que también fue un medio para evaluar el acceso a mecanismos de financiamiento alternativos, tanto internacionales (mercado de bonos de carbono) como nacionales (programas de financiamiento provinciales) (Cuadro 3).

En la etapa de ingeniería básica, las firmas propietarias destinaron recursos humanos propios para la elaboración de los documentos económicos, financieros y legales que estructuraron el proyecto y tercerizaron en distintas firmas tareas especializadas. Para el análisis de las características fisicoquímicas de la biomasa utilizada como sustrato, las firmas contrataron servicios de laboratorio de centros públicos y de empresas privadas dedicados a investigación y transferencia. Para definir las especificaciones técnicas generales de los proyectos, contrataron profesionales y firmas, mayormente extranjeras, dedicadas al desarrollo de proyectos de energía (Cuadro 3). Estas interacciones, en general, no implicaron la transferencia o creación de conocimiento para las firmas propietarias sino el acceso a información clave para el desarrollo de los proyectos.

**Cuadro 3. Principales relaciones externas de las firmas según etapa del proyecto. Actores externos y estabilidad de la relación**

Etapa	Sub-etapa	Caso	1	2	3	4	5	6	7	8	
Exploración		<b>Actor</b>	AI	Firmas extranjeras de bioenergía	Organización pública de CyT	Eventos sectoriales internacionales	AI	Firmas locales de bioenergía y biomasa	Firma de ingeniería extranjera	Firmas locales de bioenergía y tecnología	
		<b>Estabilidad</b>	NC	Informal	Informal; Alianza	Informal	NC	Informal	Alianza	Informal	
Ingeniería básica	Análisis del sustrato	<b>Actor</b>	Firma de ingeniería doméstica	Organización pública de CyT	Organización pública de CyT	Firma especializada doméstica	Firma especializada doméstica	Organización pública de CyT	Firma de ingeniería doméstica	NC	
		<b>Estabilidad</b>	Contrato	Mercado	Colaboración	Contrato	Mercado	Mercado	Contrato	NC	
	Diseño de ingeniería	<b>Actor</b>	Firma de ingeniería doméstica	Firma de ingeniería doméstica	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Proveedor de equipamiento extranjero
		<b>Estabilidad</b>	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Alianza	Contrato
Ingeniería en detalle	Ejecución de la planta	<b>Actor</b>	Firma de ingeniería doméstica	Firma de ingeniería doméstica	AI	Firma de ingeniería doméstica	AI	AI	Firma de ingeniería extranjera	Proveedor de equipamiento extranjero	
		<b>Estabilidad</b>	Contrato	Contrato	NC	Alianza	NC	NC	Alianza	Contrato	
	Diseño de ingeniería	<b>Actor</b>	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería doméstica	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera	AI	Firma de ingeniería extranjera	Firma de ingeniería extranjera
		<b>Estabilidad</b>	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	Contrato	NC	Contrato	Contrato

Fuente: elaboración propia. AI: Aprendizaje interno, dado que no se observan relaciones externas relevantes en esta etapa, sino procesos de aprendizaje internos a la firma. NC: no corresponde.

Las actividades de ingeniería en detalle y puesta en marcha requieren de conocimientos técnicos específicos sobre las tecnologías involucradas en cada una de las fases que integran una planta de bioenergía y de experiencia en la ejecución integral de este tipo de proyecto. La mayoría de las empresas analizadas se vincularon con firmas de ingeniería de origen extranjero especializadas en estas tecnologías, debido a la percepción de que las firmas locales carecían de experiencia suficiente. Aun así, dos de estas firmas establecieron contratos o alianzas con firmas locales especializadas en el desarrollo de proyectos energéticos, las cuales brindaron asesoramiento en la identificación y selección de proveedores locales de maquinaria, intermediaron en la relación con las firmas de ingeniería extranjeras o participaron en la instalación del proyecto.

Una de las empresas contrató a una firma de ingeniería de capital nacional, motivada esencialmente por la posibilidad de reducir los costos de diseño y ejecución del proyecto e incidir en la selección de los proveedores de maquinaria, tanto nacionales como internacionales, en pos de disminuir la incertidumbre y los costos asociados al uso de equipos importados. Otra empresa realizó el diseño, instalación y puesta en marcha de la planta de bioenergía a partir de sus capacidades tecnológicas acumuladas y un arduo proceso de aprendizaje interno y externo. La experiencia de la firma en el desarrollo de proyectos de ingeniería para el sector energético y de tratamiento de residuos originados en procesos productivos, y su interacción continua con proveedores de servicios de ingeniería química, eléctrica y mecánica le permitió organizar y coordinar equipos de trabajo híbridos y flexibles (integrados por profesionales internos y externos a la firma, variables según las necesidades). La búsqueda de información en revistas especializadas, la experimentación y la ingeniería inversa fueron también actividades claves en la construcción de capacidades tecnológicas y el diseño y ejecución del proyecto.

De esta forma, los mecanismos de aprendizaje de fuentes externas que despliegan las firmas durante el ciclo tecnológico de los proyectos se pueden agrupar en tres modelos estilizados:

1) Modelo de participación extranjera: La exploración de las tecnologías disponibles es un proceso esencialmente interno a la firma apoyado, en algunos casos, por firmas especializadas extranjeras. En la etapa de ingeniería básica, la firma contrata a otras entidades para adquirir información sobre las características de su sustrato (firmas o entidades de CyT domésticas) y el proyecto de ingeniería (costos, viabilidad técnica, etcétera). La adquisición e instalación de la planta de bioenergía se realiza bajo un modelo llave en mano, con adaptaciones menores a las condiciones locales. La firma puede adquirir el conocimiento necesario básico para operar la planta, pero su mantenimiento queda a cargo de la filial local o la firma extranjera. Este modelo es adoptado tanto por empresas Tipo I que no acceden a información de fuentes locales sobre el funcionamiento de la tecnología como por firmas Tipo II por su baja capacidad productiva en la etapa de conversión de la biomasa en energía.

2) Modelo de participación mixta: la exploración de la tecnología se realiza en interacción con distintas entidades de CyT y organismos del Estado en la búsqueda de información o financiamiento. En la etapa de ingeniería básica, la firma contrata el servicio de entidades de CyT o empresas locales para el análisis del sustrato, pero entra en interacción directa con empresas extranjeras para desarrollar la ingeniería básica y la ingeniería en detalle. Al hacer uso de sus capacidades (o de las que tienen sus empresas

aliadas) para ejecutar y adaptar el proyecto a las condiciones productivas y ambientales locales, incorpora conocimientos que le permiten realizar la operación y el mantenimiento de las plantas y, en algunos casos, incluso pequeñas modificaciones a su diseño. Este modelo se asocia con empresas de procesamiento industrial de RRNN (Tipo III) y algunas firmas dedicadas al desarrollo de proyectos (Tipo IV), ambas con experiencia en la instalación y operación de plantas industriales y departamentos de ingeniería con capacidades tecnológicas básicas e intermedias

3) Modelo de participación local: como en los casos anteriores la exploración de la tecnología se realiza a partir de procesos internos a la firma o, alternativamente, en base a la interacción con actores externos locales e internacionales. Lo que distingue a este modelo es que las etapas de ingeniería básica y en detalle descansan en la relación de la firma con empresas de ingeniería especializadas o proveedores de servicios y equipamiento locales bajo un acuerdo que prioriza la adaptación de las plantas a las condiciones productivas y económicas de la firma propietaria. En este estudio, este modelo se corresponde con lo realizado por algunos establecimientos agropecuarios (Tipo II) y firmas dedicadas al desarrollo de proyectos (Tipo IV).

#### **4.4 La construcción de capacidades y los espacios de colaboración**

Inicialmente, las capacidades de las firmas no respondían a los requerimientos técnicos de los proyectos de generación de bioenergía, pero el aprendizaje realizado en el proceso de adopción de estas tecnologías les permitió construir capacidades productivas y tecnológicas adicionales vinculadas a la gestión de biomasa o su conversión en energía (Cuadro 4). Por un lado, la mayoría de las empresas (6) dedicadas a la producción agropecuaria o la transformación industrial de RRNN utilizó su experiencia en la gestión de residuos orgánicos y la interacción con firmas domésticas proveedoras de equipamiento o biomasa para adecuar sus prácticas organizacionales e incorporar equipos -incluyendo la automatización de procesos- que mejoraran la recolección y el acondicionamiento de la biomasa residual y, consecuentemente, la eficiencia de su actividad central. Algunas empresas pequeñas desarrollaron capacidades productivas básicas asociadas al buen manejo de los residuos orgánicos, mientras que otras de mayor tamaño incorporaron equipamientos, prácticas y conocimientos para la gestión de residuos orgánicos con estándares globales y el acondicionamiento de sus características fisicoquímicas a los requerimientos de las plantas de bioenergía (capacidades productivas avanzadas). Algunas empresas grandes no modificaron sus capacidades productivas ya que contaban previamente con sistemas de gestión eficientes y de calidad global de sus residuos orgánicos y estos no representaban un desafío como sustrato en las plantas de bioenergía.

Las empresas dedicadas al desarrollo de proyectos, por otra parte, utilizaron su experiencia y activos reputacionales y la interacción con proveedores para diseñar contratos de adquisición de biomasa residual a precios cercanos a cero, con cláusulas que incentivan la entrega de biomasa residual de calidad y permiten proyectar su oferta año a año. Estos contratos son instrumentos claves para el buen funcionamiento de las plantas que adquieren biomasa de terceros, por lo que su diseño e implementación

representan un avance<sup>4</sup> en la capacidad productiva de estas firmas en torno a actividades complementarias al propio proceso de producción.

**Cuadro 4. Nivel de capacidad adquirida por las firmas respecto a la gestión de biomasa y fuentes de aprendizaje**

Tipo de caso	Capacidad adquirida	Fuentes de aprendizaje	Ejemplo de acciones desarrolladas
Tipo I y III	Productiva avanzada	Interno: Desarrollo de conocimiento mediante esfuerzos técnicos propios Externo: interacción con proveedor de equipamiento	Gestión de la biomasa residual frente a cambios fisicoquímicos o proveniente de distintas fuentes (biomasa heterogénea) Acondicionar el equipamiento y las prácticas para modificar la composición fisicoquímica de la biomasa
Tipo II	Productiva básica	Interno: experiencia previa Externo: relaciones de cooperación entre usuario y proveedor de equipamiento	Adaptación de la infraestructura (incluye la adopción de equipamiento automatizado) y de prácticas para mejorar la recolección de biomasa residual
Tipo IV	Productiva avanzada	Interno: desarrollo de conocimiento mediante esfuerzos técnicos propios; experiencia previa Externo: interacción con proveedores de biomasa	Desarrollo de contratos de provisión de biomasa de largo plazo

Fuente: elaboración propia en base a trabajo de campo.

Por otra parte, en la etapa de conversión de la biomasa en energía, algunas de las firmas dedicadas a la transformación de RRNN y aquellas dedicadas al desarrollo de proyectos, transitaron un intenso proceso de aprendizaje a partir de la interacción con firmas de ingeniería extranjeras, la incorporación de nuevos profesionales y la experimentación e investigación, que les permitió construir capacidades tecnológicas básicas e intermedias (Cuadro 5). Esto se refleja en la capacidad de las firmas para participar en la puesta en marcha de sus plantas, realizar modificaciones menores en su diseño para adecuarlas a las condiciones productivas y geográficas locales, reemplazar equipos importados por nacionales y, en el caso más avanzado, desarrollar la ingeniería en detalle y adaptar equipos disponibles en el mercado local a los requerimientos de un sistema de bioenergía con diseño propio. La construcción de estas capacidades se asentó en la experiencia y los conocimientos acumulados por los equipos técnicos de las firmas y en su interacción con proveedores de servicios especializados.

<sup>4</sup> Si bien en otros países existen contratos de este tipo y relaciones de mercado en torno a la biomasa, en Argentina el intercambio de residuos orgánicos para enmienda, cuando ocurre, se realiza de manera informal y esporádica, sin ningún tipo de control sobre el destino

ISSN: 2344-9195 <http://www.redpymes.org.ar/index.php/nuestra-revista/> <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/pid/index>

Pymes, Innovación y Desarrollo – editada por la Asociación Civil Red Pymes Mercosur

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0 License.

**Cuadro 5. Nivel de capacidad adquirida por las firmas respecto a la conversión en energía y sus fuentes de aprendizaje**

Actividad central	Capacidad adquirida	Fuente de aprendizaje	Ejemplo de acciones desarrolladas
Tipo I	Productiva básica	Interno: capacitación interna en puesto de trabajo. Externa: compra de instalaciones llave en mano, contrato de mantenimiento con firma de ingeniería local	Adopción de tecnología extranjera llave en mano
	Tecnológica básica	Interno: esfuerzos técnicos propios. Externo: contrato con firma de ingeniería extranjera	Participación en la puesta en marcha y cambios menores en el diseño de la planta.
Tipo II	Productiva básica	Interno: capacitación interna en puesto de trabajo; Externo: compra de instalaciones llave en mano	Adopción de tecnología extranjera llave en mano.
		Interno: profesional propio involucrado en proyecto; Externo: contrato con firma de ingeniería local	Participación en la selección y contratación de proveedores
Tipo III	Tecnológica básica	Interno: Profesional propio involucrado en proyecto; Desarrollo de conocimiento mediante esfuerzos técnicos propios. Externo: Contrato con profesionales extranjeros	Cambios menores de diseño, reemplazo de equipamiento
	Productiva básica	Externa: Alianza con empresa local; compra de instalación llave en mano	Operación y mantenimiento a cargo de la firma aliada
Tipo IV	Tecnológica básica	Interno: profesional propio involucrado en proyecto; esfuerzos técnicos propios. Externo: contrato con firma de ingeniería extranjera.	Cambios menores de diseño, reemplazo de equipamiento
	Tecnológica intermedia	Interno: esfuerzos técnicos propios, experiencia. Externo: interacción con proveedores locales de equipos y servicio	Diseño, construcción y puesta en marcha de la planta.

Fuente: elaboración propia en base a trabajo de campo.

La producción y procesamiento intensivo de los RRNN implica, cada vez más, el uso de conocimiento científico para mejorar la eficiencia de estos procesos y su inocuidad para el medioambiente. En los países en desarrollo, la construcción de nuevas capacidades y sectores especializados en este tipo de tecnologías podría contribuir a que el crecimiento económico se asiente, paulatinamente, en modos de producción más sostenibles y dinámicos (Figueiredo, 2017). Para que los beneficios de este proceso

impacten en el resto de la economía sería necesaria, sin embargo, la constitución de redes de conocimiento que involucren a actores locales de los ámbitos productivos y científicos y faciliten el intercambio del conocimiento disperso y la creación de ventajas competitivas dinámicas en distintas industrias (Arza et al., 2018; Yoguel et al., 2009).

En los casos analizados, las relaciones identificadas no son suficientes para señalar la existencia de redes de conocimiento dada su baja estabilidad y densidad. No obstante, existen relaciones de colaboración en torno a los productos y procesos involucrados en la generación de bioenergía que han dado lugar a innovaciones originales para las firmas y el mercado local. Se trata de innovaciones incrementales, de complejidad variable, que buscan aumentar el desempeño productivo y ambiental de la actividad central de las firmas o de sus plantas de bioenergía y, en el proceso, impulsan a otras entidades locales a desarrollar nuevo conocimiento, equipos o productos asociados a la transformación de los RRNN (Cuadro 6).

Así, algunas firmas del sector agropecuario establecieron acuerdos o alianzas con empresas locales de biotecnología o entidades locales de CyT para experimentar sobre el rendimiento y la eficiencia energética de cultivos no alimentarios o genéticamente modificados. Otras desarrollaron con proveedores locales piezas y equipos de complejidad variable para aumentar la eficiencia de recolección de la biomasa o reemplazar equipos importados en las plantas de bioenergía. Entre las empresas dedicadas al desarrollo de proyectos, como se mencionó previamente, se destaca la elaboración de contratos para la adquisición de biomasa residual de calidad a bajo costo mediante un proceso de interacción con los proveedores que les permitió adaptar la recolección del insumo a las normas y prácticas de las empresas de la industria alimentaria y agroindustrial. Mediante el diseño e implementación de estos contratos, estas firmas impulsaron un nuevo modelo de negocio centrado en ofrecer a estas empresas un servicio de tratamiento de su biomasa residual -anteriormente gestionada como un residuo industrial- a bajo costo y vender energía eléctrica a la red.

Al mismo tiempo, algunos procesos de colaboración con empresas de biotecnología locales comenzaron como relaciones mercantiles para la recolección y análisis preliminar de las características fisicoquímicas de la biomasa, para su posterior transferencia a las empresas de ingeniería extranjeras encargadas del diseño y desarrollo de los proyectos. La sistematización de esta información permite a las empresas extranjeras incrementar su conocimiento sobre la calidad energética de diferentes recursos y reforzar su posición en el mercado. Aun así, las capacidades de las firmas locales en materia de biotecnología, reflejadas en su competencia para analizar la viabilidad energética de la biomasa en una planta piloto, dio lugar a un espacio de colaboración con la firma productora de bioenergía para desarrollar un aditivo biotecnológico que mejore la eficiencia de conversión de la biomasa en energía.

Por último, las relaciones de colaboración con los organismos públicos de ciencia y técnica se enfocaron en analizar los resultados de la aplicación de distintos subproductos de la generación de bioenergía (digestato, dióxido de carbono, cenizas, etcétera). No obstante, este proceso no estuvo orientado a la búsqueda de usos innovadores, sino a la generación de estándares ambientales y sanitarios que faciliten el surgimiento de un mercado.

**Cuadro 6. Caracterización de los espacios de innovación generados por las firmas analizadas**

Actividad central	Relación de colaboración	Proceso innovador
Tipo II	Acuerdos de cooperación tecnológica con entidades de ciencia y técnica privadas	Ensayo con cultivos energéticos más sustentables y eficientes
	Alianza con empresa de biotecnología	Desarrollo y ensayo con nuevas variedades de cultivos energéticos
	Interacción usuario- proveedor de equipamiento	Desarrollo de equipos para recolectar la biomasa
Tipo III	Alianza con empresas de biotecnología	Desarrollo de insumos biotecnológicos para mejorar la conversión en energía
Tipo IV	Interacción usuario- proveedor de biomasa	Elaboración de contratos para la provisión de biomasa residual
	Contratos con firmas de ingeniería y de la industria metalmeccánica	Desarrollo de equipos a partir de la ingeniería inversa
Tipo II, III y IV	Relaciones de cooperación tecnológica con entidades de ciencia y técnica públicas	Investigación sobre la aplicación de subproductos de la generación de bioenergía

Fuente: elaboración propia.

## 5 Conclusiones

Los resultados de esta investigación aportan elementos para ahondar en las capacidades productivas y tecnológicas que construyen empresas con distintas trayectorias y los espacios de colaboración en los que participan cuando incorporan tecnologías para la transformación de RRNN renovables, como la generación de bioenergía.

En primer lugar, el trabajo muestra que las empresas, a pesar de no contar con capacidades específicas para responder a los requerimientos técnicos de los proyectos de bioenergía, involucraron -en distintas medidas- recursos humanos, económicos y cognitivos que, en interacción con el entorno, les permitieron construir nuevas capacidades productivas y tecnológicas para la gestión de biomasa o la conversión de esta en energía. La evidencia empírica refleja que este proceso estuvo más condicionado por la trayectoria y las capacidades acumuladas por las firmas que por sus relaciones externas. Si bien la interacción con otros actores es clave para acceder a los recursos necesarios para construir nuevas capacidades, estos no resultan suficientes. En los casos analizados, las empresas dedicadas a la producción y procesamiento de RRNN tendieron a incrementar sus capacidades productivas en torno a la gestión de biomasa, mientras que las firmas dedicadas al desarrollo de proyectos fortalecieron sus capacidades tecnológicas asociadas a la conversión de energía.

En cuanto al proceso de aprendizaje, la interacción de las firmas con el sistema de innovación se enmarcó mayormente en relaciones informales o de contratación de servicios en las etapas de exploración de la tecnología y análisis del sustrato. La escasa experiencia local respecto al diseño y uso de esta tecnología favoreció la interacción con

firmas de ingeniería extranjeras a través de vínculos comerciales relativamente estables. No obstante, algunas de las firmas que producen y transforman RRNN se vincularon también con firmas de ingeniería domésticas que intermediaron en la adaptación de estas tecnologías a las condiciones productivas y geográficas locales. Estas firmas de ingeniería y aquellas propietarias de plantas de bioenergía dedicadas al desarrollo de proyectos establecieron relaciones comerciales y de colaboración -de intensidad y estabilidad variable- con proveedores de equipamiento locales. Por otra parte, no se observan diferencias relevantes en relación con el proceso de aprendizaje tecnológico entre las firmas que participaron en el programa RenovAr y aquellas que no lo hicieron, lo que refleja que este programa no se constituyó como una política industrial.

Si bien los casos analizados no permiten identificar una red de conocimiento densa y estable, sí se observan relaciones de colaboración entre las firmas que producen y transforman RRNN y entidades con diferentes bases de conocimiento (biotecnología, agronomía, metalmeccánica). Estas relaciones facilitaron el desarrollo de innovaciones -originales para las firmas o el mercado local- en la gestión de la biomasa y en los procesos biológicos involucrados en la producción de bioenergía. Además, mientras que las empresas que se encuentran al costado de la cadena (v.g. firmas de ingeniería) impulsaron nuevos modelos de negocio, aquellas aguas arriba (v.g. establecimientos agropecuarios) acompañaron la exploración de nuevos tipos de biomasa con mayor densidad energética. De esta forma, si se trata de promover la creación de nuevas industrias basadas en RRNN y su diversificación relacionada no parece adecuado considerar a las firmas dedicadas al procesamiento de RRNN como los únicos actores con capacidad para impulsar este proceso. Se requiere la interacción entre múltiples y diversos actores en espacios de colaboración e, idealmente, en redes de conocimiento, para potenciar las capacidades existentes, crear nuevo conocimiento y desarrollar nuevas ventajas competitivas en estas y otras industrias.

## Referencias

- Andersen, A. D., Marín, A., & Simensen, E. (2018). Innovation in natural resource-based industries: A pathway to development? Introduction to special issue. *Innovation and Development*, 8(1), 1–27.
- Arza, V., Marín, A., López, E., & Stubrin, L. (2018). Redes de conocimiento asociadas a la producción de recursos naturales en América Latina: Análisis comparativo. *CEPAL Review*, 125, 99–126.
- Barletta, F., Robert, V., & Yoguel, G. (2012). Algunos comentarios sobre el artículo “Dinamismo tecnológico e inclusión social mediante una estrategia basada en los recursos naturales”, de Carlota Pérez. *Revista Económica -Niterói*, 14(2), 55–61.
- 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 for ODA? UNCTAD, The Least Developed Countries Report 2007. Genova: UNCTAD.
- Bell, M., & Figueiredo, P. (2012). Innovation capability building and learning mechanisms in latecomer firms: Recent empirical contributions and implications for research. *Canadian Journal of Development Studies*, 33(1), 14–40.

- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. En Irfan ul Haque et al. *Trade, technology, and international competitiveness*, Washington DC: Banco Mundial, 69-102.
- Biogas World (2022). Biomethane Market Intelligence Report 2021. North America and Europe. Disponible en: [www.biogasworld.com](http://www.biogasworld.com)
- Bisang, R., & Trigo, E. (2017). *Bioeconomía Argentina. Modelos de negocios para una nueva matriz productiva*. Ministerio de Agroindustria de la Nación y Bolsa de Cereales. Disponible en: [www.bolsadecereales.com/download/documentos/documento1/77](http://www.bolsadecereales.com/download/documentos/documento1/77)
- CAMMESA (2022). *Síntesis Mensual. Informe periodo Dic/2021*. Disponible en: <https://cammesaweb.cammesa.com/informes-y-estadisticas/>
- Castelao Caruana, M.E. (2019). La energía renovable en Argentina como estrategia de política energética e industrial. *Revista Problemas de Desarrollo*, 197(50), 131-156.
- Castelao Caruana, M.E. (2020). Configuración de la industria de bioenergía eléctrica y térmica en Argentina: ¿dónde, cuándo, cómo y quién?, *H-industri@: Revista de Historia de la Industria, los Servicios y las Empresas en América Latina*, 27, 55-78.
- Cimoli, M., & Dosi, G. (1993). De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de producción e innovación. *Tecnología e competitività nei paesi in via di svilello*. Venecia.
- Cimoli, M., & Porcile, G. (2013). *Tecnología, heterogeneidad y crecimiento: una caja de herramientas estructuralistas*. Serie Desarrollo Productivo n 194, CEPAL. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4592/S2013731\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4592/S2013731_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Crespi, G., Katz, J., & Olivari, J. (2018). Innovation, natural resource-based activities and growth in emerging economies: The formation and role of knowledge-intensive service firms. *Innovation and Development*, 8(1), 79–101.
- Dini, M., Rovira, S., & Stumpo, G. (2014). Una promesa y un suspirar. Políticas de innovación para pymes en América Latina, División de Desarrollo Productivo y Empresarial, 159, CEPAL. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37352/1/S1420481\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37352/1/S1420481_es.pdf)
- FAO (2018a). Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Santa Fe. Colección Documentos Técnicos N° 8. Buenos Aires.
- FAO (2018b). Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM. Provincia de Buenos Aires. Colección Documentos Técnicos N° 10. Buenos Aires
- Figueiredo, P. (2017). Micro-level technological capability accumulation in developing economies: Insights from the Brazilian sugarcane ethanol industry. *Journal of Cleaner Production*, 167, 416–431.

- Hansen, U. E., & Lema, R. (2019). The co-evolution of learning mechanisms and technological capabilities: Lessons from energy technologies in emerging economies. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 241-257.
- Henry, G., Pahun, J., & Trigo, E. (2014). La Bioeconomía en América Latina: oportunidades de desarrollo e implicaciones de política e investigación. *Revista de La Facultad de Ciencias Económicas y Sociales*, 4220(4), 125-141.
- IEA (2012). *Technology Roadmap Bioenergy for Heat and Power*. International Energy Agency. Disponible en: [www.globalbioenergy.org/uploads/media/1205 IEA - Technology Roadmap Bioenergy for Heat and Power .pdf](http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/1205_IEA_-_Technology_Roadmap_Bioenergy_for_Heat_and_Power_.pdf)
- IEA (2020a). *Bioenergy Power Generation*, IEA, Paris. Disponible en: [www.iea.org/reports/bioenergy-power-generation](http://www.iea.org/reports/bioenergy-power-generation)
- IEA (2020b). *Transport Biofuels*, IEA, Paris. Disponible en: [www.iea.org/reports/transport-biofuels](http://www.iea.org/reports/transport-biofuels)
- IRENA (2018). *Renewable Energy Prospects for the European Union*, IRENA. Disponible en: [www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA\\_REmap-EU\\_2018\\_summary.pdf?la=en&hash=818E3BDBFC16B90E1D0317C5AA5B07C8ED27F9EF](http://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Feb/IRENA_REmap-EU_2018_summary.pdf?la=en&hash=818E3BDBFC16B90E1D0317C5AA5B07C8ED27F9EF)
- Katz, J., & Pietrobelli, C. (2018). Natural resource-based growth, global value chains and domestic capabilities in the mining industry. *Resources Policy*, 58, 11-20.
- Katz, J. (2020). Recursos naturales y crecimiento: aspectos macro y microeconómicos, temas regulatorios, derechos ambientales e inclusión social, Documentos de Proyectos. Santiago: CEPAL.
- Lall, S. (1992). Technological Capabilities and Industrialization. *World Development*, 20(2), 165-186.
- Lugones, G. & Suárez, D. (2006). Los magros resultados de las políticas para el cambio estructural en América Latina: ¿problema instrumental o confusión de objetivos?, Documento de Trabajo N° 27. Centro Redes.
- Malerba, F. (1992). Learning by Firms and Incremental Technical Change, *The Economic Journal*, 102(413), 845-859.
- Marin, A., Navas-Aleman, L., & Perez, C. (2015). Natural resource industries as a platform for the development of knowledge intensive industries. *Tijdschrift Voor Economische En Sociale Geografie*, 106(2), 154-168.
- Marin, A., Strubin, L., & Kababe, Y. (2014). La industria de biodiesel en Argentina: capacidades de innovación y sostenibilidad futura. *Desarrollo Económico*, 54(212), 131-160.
- Milesi, D., Aggio, C., Verre, V., & Lengyel, M. (2020). Acumulación de capacidades tecnológicas y especialización productiva: el rol potencial de las actividades basadas en recursos naturales. Documento de Trabajo n° 20, CIECTI.
- OCDE (2009). *The bioeconomy to 2030: Designing a policy agenda*, Paris: OCDE.
- Pyka, A. (2002). Innovation networks in economics: From the incentive-based to the knowledge-based approaches. *European Journal of Innovation Management*, 5(3), 152-163.

Ren 21 (2020). Market and industry trends. Disponible en: [www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter\\_03/chapter\\_03/#sub\\_1\\_1\\_3](http://www.ren21.net/gsr-2020/chapters/chapter_03/chapter_03/#sub_1_1_3)

Rullani, E. (2000). El valor del conocimiento. En Boscherini y Poma (Comp.) *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas: el rol de las instituciones en el contexto global*. Buenos Aires: Miño y Dávila.

Sánchez, J. (2019). *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad*. Santiago: Naciones Unidas.

Suarez, D. (2009). Innovative strategies and their impact on the National Innovation System dynamics. Presentado en The 7th Globelics International Conference. Dakar, Senegal.

Suarez, D., Yoguel, G., Robert V. y Barletta, F. (2013). El sistema argentino de innovación: Determinantes micro y desarticulación meso-macro. En Dutrénit & Sutz (ed.), *Innovación y democratización del conocimiento como contribución al desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana*. México DF: Foro Consultivo Científico y Tecnológico, LALICS.

Subsecretaría de Planeamiento Energético (2019). *Informe Estadístico Anual 2019*. Disponible en: [www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/publicaciones/iea\\_2019.pdf](http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/planeamiento/publicaciones/iea_2019.pdf)

Teece, D., Rumelt, R., Dosi, G., & Winter, S. (1994). Understanding corporate coherence. Theory and evidence. *Journal of Economic Behaviour and Organization*, 23, 1–30.

Torres, A., & Jasso, J. (2017). Entrepreneurial capabilities and innovation in firms from late industrialising countries: A case study of a Mexican firm. *International Journal of Work Innovation*, 2(1), 101–120.

Yin, R. (2018). *Case Study Research Design and Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Yoguel, G., Robert, V., Erbes, A., & Borello, J. (2009). Capacidades cognitivas, tecnologías y mercados: de las firmas aisladas a las redes de conocimiento. En Albornoz y Alfaraz (ed.) *Redes de conocimiento construcción, dinámica y gestión*, Buenos Aires: RICYT, CYTED, UNESCO, 37-62.