

ARTÍCULO DE TEMA LIBRE

El papel de las políticas públicas en la difusión de la bioenergía en Argentina (2004-2019)*

The Role of Public Policies in the Diffusion of Bioenergy in Argentina (2004-2019)

María Eugenia Castelao Caruana

Centro de Estudios Urbanos y Regionales del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

eugeniastelao@conicet.gov.ar

* 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.

Fecha de recepción: 9/12/2021. Fecha de aceptación: 25/3/2021



URL de la revista: revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/cuyonomics
ISSN 2591-555X

Esta obra es distribuida bajo una Licencia Creative Commons Atribución No Comercial – Compartir Igual 4.0 Internacional

Resumen

Este trabajo analiza el papel del Estado en el proceso de selección, adaptación y adopción de tecnologías aplicadas a la generación de energía eléctrica y térmica a partir de biomasa en Argentina. A partir de la sistematización y análisis de fuentes secundarias de organismos públicos y privados, el documento estudia la interacción de 30 firmas propietarias de plantas de bioenergía con las políticas públicas vigentes durante el periodo 2004-2019. El artículo devela que la difusión de estas tecnologías encontró incentivos en las condiciones del mercado energético y en políticas ambientales. No obstante, la falta de articulación del Estado en materia energética, ambiental y tecnológica promovió estrategias empresariales reactivas al entorno y fragmentadas en el tiempo, condicionando la instalación de sistemas orientados a la valorización integral de la biomasa. La bioenergía es una industria aún incipiente en el país, por lo que la participación del Estado es clave para que su crecimiento impulse no solo la transición energética, sino también el desarrollo de nuevas tecnologías y mercados.

Palabras clave: políticas públicas; energía de la biomasa, difusión de tecnologías

Abstract

The article assesses the role of the State in the process of selection, adaptation and adoption of technologies that are applied to the generation of electric power and thermal energy from biomass in Argentina. After systematizing and analyzing secondary sources from public and private organizations, the document explores the interaction between 30 firms that own bioenergy plants and the public policies during the years 2004-2019. The paper reveals the diffusion of these technologies was incentivized by energy market conditions and environmental policies. However, the lack of articulation of the State when it comes to energy, environmental and technological issues promoted corporate strategies which were reactive to the environment and fragmented in time. This policy design constrained the dissemination of systems for an integral valorization of biomass. Bioenergy is an emergent industry in the country, thus the State's participation is key for its growth to promote not only energy transition, but the development of new technologies and markets as well.

Keywords: public policies; biomass energy; diffusion of technology

Journal of Economic Literature (JEL): O12, O33

1. Introducción

El compromiso de los países con el tránsito hacia una economía menos dependiente de los combustibles fósiles se refleja en acciones que impulsan la innovación y difusión de tecnologías que valorizan los recursos naturales renovables (RNR) para la producción de energía, alimentos, medicina, fibras, etc. La transición energética es una de las principales expresiones de este compromiso y uno de los grandes desafíos técnico-económicos a nivel global. Este proceso no solo implica un cambio estructural de la matriz energética, que prioriza el consumo de Energía de Fuentes Renovables (EFR), sino también la difusión y desarrollo de tecnologías que tornen económica y ambientalmente sostenible esta transición.

Las condiciones institucionales y tecnológicas de los mercados energéticos han dado lugar a mecanismos que inhiben el desarrollo y la difusión de las EFR. Para romper esta inercia tecnológica, en muchos de los países que hoy lideran la transición energética –como Alemania, Dinamarca, Italia– el sector público se instaló como un actor central del proceso de innovación, desarrollo y difusión de tecnologías para la generación de este tipo de energía. No solo definió marcos regulatorios y políticas de impulso a la demanda de energía renovable de largo plazo, sino también la dirección y el ritmo del cambio tecnológico, considerando el carácter colectivo y colaborativo del proceso de innovación (Mazzucato, 2015b, 2016).

En Argentina, la decisión del sector público de incrementar la participación de la EFR en la matriz energética ha oscilado desde la década del 70, otorgando prioridad primero a la energía hidroeléctrica y luego a las energías eólica y solar fotovoltaica. La bioenergía estuvo ausente de la agenda energética hasta el año 2006, cuando se promulgó el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica (ley 26190), y tomó cierta visibilidad en la agenda política en la década de 2010 como sector clave de la bioeconomía en el país. No obstante, los programas de incentivo a la generación de EFR no lograron resultados significativos hasta que se implementó el programa RenovAr en el año 2016. Aun así, la bioenergía con fines térmicos y eléctricos en Argentina ha incrementado su presencia en el ámbito productivo a lo largo de las últimas décadas, lo que plantea interrogantes en torno al papel que han tenido las políticas públicas en el proceso de difusión de estas tecnologías en el país.

El documento se propone analizar la incidencia del Estado en la difusión de tecnologías modernas para la generación de bioenergía con fines eléctricos o térmicos

entre las empresas privadas de Argentina. Con este fin, se analizan, por un lado, las trayectorias tecnológicas de las empresas que integran el sector, atendiendo a las condiciones de política pública que afectaron este proceso y, por otro lado, el impacto de estas condiciones en la adopción y configuración de las plantas de bioenergía. La hipótesis que guía este trabajo plantea que las políticas públicas con incidencia en la generación de bioenergía en el país no han articulado los aspectos energéticos, ambientales o tecnológicos inherentes a este tipo de proyectos. Como resultado, mientras las políticas ambientales impulsaron estrategias empresariales centradas en el tratamiento de la biomasa como un residuo, las políticas de demanda de EFR motivaron decisiones orientadas a la búsqueda de rentas extraordinarias en el mercado energético, soslayando, en ambos casos, la valorización de la biomasa y su inserción en sistemas de producción circulares o en cascada.

A continuación, se presenta el enfoque teórico de corte evolucionista que adopta este documento para analizar el papel del Estado en los procesos de transición energética, aprendizaje tecnológico e innovación. Seguidamente, se describe el alcance del sector de la bioenergía con fines eléctricos y térmicos en Argentina y el diseño de investigación que sustenta este trabajo. En la cuarta sección, se presentan y analizan las políticas públicas con incidencia en la difusión de estas tecnologías y su interacción con las firmas del sector a lo largo del periodo 2004-2019. Por último, a partir del análisis de la dinámica de estos proyectos, se plantean tres trayectorias tipo de las firmas propietarias de plantas de bioenergía que permiten explicar el alcance de las políticas públicas y su incidencia en el modelo de uso de los RNR.

2. Marco teórico y recopilación de datos

Históricamente, el papel del Estado en la economía ha sido cuestionado por diferentes sectores de la sociedad, utilizando argumentos centrados en evitar que la burocracia y la inercia pública socaven la dinámica innovadora del sector privado. Bajo este enfoque, la participación del Estado en la economía debería limitarse, mayormente, a la provisión de bienes públicos y al diseño de mecanismos que corrijan las externalidades y disminuyan el riesgo, ofreciendo condiciones que faciliten la innovación y el funcionamiento de los mercados. Así, mientras el sector privado es considerado un actor dinámico, innovador y competitivo, creador y gestor de patrones de cambio tecnológico, el sector público es percibido como un actor burocrático e inercial, cuya inversión desplaza la inversión privada (Mazzucato, 2013, 2015a).

Sin embargo, bajo la perspectiva de la economía evolucionista, la innovación es un fenómeno sistémico, que reproduce y ocurre en el marco de fallas de mercado –información imperfecta, riesgo, externalidades– (Lavarello, 2017a), mediante procesos de búsqueda y selección que, si bien son internos de las firmas, se encuentran condicionados por el entorno. Las firmas son los agentes centrales de este proceso, pero sus decisiones en torno a la acumulación de tecnología están condicionadas

tanto por sus competencias internas como por su interacción con las instituciones y organizaciones que configuran su entorno y las condiciones de la industria o sector en que se desarrollan (Nelson y Winter, 1982).

El Estado puede generar condiciones que faciliten la innovación, pero también adoptar un papel activo y emprendedor, diseñando políticas públicas e implementando acciones que direccionen y lideren el proceso de innovación y que disminuyan su incertidumbre. Para esto son necesarias políticas de largo plazo que contemplen en su diseño el carácter colaborativo y colectivo del proceso de innovación (Mazzucato, 2016) y que abarquen tanto al sector productivo como al sector público –sus instituciones, organismos y servicios– y a la sociedad en general. No se trata solo de impulsar cambios tecnológicos, sino también de acompañar estos procesos con medidas que propicien la creación de nuevos mercados y sectores mediante políticas de demanda, requisitos normativos o incentivos financieros específicos (Mazzucato, 2016; Mowery, Nelson, y Martin, 2010). Este papel activo y emprendedor del Estado no es una descripción de la realidad, sino una posibilidad mayormente desestimada en un relato centrado en el carácter emprendedor del sector privado y en el dinamismo de las nuevas empresas.

El desarrollo, difusión y apropiación de tecnologías para la generación de EFR ha sido el resultado de un proceso de cambio tecnológico global y complejo que ha tomado décadas y se ha beneficiado de las políticas de oferta, de demanda y de I+D, implementadas por diversos Estados para crear oportunidades de mercado y promover así el establecimiento y crecimiento de nuevas empresas en el sector. En estos países, el sector público ha demostrado ser un actor clave para direccionar y sostener la transición hacia la EFR y transformar este desafío climático en una oportunidad para dinamizar la innovación y el cambio tecnológico en diversos sectores de actividad.

Así como ocurrió con otras revoluciones tecnológicas, la inversión pública y el involucramiento del Estado en la I+D de tecnologías para la generación de EFR no solo están justificados por el horizonte de tiempo que demandan estos procesos, sino también por la posibilidad de potenciar, en las fases tempranas de desarrollo de estas tecnologías, el surgimiento de nuevos productos y mercados relacionados (Mazzucato, 2013). Además, mediante políticas de demanda y de oferta, el Estado puede incidir en la configuración de la transición energética, regulando las industrias y mercados asociados a la generación, transporte, distribución y consumo de energía, considerando las trayectorias y capacidades de las industrias locales y los recursos renovables disponibles en cada territorio. En general, mientras las políticas de oferta tienen un mayor impacto en el desarrollo de las redes de producción locales, las políticas de demanda resultan críticas para direccionar los procesos de cambio tecnológico. No obstante, su impacto depende de la estabilidad de las medidas y de su capacidad para reducir la incertidumbre que implica la adopción y adaptación de tecnologías limpias que se encuentran en clara competencia con otras que utilizan recursos fósiles y se hallan ampliamente establecidas (Mazzucato, 2013).

Las fases de transición entre paradigmas tecnológicos—tal como implica la transición energética— representan ventanas de oportunidad para que los países en desarrollo implementen estrategias conducentes a reducir su brecha tecnológica. Con este fin, los Estados podrían implementar acciones deliberadas que traccionen y dinamicen la inversión privada, favorezcan el desarrollo de nuevas capacidades productivas y tecnológicas y, consecuentemente, impulsen el surgimiento de sectores de mayor productividad (Barletta y Yoguel, 2017). El Estado debería liderar estos procesos innovadores teniendo claridad sobre sus objetivos, su capacidad institucional y el efecto de los instrumentos de los que dispone, para poder actuar de manera efectiva, distinguiendo—entre otras cuestiones— las demandas competitivas del sector privado de aquellas centradas en la búsqueda de beneficios extraordinarios (Mazzucato, 2013; Barletta y Yoguel, 2017).

La estructura productiva de una economía está condicionada por la dotación de factores y capacidades disponibles, por lo que la transición desde una estructura especializada en sectores intensivos en trabajo y recursos naturales hacia una especializada en industrias intensivas en capital debe contemplar políticas micro, meso y macro que incrementen y mejoren la calidad de los factores y los procesos de aprendizaje de las firmas (Lavarello, 2017a). Algunos autores sostienen que las industrias intensivas en el uso de recursos naturales podrían formar parte de los sectores que impulsen este cambio estructural (Andersen, Marín y Simensen, 2018; Pérez, Marín y Navas-Aleman, 2014). En esta línea, la bioenergía podría actuar como un sector de transición o intensidad media. Haciendo un uso intensivo de ciertos RNR y aplicando tecnologías relativamente intensivas en capital y conocimiento, la difusión de la bioenergía podría, por un lado, promover una mayor eficiencia en la gestión de los recursos y la acumulación de nuevas capacidades productivas y tecnológicas. Por otro lado, las firmas que proporcionan las tecnologías y el conocimiento que demanda este sector podrían desarrollarse como proveedoras de servicios intensivos en conocimiento, acumulando capacidades que faciliten la adaptación y la innovación en esta y otras industrias relacionadas.

Este trabajo explora el papel del Estado en el proceso de difusión de las tecnologías asociadas a la generación de bioenergía con fines eléctricos o térmicos por parte del sector productivo en Argentina durante el periodo 2004-2019. El estudio se centra en la difusión de tecnologías para la generación de energía a partir de biomasa mediante sistemas de digestión anaeróbica y sistemas de combustión directa con calderas de alto rendimiento. Este recorte del sector deja afuera del análisis a los sistemas de combustión tradicional, que implican la quema de leña, carbón y otros biocombustibles sólidos, y a los sistemas de calefacción por calderas, destinados al consumo residencial o comercial.

El estudio aplica una metodología de investigación cualitativa en tres etapas. En primer lugar, dado que no existe información sistematizada sobre el uso de tecnologías de digestión anaeróbica y combustión directa, se construyó una base de

datos integrada por empresas que, a fines de 2019, contaban con plantas de bioenergía activas destinadas a la generación de energía eléctrica o térmica. Esta base se elaboró a partir de la revisión y sistematización de información proveniente del banco de proyectos del Proyecto para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa (PROBIOMASA, 2018), los resultados de las licitaciones del Programa RenovAr de 2016 y 2017, el informe mensual de la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA, 2019), documentos de organismos públicos nacionales y provinciales (Belmonte y Franco, 2017; Grassi, 2016; Ministerio de Desarrollo Productivo, 2015); informes internos del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y notas periodísticas y páginas web de empresas identificadas mediante búsquedas con palabras claves en internet. Si bien estas fuentes ofrecieron información duplicada, heterogénea e incompleta, su triangulación permitió construir una base de datos integrada por 68 plantas de bioenergía activas, caracterizar a las firmas propietarias de estas plantas e identificar las políticas públicas que, directa o indirectamente, motivaron a estas empresas a generar bioenergía.

En una segunda etapa, se analizaron las políticas públicas nacionales y provinciales que, de acuerdo con el análisis previo, condicionaron la adopción de tecnologías para la generación de bioenergía por parte de las firmas analizadas. La revisión de estas políticas ahonda en el papel del Estado en el proceso de transición energética y en el desarrollo de nuevas capacidades productivas y tecnológicas vinculadas a la valorización de los RNR. Por último, se analizó la interacción entre estas medidas y la trayectoria de adopción de estas tecnologías por parte de 30 firmas, seleccionadas por contar con información válida y confiable. En este proceso se identificaron patrones que permiten entender el rol de la bioenergía en la estrategia de las firmas y el modelo de organización de estos proyectos en términos de su intensidad en el uso de biomasa.

La información recolectada provino de múltiples fuentes secundarias (documentos de organismos públicos de nivel nacional e internacional, páginas web de empresas y organismos públicos, reportes financieros y sociales de las firmas, notas periodísticas de diversas fuentes y artículos académicos) y de fuentes primarias, mediante entrevistas semiestructuradas a referentes del sector público y privado.

3. El incipiente sector de la bioenergía en Argentina

En Argentina, las principales tecnologías adoptadas por el sector productivo para generar energía a partir de biomasa con fines eléctricos o térmicos han sido los sistemas de digestión anaeróbica (incluida la captación de biogás de rellenos sanitarios), de combustión directa mediante el uso de calderas de alto rendimiento y, en

menor medida, de gasificación.¹ Hacia fines de 2019, la potencia instalada para la generación de energía eléctrica a partir de biomasa para la red era de 46 MW, el doble de potencia que en 2018, pero apenas el 1,8 % de la capacidad instalada de EFR y el 0,1 % de la capacidad total del sistema (CMMESA, 2020). No existe, por otra parte, información sistematizada sobre la potencia instalada para autoconsumo ni la capacidad de generación térmica de las plantas de bioenergía activas en el país.

La difusión de estas tecnologías modernas ocurrió inicialmente en un entorno de gran incertidumbre, originada en la ausencia de información confiable y precisa sobre la viabilidad técnica y económica de utilizar estos sistemas con distintos tipos de biomasa y bajo diferentes escalas de producción. Hacia fines de la década de 2010, prevalecía entre distintos referentes de los sectores agropecuario, agroindustrial y de distribución de energía eléctrica la idea de que no existían en el país conocimientos suficientes ni recursos humanos calificados para el desarrollo y operación de estos proyectos. Además, a las dificultades que enfrentaban las firmas locales interesadas en estas tecnologías para contratar el servicio de empresas extranjeras especializadas se sumaban riesgos asociados a la posibilidad de mantener la operación de las plantas. Estos referentes señalaban también que las normas de promoción de la EFR resultaban inadecuadas para impulsar el sector y que la legislación en materia ambiental raramente contemplaba a las plantas de digestión anaeróbica o combustión como procesos de tratamiento de residuos alternativos y superiores de los sistemas más tradicionales. Por último, la incertidumbre del entorno económico y la ausencia de financiamiento en general, y para este tipo de proyectos en particular, también ralentizaron el proceso de difusión de estas tecnologías.²

Aun así, a comienzos de la década del 2000, distintos factores internos y externos a las firmas motivaron la adopción y adaptación de estas tecnologías bajo modelos tecnológicos en los que el tratamiento de los residuos orgánicos, la generación de energía térmica y la generación de electricidad adquirieron prioridades variables. Por un lado, existen en el país plantas de digestión anaeróbica que tienen como principal objetivo el tratamiento de los residuos orgánicos generados en la actividad central de la firma. Aquellas firmas que logran un buen manejo de este sistema optan, en algunos casos, por generar energía térmica para su uso en el proceso productivo. Este modelo tecnológico, en general, prioriza el sostenimiento de los costos de inversión y operación en niveles accesibles por sobre la eficiencia energética, ya que se trata de instalaciones necesarias para el cumplimiento de la normativa am-

1 Se han identificado dos plantas con sistemas de gasificación activos en el país: la planta de la cooperativa láctea Manfrey, instalada en 2015, pero en operación a partir de 2018 con un régimen de producción aún bajo, según datos de 2019 (Manfrey, 2020), y la planta Las Junturas de Emerald Resources y Maglione Hnos., conectada para la provisión de energía eléctrica a la red en enero de 2020 (CMMESA, 2020).

2 Este análisis surge de 11 entrevistas realizadas a referentes de los sectores mencionados durante los años 2016-2018 en el marco del proyecto de investigación.

biental, pero que ofrecen una baja o nula retribución económica a las firmas.

Otro modelo tecnológico son los sistemas de bioenergía, cuya función principal es la generación de energía térmica o la cogeneración para el proceso productivo en el que están integrados. Si bien algunas de estas plantas están conectadas a la red para vender la energía eléctrica excedente, su principal objetivo es el autoconsumo. Así, en algunos establecimientos con sistemas de combustión con calderas, la generación de electricidad depende directamente del consumo que estos realizan de la energía térmica que generan.

Un tercer modelo agrupa a los sistemas de bioenergía cuyo principal, y a veces único, objetivo es la venta de energía eléctrica a la red, por lo que su diseño prioriza esta actividad. Si bien estos sistemas también pueden estar integrados a otros procesos productivos a los que proveen de energía térmica o eléctrica, su prioridad es el despacho de energía eléctrica a la red para cumplir con los compromisos asumidos con terceros.

De acuerdo con la información recopilada, se estima que existen más de 68 empresas propietarias principales (aunque no únicas) de plantas de bioenergía activas en el país. Atendiendo a la estructura de organización—tamaño y origen del capital—y el sector de actividad en que se desempeñan, estas firmas pueden ser agrupadas en:

- Empresas grandes y medianas que desarrollan actividades de procesamiento industrial, en la mayoría de los casos, integradas con la producción agropecuaria. En este grupo se encuentran filiales de empresas multinacionales, firmas que integran grupos económicos y empresas nacionales especializadas.
- Empresas pequeñas y medianas dedicadas al procesamiento industrial que, en algunos casos, también realizan actividades agropecuarias. Se trata mayormente de empresas nacionales especializadas.
- Establecimientos de producción agropecuaria pertenecientes a empresas de capital nacional de grupos económicos o firmas especializadas.
- Firmas cuya actividad central es el desarrollo de proyectos y, en principio, la generación de energía no forma parte de su actividad núcleo. Este grupo está integrado por grandes firmas multinacionales y pequeñas empresas de capital nacional. Algunas de estas firmas se desempeñan como proveedoras de servicios de ingeniería, contratación, ejecución o puesta en marcha de plantas de generación de energía renovable o convencional, incluyendo como parte de su actividad, en algunos casos, la búsqueda y estructuración de financiamiento.

Los proyectos de bioenergía de estas firmas se desarrollaron en el marco de estrategias, por un lado, orientadas a disminuir los costos de producción, mejorar el desempeño ambiental de sus procesos productivos u obtener beneficios extraordinarios de la venta de electricidad en la red y, por otro lado, condicionadas por las políticas públicas vigentes en materia energética, ambiental y tecnológica.

4. El Estado y su incidencia en la difusión de la bioenergía

Los incentivos con impacto en la selección, adopción y adaptación de tecnologías para la generación de bioenergía estuvieron delineados por políticas energéticas, ambientales y tecnológicas que, sin embargo, no estuvieron vigentes a lo largo de todo el periodo analizado (figura I). A fin de entender el papel del Estado en la trayectoria de búsqueda y adopción de tecnologías para la producción de bioenergía en el país y su incidencia en la configuración del sector, se analiza, a continuación, el alcance y la incidencia de distintas políticas públicas nacionales y provinciales en las firmas. El análisis se concentra en aquellas políticas que condicionaron la decisión y el proceso de adopción de estas tecnologías por parte del sector productivo, por lo que no cubre el universo de políticas públicas destinadas a las EFR, en general, o a la industria de la bioenergía, en particular.³

Figura I. Vigencia de las políticas públicas con impacto en la difusión de la bioenergía en Argentina (2004- 2019)

Tipo de políticas	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Ambiental																
Oferta energética																
Demanda de EFR																
Tecnológica																

Fuente: elaboración propia.

4.1. Las restricciones de oferta en el mercado energético

En Argentina no son pocas las firmas que utilizan gas licuado del petróleo (GLP) u otros combustibles líquidos de origen fósil en el proceso de producción, ante la falta de infraestructura que facilite el acceso a gas natural y energía eléctrica de calidad. Este panorama estructural se agravó a comienzos de la década del 2000 debido a problemas de abastecimiento en el mercado interno (Barrera y Serrani, 2018; Recalde, Bouille y Girardin, 2015) que se tradujeron en cortes intermitentes y aleatorios de gas natural y restricciones formales al abastecimiento de energía eléctrica de los grandes usuarios (Res. SEE 1281/2006). Para contrarrestar el impacto de esta situación en el sector residencial y de las pequeñas y medianas empresas, en el año

³ El Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable (ley 27424), por ejemplo, no impactó en la adopción de estas tecnologías durante el periodo analizado debido a que la bioenergía no es la tecnología más competitiva para generar energía eléctrica a baja escala, especialmente si se la compara con la energía solar fotovoltaica.

2006 el Estado nacional estableció regulaciones que condicionaron el acceso de los grandes usuarios al Mercado Eléctrico Mayorista, pero también habilitaron la venta de energía eléctrica generada en nuevas plantas a precios superiores a los pagados en el resto del mercado (Furlan, 2015).

En ese mismo año, el Estado nacional aprobó el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica (ley 26190), que establecía, por primera vez, una meta de consumo de EFR equivalente al 8 % de la demanda del Mercado Eléctrico Mayorista para el año 2016. La ley otorgó beneficios fiscales y económicos a los proyectos de generación de EFR, adicionales a los considerados en la ley 25019, priorizando aquellos proyectos integrados con bienes de capital nacional. Sin embargo, la reglamentación de esta ley ocurriría recién a fines de 2009.

Aun así, motivadas por las restricciones en la oferta de energía y por la posibilidad de vender electricidad a la red a precios diferenciales, distintas empresas, por lo general propietarias de grandes volúmenes de biomasa, avanzaron en la evaluación de proyectos de generación de bioenergía. Aunque estas iniciativas finalmente no accedieron al Mercado Eléctrico Mayorista, la promulgación de la ley 25019 mantuvo la expectativa de que este tipo de proyectos pudieran eventualmente conectarse a la red (Ledesma, 2011).

Paralelamente, algunas de estas firmas tramitaron créditos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. Este acuerdo internacional, ratificado por el país en el 2001 (ley 25438), tuvo un alcance limitado (tabla I), pero facilitó el acceso de algunas firmas de gran tamaño o con proyección internacional a ingresos que facilitaron la concreción o mejora de sus proyectos de bioenergía.

La empresa Aceitera General Deheza (AGD) fue la primera del país en acceder a este mecanismo de financiamiento en el año 2007. Ya en el 2001, la firma generaba energía térmica para autoconsumo a partir de las cascarras de maní y girasol obtenidas del proceso productivo de la firma y de terceros. En el 2008, incorporó un grupo turbogenerador para la cogeneración de energía térmica y eléctrica a partir de vapor, lo que posteriormente le permitió conectarse a la red para vender su energía eléctrica excedente (AGD, 2016).

En los años 2006-2009, diversos ingenios azucareros instalaron calderas modernas alimentadas con biomasa para mejorar su autoconsumo de energía térmica—como los ingenios Aguilares y La Providencia, de las firmas Los Balcanes y Arcor, respectivamente—o para ofrecer energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista (Ledesma, 2011). La empresa Ledesma, por ejemplo, accedió al Mecanismo de Desarrollo Limpio en el 2009, producto de la instalación de una nueva caldera de alta presión alimentada con bagazo que mejoró la capacidad de generación de energía térmica y eléctrica, pero ya entregaba energía eléctrica excedente a la red desde 1995. Arcor, por otra parte, ingresó al mercado voluntario de carbono en el 2007 con la instalación de una planta de combustión que utiliza bagazo en el Ingenio

La Providencia. Esta planta, sin embargo, recién se conectó a la red como agente generador de electricidad en el 2014. Como estas firmas, muchas otras buscaron apalancar sus proyectos de bioenergía –no siempre con éxito– en los mercados de créditos de carbono, en algunos casos de la mano de firmas multinacionales dedicadas al desarrollo técnico y financiero de este tipo de proyectos.

Tabla I. Firmas relevadas que registraron proyectos en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (2001-2019)

Empresa	Actividad	Ubicación	Fecha de registro	Tecnología
Grupo industrial Aceitera General Deheza	Producción agrícola y procesamiento industrial	Córdoba	04-2007	Combustión directa
Ledesma	Producción agrícola, procesamiento industrial (ingenio, papel, energía)	Tucumán	09-2009	Combustión directa
Noble Argentina Timbúes	Producción agrícola y procesamiento industrial	Santa Fe	02-2011	Combustión directa
Papel Misionero	Procesamiento industrial (papel)	Misiones	04-2016	Combustión directa

Fuente: elaboración propia en base a datos de UNFCCC (2019).

Durante la década del 2000, las condiciones del mercado energético, más por sus restricciones que por sus oportunidades, motivaron a algunas empresas, mayormente de gran tamaño, a buscar nuevas tecnologías para la generación de energía. La disponibilidad de biomasa residual y la posibilidad de acceder a fuentes alternativas de ingreso por evitar la emisión de gases de efecto invernadero posicionaron a la bioenergía como una alternativa oportuna para transformar estos pasivos en una oportunidad.

4.2. La política ambiental como incentivo indirecto a la bioenergía

La difusión de la bioenergía también encontró impulso en las políticas provinciales destinadas a regular y promover un mejor desempeño ambiental de los establecimientos productivos. Durante la década del 2000, las provincias de Buenos Aires y Entre Ríos, por ejemplo, sancionaron regulaciones y diseñaron programas ambientales que, indirectamente, promovieron la adopción de sistemas de digestión anaeróbica y, en algunos casos, además, la generación de bioenergía. En la provincia de Misiones, por otra parte, si bien ya existían plantas de energía térmica alimentadas

con biomasa, estas incluían el uso de leña (FAO, 1996). En el año 2012, el Estado provincial prohibió la producción, comercialización y consumo industrial de leña y carbón vegetal de bosque nativo a partir de 2015. En paralelo, el Instituto Nacional de la Yerba Mate puso en marcha un programa de tecnificación del proceso de secado de yerba mate que financió la adquisición de equipos alimentados con chips.

Este tipo de política ambiental tuvo un mayor alcance en la provincia de Tucumán, donde, además del gobierno provincial, se involucraron el gobierno nacional y entidades públicas de ciencia y técnica con una amplia trayectoria en el territorio. En el 2007, el gobierno de Tucumán adhirió al Programa de Reconversión Industrial (PRI) de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Res. SAyDS 1139/2008) con el objetivo de que las principales industrias de la región modificaran sus prácticas y sistemas de tratamiento de efluentes para mitigar la contaminación de la cuenca Salí Dulce y remediar sus pasivos ambientales.⁴ Algunos ingenios azucareros ya habían firmado acuerdos de reconversión con el Estado provincial en el año 2004, las citrícolas lo hicieron en el 2007 y otro grupo de ingenios en el 2009. Aunque la adhesión al programa era voluntaria, el PRI se instaló como un mecanismo de adecuación a la normativa que ya se encontraba vigente (SAME - Secretaría de Estado de Medio Ambiente, 2012).

Este programa finalizó su tercera fase trianual en 2019, luego de haber trabajado con seis empresas citrícolas, cuatro frigoríficos, 11 ingenios azucareros con destilería, cuatro ingenios azucareros sin destilería, una fábrica de levaduras y una fábrica de pasta y papel. Dado que la mayoría de los ingenios ya venían utilizando calderas alimentadas con biomasa para la generación de energía térmica, la reconversión en este sector se centró en la minimización de la emisión de particulado y el tratamiento del agua con cenizas de sus chimeneas, por un lado, y en el tratamiento de la vinaza y la cachaza generada en el procesamiento de la caña, por otro. Algunos ingenios participaron en investigaciones sobre la producción de biogás a partir de vinaza, instalando incluso plantas piloto, y las empresas citrícolas y de fabricación de levaduras invirtieron en la construcción de plantas de tratamiento secundario, implementando sistemas de digestión anaeróbica. En resumen, como resultado de esta política, hacia fines de 2019, al menos cinco empresas trataban parte de sus residuos orgánicos mediante sistemas de digestión anaeróbica (algunas utilizando plantas piloto) y tres, además, generaban energía térmica para autoconsumo. Además, dos de estas empresas accedieron a créditos de carbono a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio en el año 2011 debido a la instalación de estos sistemas y el reemplazo de combustible fósil por bioenergía en la producción (tabla II).

4 La contaminación de esta cuenca fue motivo de demanda judicial por parte de la provincia de Santiago del Estero, que se encuentra aguas abajo y veía afectada la calidad de sus recursos hídricos.

Tabla II. Firmas con sistemas de digestión anaeróbica en la provincia de Tucumán

Empresa	Actividad	Año de operación	Destino de la energía
Acheral	Citrícola	2011	Sin generación
Citrícola San Miguel	Citrícola	previo a 2015	Sin generación
Cooperativa de Productores Citrícolas de Tafí Viejo	Citrícola	previo a 2015	Sin generación
Litoral	Citrícola	previo a 2012	Sin generación
Azucarera del Sur	Ingenio	2009	Sin generación
Citromax	Citrícola	2012	Térmica para autoconsumo
Compañía Argentina de Levaduras*	Levaduras	2011	Térmica para autoconsumo
Citrusvil*	Citrícola	2010	Térmica para autoconsumo y eléctrica para la red

* Firmas con proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC, 2019).

Fuente: elaboración propia.

Si bien las políticas ambientales no tuvieron como objetivo la difusión de tecnologías para la generación de bioenergía—excepto en Misiones—, su implementación incentivó la búsqueda de soluciones adecuadas para el tratamiento de los residuos orgánicos y el ahorro de costos, entre los cuales la energía resultó un insumo estratégico para las firmas dedicadas al procesamiento industrial de alimentos. No obstante, no todas las firmas que participaron en estos programas avanzaron hacia la generación de energía, en algunos casos por falta de financiamiento y en otros por la ausencia de incentivos para plantear modelos de negocio que demandan nuevas capacidades tecnológicas (la producción de cultivos con mayor densidad energética, la comercialización de bioenergía con fines térmicos) o el desarrollo de nuevos nichos de mercado (la producción orgánica de hortalizas).

4.3. La política tecnológica, una medida sectorial limitada

En los países de América Latina, los programas de fomento a la innovación han adoptado un enfoque esencialmente horizontal, centrado en la asociación público-privada para la realización de proyectos complejos y de amplio alcance (Dini, Rovira y Stumpo, 2014). En Argentina, las políticas de apoyo al desarrollo tecnológico de las firmas inicialmente adoptaron un enfoque también horizontal, pero posteriormente el gobierno nacional estableció áreas estratégicas—entre estas la agroindustria y la energía—y diseñó instrumentos centrados en tecnologías transversales y aglomerados productivos. El Estado nacional pasó así de facilitar la búsqueda y

adopción de tecnologías a promover de forma selectiva capacidades tecnológicas incipientes (Lavarello, 2017b).

El Plan Argentina Innovadora 2020 estableció lineamientos estratégicos para el periodo 2012-2015 y, entre otras cuestiones, los principales sectores destinatarios de las políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación, entre los que se hallaba la energía y la agroindustria por su capacidad de adoptar tecnologías para la valorización de los RNR. En este marco, el Estado nacional implementó programas de financiamiento para consorcios público-privados interesados en el estudio de tecnologías para la generación de bioenergía en los años 2012 y 2103. Si bien los proyectos seleccionados promovieron la colaboración público-privada y el desarrollo de conocimiento local y algunos, incluso, se tradujeron con el tiempo en plantas de bioenergía activas (tabla III), la falta de continuidad de estas medidas y el bajo presupuesto asignado a cada proyecto limitó su impacto en la difusión de estas tecnologías.

Tabla III. Empresas con proyectos financiados por políticas tecnológicas sectoriales

Empresa	Actividad	Ubicación	Tecnología
Adeco Agropecuaria	Producción agropecuaria y procesamiento industrial	Santa Fe	Biogás
Compañía Azucarera Juan M. Terán	Producción agropecuaria y procesamiento industrial	Tucumán	Combustión directa
Compañía Inversora Industrial	Producción agropecuaria y procesamiento industrial	Tucumán	Combustión directa
Cooperativa Agrícola Jardín América	Procesamiento industrial	Misiones	Biogás
Pindó*	Producción forestal y procesamiento industrial	Misiones	Combustión directa
Prodeman	Producción agrícola y procesamiento industrial	Córdoba	Combustión directa
Solamb	Gestión de residuos orgánicos industriales	Santa Fe	Biogás
Alimentos Magros	Procesamiento industrial	Córdoba	Biogás
Smurfit Kappa de Argentina	Procesamiento industrial	Buenos Aires	Biogás

* Firmas con proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC, 2019).

Fuente: elaboración propia.

Aun así, el sistema de innovación existente en la provincia de Tucumán y las firmas involucradas en el PRI lograron crear y transferir conocimiento adaptado al sistema productivo local y desarrollar nuevas capacidades. Mediante convenios de cooperación y de asistencia técnica y apoyado por líneas de financiamiento nacionales e internacionales, el trabajo de estas entidades se centró en estudiar las

etapas de recolección y gestión de los residuos de la cosecha de caña de azúcar, su aprovechamiento energético mediante combustión directa y gasificación y la producción de biogás a partir de los residuos orgánicos húmedos de la industria local (pulpa de fruta, vinaza) y de sus lodos anaeróbicos, entre otros temas. Se registraron 18 convenios de asistencia técnica y cooperación entre las firmas locales y la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres en el periodo 2007-2015. En el marco del PRI aplicado en Tucumán, las entidades de ciencia y técnica de la región tuvieron un papel clave, aunque no exclusivo, en la difusión y adaptación de las tecnologías de generación de bioenergía a las condiciones locales y de estas industrias en particular.

Los programas de financiamiento a actividades de I+D y las actividades de cooperación y asistencia técnica entre centros de ciencia y técnica y el sector privado fueron claves en el proceso de adaptación y adopción de estas tecnologías. La política tecnológica favoreció la cogeneración de conocimiento y la adaptación de estas tecnologías a las condiciones geográficas y productivas de ciertas regiones. No obstante, debido a sus limitaciones presupuestarias, no impulsó el desarrollo e instalación de plantas demostrativas que transmitieran información cierta sobre la viabilidad técnica y económica de estas tecnologías al utilizar distintos sustratos, ni pudo traccionar procesos de coconstrucción de capacidades tecnológicas para consolidar una masa crítica de proveedores de servicios de ingeniería y de equipos para estos proyectos.

4.4. Una política de demanda de EFR intermitente

Con la reglamentación de la ley 26190 luego de tres años de su sanción, el Estado nacional licitó, a fines de 2009, contratos de abastecimiento de energía eléctrica por un total de 1.000 MW de potencia de EFR a través del programa GENREN. La primera licitación recibió 51 propuestas de 21 empresas por un total de 1.436,5 MW, de los cuales fueron adjudicados 32 proyectos con una potencia de 895 MW, si bien la bioenergía no formó parte de las tecnologías promovidas por este programa. Dos años después, con el fin de aumentar la generación de electricidad y cumplir el cupo de 8 % de EFR en la matriz eléctrica establecido por ley, el gobierno nacional adjudicó dos proyectos de generación de energía eléctrica con biogás de rellenos sanitarios e implementó dos concursos privados específicamente dirigidos a plantas de biomasa (Concurso privado EE 01/2011 y 03/2011) que adjudicaron ocho proyectos (CEARE, 2017) y formuló un nuevo mecanismo de contratación directa de EFR (Res. SE 108/2011). Si bien estas medidas mostraron que existían proyectos con condiciones tecnológicas y ambientales adecuadas para la generación de EFR en el país, así como capacidad técnica y emprendedora para su desarrollo, la debilidad de los marcos regulatorios, la inestabilidad económica y las restricciones financieras, entre otras cuestiones, condicionaron la instalación de los proyectos adjudicados.

En la actualidad, entre los proyectos de bioenergía seleccionados por estos programas se encuentran conectadas a la red dos plantas de biogás de rellenos sanitarios y dos plantas de biomasa (tabla IV). Además, otros dos proyectos de biomasa que firmaron contratos de abastecimiento en estos años se mantuvieron en ejecución y renegociaron sus contratos en el 2016: el proyecto Garrucho de Fuentes Renovables de Energía SA y el Ingenio La Florida de Compañía Eléctrica Los Balcanes (CEARE, 2017).

Tabla IV. Empresas con contratos de oferta de bioenergía adjudicados (2009-2014)

Empresa	Actividad	Tecnología	Potencia MW	Fecha comercial
Azucarera Juan M. Terán	Agropecuaria e industrial integrada	Combustión directa	16,2	07-2010
Agroindustria Tabacal	Agropecuaria e industrial integrada	Combustión directa	40,0	11-2011
Ecoayres Argentina*	Gestión de residuos urbanos	Biogás de relleno sanitario	5,1	05-2012
Bionersis Argentina*	Gestión de residuos urbanos	Biogás de relleno sanitario	11,5	10-2012
Fuentes Renovables de Energía	Generación de energía renovable	Combustión directa	36,0	06-2020
Cía. Azucarera Los Balcanes	Agropecuaria e industrial integrada	Combustión directa	45,0	08-2022

Fuente: Ministerio de Desarrollo Productivo (2020).

* Firmas con proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC, 2019).

A fines de 2015, el Estado Nacional modificó el Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica (ley 27191). Esta norma incorporó, por un lado, un cronograma de participación de la EFR en el consumo eléctrico que establece que todos los usuarios de energía eléctrica del país deberán, directa o indirectamente, contribuir con el aumento gradual de la participación de la energía eléctrica proveniente de fuentes renovables en el consumo propio, empezando por el 8 % a fines de 2017 hasta llegar al 20 % a fines de 2025. Aunque este cronograma representa un desafío para el país, otros países de la región y del mundo se han propuesto metas más exigentes de participación de la EFR en la matriz eléctrica. Por otro lado, la ley sumó tres instrumentos claves para promover la difusión de la EFR en el mercado eléctrico nacional: un fondo fiduciario público, destinado a brindar garantías y financiamiento a los proyectos; beneficios impositivos, aduaneros y regulatorios y la definición de un mercado a término de energía eléctrica de fuentes renovables entre privados.

En este marco regulatorio, el Estado nacional licitó la compra de energía eléctrica de fuentes renovables en el marco del programa RenovAr, en tres rondas realizadas en los años 2016, 2017 y 2019. Aunque la selección de los proyectos se realizó esencialmente atendiendo a su precio de oferta, el programa estableció cupos de adjudicación para cada tipo de tecnología de EFR, lo que derivó en una creciente diversificación tecnológica de la potencia adjudicada en relación con licitaciones previas. Si bien la potencia adjudicada por este programa corresponde en su mayoría a plantas de energía eólica y solar fotovoltaica, el 39 % de los proyectos adjudicados son plantas de bioenergía –biomasa y biogás– que ofertaron el 6 % de la potencia adjudicada.

La participación de estas tecnologías creció significativamente entre las rondas del año 2016 y el 2017, debido a la disminución de la potencia mínima requerida de 1 MW a 0,5 MW, la aplicación de incentivos de precio a los proyectos de menor escala y una mayor certidumbre respecto al funcionamiento del programa. Esto impulsó un aumento en el número de proyectos con niveles de potencia bajos, lo que facilitó la participación de empresas de menor tamaño y dedicadas a actividades agropecuarias y al desarrollo de proyectos o la provisión de servicios.

En la ronda 3 la potencia a adjudicar se distribuyó no solo por tecnología, sino también por región y provincia y se estableció un rango de potencia ofertada para cada central de generación de entre 0,5 y 10 MW. En conjunto, estas rondas asignaron contratos a 67 plantas de bioenergía independientes, de las cuales al menos 20 debían estar habilitadas hacia fines de 2019. Sin embargo, a esa fecha solo 13 plantas se encontraban conectadas a la red (tabla V).

A pesar de la inminente crisis que enfrenta el sector energético en el país desde comienzos de siglo, la política del Estado nacional se ha caracterizado por limitar la participación de las EFR en las políticas destinadas a ampliar la oferta de energía y profundizar la estructura de la matriz energética nacional, basada en el consumo de combustibles fósiles. Aun así, la ley 27191, promulgada a fines de 2015, brindó un marco regulatorio adecuado para estimular la demanda y la creación de nuevos mercados de EFR que dinamizaron las inversiones en el sector. El diseño de estas medidas logró reducir la incertidumbre en el mercado eléctrico en el corto plazo, impulsando la participación de un número creciente de proyectos en las licitaciones de contratos de energía eléctrica de fuentes renovables. Sin embargo, las restricciones financieras producidas por la inestabilidad económica nuevamente limitaron el desarrollo de estos proyectos y la efectividad de estas políticas, que estuvieron más orientadas a brindar oportunidades de inversión que a promover un uso eficiente de la biomasa y la energía generada. En otras palabras, al no contemplar en el diseño de las políticas cuestiones como el uso de biomasa residual o la cogeneración de energía, estas medidas dieron lugar a proyectos más de corte financiero que productivo.

Tabla V. Empresas con plantas de bioenergía en operación y contratos de oferta de EFR adjudicados (2016-2019)

Empresa	Actividad	Tecnología	Fecha de habilitación
Bioeléctrica	Generación de bioenergía	Biogás	22/7/2017 14/1/2020
Asociación de Cooperativas Argentinas	Agropecuaria e industrial integrada	Biogás	9/8/2017
Pindó*	Integrado sector agropecuario e industrial	Combustión directa	25/8/2017
Adecoagro	Integrado sector agropecuario e industrial	Biogás	3/11/2017
Prodeman	Integrado sector agropecuario e industrial	Combustión directa	29/5/2018
Industrias Juan F. Secco	Procesamiento industrial y servicios	Biogás de relleno sanitario	22/3/2019
Industrias Juan F. Secco	Procesamiento industrial y servicios	Biogás	16/3/2019
Cia. Inversora Industrial	Integrado sector agropecuario e industrial	Combustión directa	21/8/2019
Citrusvil*	Integrado sector agropecuario e industrial	Biogás	6/9/2019
Cleanergy Renovables	Generación de bioenergía y servicios empresariales	Biogás	11/12/2019
Seeds Energy	Generación de bioenergía	Biogás	21/12/2019
Emerald Resources	Generación de energía y servicios empresariales	Gasificación	22/1/2020

* Firmas con proyectos registrados en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (UNFCCC, 2019).

Fuente: elaboración propia.

Las políticas energéticas orientadas a la EFR han tenido un papel incierto en la difusión de las tecnologías asociadas a la bioenergía. Si bien las medidas de impulso a la demanda de EFR han estado sustentadas en un marco regulatorio que establece instrumentos de promoción y metas de consumo de EFR a nivel nacional, su implementación ha sido intermitente. Estos programas, en general, no motivaron la instalación de nuevas plantas de bioenergía, sino la incorporación de equipamiento para la generación de energía eléctrica para la red o la transferencia del consumo de energía eléctrica que realizaba la firma al mercado. Esta tendencia se mantuvo hasta la implementación de la ronda 2 del programa RenovAr, cuando comenzaron a surgir plantas de bioenergía sin vínculos previos con otras políticas públicas, incentivadas por la posibilidad de obtener beneficios de la venta de energía eléctrica en la red. La mayoría de las plantas de bioenergía priorizó la generación de electricidad, en detrimento de la cogeneración o del eslabonamiento con otras actividades productivas.

5. La interacción de las firmas con las políticas públicas

El contexto competitivo condiciona los incentivos asociados a las oportunidades de innovación que ofrece la bioenergía, pero su incidencia en las decisiones tecnológicas y de producción de las empresas está mediada por las estrategias y capacidades de las firmas, incluida su experiencia acumulada. De esta forma, las condiciones del entorno y, entre ellas, las políticas públicas no alcanzan de forma homogénea a todas las empresas, incluso si estas pertenecen a un mismo sector de actividad y región geográfica. En el marco de este estudio, las políticas analizadas han interactuado mayormente con firmas dedicadas al procesamiento industrial, integradas o no con el sector agropecuario (tabla VI), promoviendo la acumulación de experiencias y conocimientos en torno a la bioenergía y la gestión de biomasa.

Tabla VI. Cantidad de firmas vinculadas a políticas públicas (N=30)

Tipo de actividad	Tipo de política pública			
	Oferta energética	Demanda de EFR	Ambiental	Tecnológica
Agropecuaria e industrial integrada	9	8	7	9
Procesamiento industrial	2	2	3	0
Procesamiento industrial y servicios	1	1	0	0
Producción animal	1	2	0	0
Servicios y energía	0	2	0	1
Total	13	15	10	10

Fuente elaboración propia.

La interacción de las firmas que poseen plantas de bioenergía activas con los incentivos delineados por las políticas energéticas, ambientales y tecnológicas a lo largo del tiempo muestra tres grandes tendencias que incidieron, a su vez, en la intensidad de uso de la biomasa. En primer lugar, existen firmas que incorporaron tecnologías de combustión directa para la generación de bioenergía con el objetivo de aumentar la calidad o la cantidad de energía utilizada en su proceso productivo. La adopción de estas tecnologías estuvo motivada por la posibilidad de sustituir la compra de combustibles fósiles líquidos (relativamente más caros) o de evitar restricciones en la oferta de energía (cortes programados, baja tensión) en un contexto signado por la escasez de energía. Si bien la mayoría de estas plantas estuvieron inicialmente destinadas a la generación de energía térmica, con el tiempo, muchas de ellas incorporaron la generación de energía eléctrica para autoconsumo y, en algunos casos, para vender el excedente a la red. No existe evidencia de que estas firmas hayan interactuado con programas ambientales o energéticos que, directa o indirectamente, motivaran la adopción de estas tecnologías. Sin embargo,

se trata de empresas mayormente grandes, dedicadas al procesamiento industrial de productos agropecuarios y forestales y, por lo tanto, con una gran disponibilidad de biomasa residual (cáscara de cereales y legumbres, chips de madera, bagazo, entre otros) y un alto consumo de energía térmica.

En paralelo, a medida que la cuestión ambiental tomó mayor protagonismo en la agenda política y en la sociedad civil en general, algunas firmas adoptaron una estrategia tendiente a incrementar la eficiencia de sus procesos productivos, haciendo un uso más eficiente de los recursos naturales. Las regulaciones y políticas ambientales aceleraron esta tendencia, especialmente entre las empresas medianas, y las tecnologías para la generación de bioenergía ofrecieron tanto la posibilidad de mejorar el tratamiento de los residuos orgánicos como de disminuir el costo del consumo de energía térmica. Algunas de estas empresas se integraron posteriormente al mercado eléctrico, impulsadas por las políticas nacionales de demanda de EFR, dando un salto hacia la cogeneración para el Mercado Eléctrico Mayorista. Se trata, en general, de empresas medianas y grandes, cuya principal actividad es el procesamiento industrial integrado con la producción agropecuaria. En este sentido, si bien son firmas generadoras de biomasa residual y consumidoras de energía térmica, su escala de producción puede condicionar la viabilidad económica de utilizar estas tecnologías para la generación de energía.

Por último, se observan empresas que han instalado plantas de bioenergía –tanto sistemas de digestión anaeróbica como de combustión directa–, motivadas esencialmente por la posibilidad de suministrar energía eléctrica a la red en el marco de las políticas de demanda de EFR implementadas desde 2011. Si bien este grupo hoy lo integran empresas de distintos tamaños y sectores de actividad, se destaca la creciente participación de firmas locales pequeñas dedicadas a la producción agropecuaria, por un lado, y firmas locales y filiales de multinacionales cuya actividad principal es la generación de energía y la oferta de servicios de ingeniería, por otro lado. A diferencia de las tendencias descritas previamente, en este caso las empresas no son grandes consumidoras de energía y algunas, incluso, tampoco generan residuos orgánicos, por lo que la viabilidad de estos proyectos se asienta esencialmente en la posibilidad de vender energía eléctrica a la red a un precio diferencial.

Así, mientras el primer grupo de firmas se caracteriza por el uso de biomasa residual para la cogeneración de energía, solo un tercio de las empresas que integran el segundo grupo han pasado de la generación de energía térmica a la cogeneración. Entre las empresas del tercer grupo, la principal función de las plantas de bioenergía es la generación de energía eléctrica utilizando como sustrato biomasa residual propia o de terceros y cultivos energéticos (tabla VII).

Tabla VII. Porcentaje de firmas según tendencia y tipo de energía generada (N=30)

Tipo de energía	Tendencia			
	Primera	Segunda	Tercera	Total
Energía térmica	13	58	0	27
Energía eléctrica	0	8	80	30
Cogeneración	88	33	20	43
Total	100	100	100	100

Fuente elaboración propia.

De esta forma, los distintos incentivos de las políticas públicas moldearon el proceso de difusión de estas tecnologías, incidiendo en el lugar que ocupan estos proyectos en la estrategia de las firmas y, por lo tanto, en el destino final de la energía. Por un lado, las restricciones en la oferta energética impulsaron la adaptación a este contexto de ciertas empresas, aprovechando la ventaja de contar con grandes volúmenes de biomasa residual. Por el otro, las políticas ambientales promovieron la *búsqueda* de tecnologías innovadoras para el tratamiento de la biomasa residual y su transformación, al menos parcial, en una oportunidad para reducir los costos energéticos. Sin embargo, ha sido la política nacional de demanda de EFR la que ha impactado con más fuerza en la decisión de estas empresas de generar energía eléctrica y la que ha acelerado el crecimiento del sector disminuyendo las barreras de entrada en esta industria, al menos, temporalmente.

No obstante, el desacople entre la política nacional de EFR y las políticas ambientales de alcance provincial promovió el surgimiento de modelos de negocio centrados en maximizar la venta de energía eléctrica a la red, condicionando la ubicación de la planta, el tipo de sustrato (cultivos energéticos o biomasa residual) y la intensidad en el uso de la energía que producen estas plantas. Estas decisiones inciden, a su vez, en la densidad de relaciones que las firmas, a través de la compra de biomasa y la venta de energía, mantienen con el entorno productivo inmediato. Además, el diseño de una política energética ajena a los beneficios y desafíos ambientales de este sector, en general, plantea interrogantes en torno a su sostenibilidad económica, ambiental y social. La incorporación de incentivos que promuevan el uso de biomasa residual como sustrato mejoraría el desempeño ambiental de esta y otras industrias, disminuiría la competencia en el uso de la tierra con cultivos destinados a la alimentación y desacoplaría el costo variable de la energía eléctrica de los vaivenes de los precios internacionales.

6. Reflexiones finales

Este trabajo se propone comprender la incidencia del Estado en la difusión de tecnologías modernas para la generación de bioenergía con fines eléctricos o térmicos en el sector productivo en Argentina en el periodo 2000-2019. Para esto, el trabajo analiza la interacción de las firmas con las políticas nacionales y provinciales que han condicionado la adopción de estas tecnologías y profundiza en el impacto que han tenido estas políticas en la configuración de las plantas de bioenergía de 30 empresas seleccionadas. El estudio se centra en un segmento de la industria de la bioenergía que, por la escala de sus plantas y la trayectoria de las firmas propietarias, podría contribuir a impulsar procesos de diversificación productiva y aprendizaje tecnológico en el país. Se trata de firmas productoras y procesadoras de RNR y proveedoras de servicios de ingeniería que producen bioenergía a partir de sistemas de digestión anaeróbica o de combustión directa mediante calderas de alto rendimiento.

El análisis muestra que, en Argentina, la adopción de tecnologías para la generación de bioenergía entre las firmas dedicadas al procesamiento industrial de RNR ha estado más motivada por la búsqueda de respuestas a los desafíos del entorno que por sus oportunidades. La combinación de restricciones en la oferta de energía junto a una amplia disponibilidad de biomasa, en el marco de una creciente demanda—social y legal— por mejorar la gestión de los residuos, incidieron en la decisión de estas empresas de incorporar sistemas para la generación de bioenergía. La política de demanda de EFR por parte del Estado nacional promovió la transición de algunas de estas empresas hacia la generación de energía eléctrica, pero también impulsó una mayor financiarización de los nuevos proyectos y su destino exclusivo a la generación de electricidad. La intermitencia de esta política y su desacople de los aspectos ambientales y productivos que definen la configuración de estos proyectos y su viabilidad económica se reflejaron en la implementación de estrategias empresariales reactivas y fragmentadas. En otras palabras, el tipo de tecnología adoptada por las empresas—su escala, su eficiencia y sus productos—respondió más a los incentivos de corto plazo de las diversas políticas públicas que a la posibilidad de obtener beneficios a partir de modelos de negocio centrados en la valorización integral de la biomasa.

Por otra parte, la política de demanda de EFR dinamizó, a partir de 2016, la inversión privada en el sector y el interés de la industria de la bioenergía por desarrollar relaciones comerciales con proveedores nacionales de maquinarias y equipos, pero nuevamente la inestabilidad de esta política—y la de la economía, en general—pusieron en jaque estos procesos. La política tecnológica había favorecido el desarrollo de capacidades productivas y tecnológicas en torno a la bioenergía en el marco de procesos colaborativos entre el sector público y privado. No obstante, su alcance no fue suficiente para modificar la calidad de los factores productivos y reforzar la

idea de que existe en el país un sector de servicios de ingeniería que, aunque incipiente, posee conocimientos suficientes para el diseño, desarrollo y operación de estos proyectos.

La experiencia internacional muestra que el Estado, en sus distintos niveles, es un actor central en el proceso de transición energética por su capacidad de modificar las condiciones institucionales y económicas que inciden en la difusión de tecnologías disruptivas y la creación de nuevos mercados asociados a la EFR. Los resultados de este estudio abonan esta afirmación, pero muestran cómo la falta de definiciones respecto a la dirección de la bioenergía y la ausencia de una política integral para el sector, en un contexto signado por restricciones en la oferta de energía, derivó en procesos parciales y fragmentados de difusión de estas tecnologías. En este marco, solo algunas empresas grandes, en general, pudieron superar las barreras de entrada en esta industria incipiente, apoyadas en sus capacidades tecnológicas y de acceso a financiamiento.

La bioenergía es una industria basada en el uso de recursos naturales que demanda servicios más o menos intensivos en conocimiento, muchos de ellos específicos de cada RNR y entorno, y ofrece una variedad de subproductos que pueden ser la base para la diversificación productiva de múltiples empresas. En este sentido, la bioenergía podría impulsar la conformación de espacios de aprendizaje tecnológico basados en competencias locales que estimulen la innovación, la competitividad y la creación de mayor valor agregado. Sin embargo, la difusión de estas tecnologías requiere, por un lado, delinear incentivos que promuevan la adopción paulatina y escalonada de sistemas de valorización integral de la biomasa, en los que la venta de energía eléctrica para la red sea el último eslabón del proceso. Por otro lado, estimular la interacción entre las firmas que producen bioenergía, las empresas proveedoras de equipamiento y servicios locales y los organismos de CyT del país. En otras palabras, las políticas públicas en torno a estas tecnologías no deberían fundamentarse en la necesidad de dar respuesta a problemas segmentados, sino en la posibilidad de brindar soluciones integrales que sirvan de base para mejorar la gestión ambiental y la eficiencia productiva de las firmas y, al mismo tiempo, la infraestructura energética de sus entornos.

Referencias bibliográficas

- AGD- ACEITERA GENERAL DEHEZA (2016). Monitoring report form. Project title: *Bio energy in General Deheza –Electricity generation based on peanut hull and sunflower husk*. <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1171603357.56/view>
- ANDERSEN, A. D; MARÍN, A. y SIMENSEN, E. (2018). Innovation in natural resource-based industries: A pathway to development? Introduction to special issue. *Innovation and Development*, 8(1), 1–27.

- BARLETTA, F. & YOGUEL, G. (2017). ¿De qué hablamos cuando hablamos de cambio estructural? En M. Abeles, M. Cimoli y P. Lavarello (eds.), *Manufactura y cambio estructural. Aportes para pensar la política industrial en la Argentina* (pp. 27-54). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- BARRERA, M. y SERRANI, E. (2018). Energía y restricción externa en la Argentina reciente. *Realidad Económica*, 12(315), 9-45.
- BELMONTE, S. y FRANCO, J. (2017). *Experiencias de energías renovables en Argentina: una mirada desde el territorio*. Salta: Universidad Nacional de Salta.
- CAMMESA (2020). *Informe anual 2019*. <https://portalweb.cammesa.com/MEMNet1/Documentos%20compartidos/Informe%20Anual%202019%20v%20larga%20o6Jun.pdf>
- CAMMESA (2019). *Informe Mensual. Diciembre, 2018*. <http://portalweb.cammesa.com/memnet1/Pages/descargas.aspx>
- CEARE (2017). *Servicios para el relevamiento y fortalecimiento del marco normativo de la producción y aprovechamiento de la biomasa destinada a generación de energía. Proyecto PROBIOMASA*. https://www.ceare.org/investigaciones/inv2017_1.pdf
- DINI, M.; ROVIRA, S. y STUMPO, G. (2014). Una introducción a las políticas de innovación para las pymes. En M. Dini, S. Rovira y G. Stumpo (comp.), *Una promesa y un suspirar. Políticas de innovación para pymes en América Latina* (pp. 9-22). Santiago: Naciones Unidas.
- FAO (1996). *Memoria - Reunión regional sobre generación de electricidad a partir de biomasa*. Dirección de productos forestales, Roma, Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Montevideo, Uruguay, 23 al 27 de octubre, 1995. Serie Forestal N° 7, Santiago de Chile.
- FURLAN, A. (2015). El uso de los hidrocarburos en la generación de energía eléctrica en la Argentina reciente. *Contribuciones Científicas GAEA*, 27, pp. 79-91.
- GRASSI, L. (2016). *Análisis del Marco Institucional para la Bioenergía en Argentina*. Buenos Aires: 2nd RCN Conference on PanAmerican Biofuels y Bioenergy Sustainability.
- IRENA (2016). *Análisis del mercado de energías renovables: América Latina*. Abu Dabi: IRENA.
- LAVARELLO, P. (2017a). ¿De qué hablamos cuando hablamos de política industrial? En M. Abeles, M. Cimoli y P. Lavarello (eds.), *Manufactura y cambio estructural. Aportes para pensar la política industrial en la Argentina* (pp. 55-110). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- LAVARELLO, P. (2017b). El (incompleto y breve) regreso de la política industrial: el caso de Argentina 2003-2015. *Problemas del Desarrollo*, 48(190), 109-135.
- LEDESMA (2011). *Installation of a high-pressure/high-efficiency bagasse boiler to cogenerate heat and power, Clean Development Mechanism Project Design Document Form (CDM-PDD)*. <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/ICONTEC1317237557.86/view>

- MANFREY (2020). *Reporte de Sustentabilidad 2019*. Manfrey Cooperativa de Tamberos de Comercialización e Industrialización Limitada. <https://www.manfrey.com.ar/wp-content/uploads/2020/12/manfrey-2020-completo-OK-web.pdf>
- MAZZUCATO, M. (2013). *The Entrepreneurial State. Debunking Public vs. Private Sector Myths*. Londres: Anthem Press.
- MAZZUCATO, M. (2015a). *Building the Entrepreneurial State: A New Framework for Envisioning and Evaluating a Mission-oriented Public Sector*. Working Paper N° 824, Levy Economics Institute.
- MAZZUCATO, M. (2015b). The Green Entrepreneurial State. En I. Scoones, P. Leach y M. Newell (eds.), *The politics of Green Transformations*. Londres: Routledge.
- MAZZUCATO, M. (2016). From market fixing to market-creating: a new framework for innovation policy. *Industry and Innovation*, 23(2), 140–156.
- MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO (2015). *Informe de Gestión 2011-2015*. San Miguel de Tucumán: Ministerio de Desarrollo Productivo, Gobierno de Tucumán, 2015, <http://producciontucuman.gob.ar/informes/2011-2015/>
- MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO (2020). *Plantas de energía renovable en operación comercial*. www.argentina.gob.ar/energia/energia-electrica/renovables/plantas-de-energia-renovable
- MOWERY, D.C.; NELSON, R.R. y MARTIN, B.R. (2010). Technology policy and global warming: Why new policy models are needed (or why putting new wine in old bottles won't work). *Research Policy*, 39(8), 1011–1023.
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1982). *An evolutionary theory of economic change*. The Belknap Press of Harvard University Press, vol. 93.
- PÉREZ, C.; MARÍN, A. y NAVAS-ALEMAN, L. (2014). The possible dynamic role of natural resource-based networks in Latin American development strategies. *National Innovation Systems, Social Inclusion and Development*, 380–412.
- PROBIOMASA (2018). *Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa. Proyectos presentados* (página web). http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/formulario_ver.php#
- RECALDE, M., BOUILLE, D. y GIRARDIN, L. (2015). Limitaciones para el desarrollo de energías renovables en Argentina. *Problemas del Desarrollo*, 46(183), 89–115.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE (2008). Resolución 1139/2008. Programas de Reconversión Industrial. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=143971>
- SECRETARÍA DE ENERGÍA (2006). Resolución 1281/2006. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/115000-119999/119455/norma.htm>
- SECRETARÍA DE ENERGÍA (2011). Resolución 108/2011. <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/180000-184999/181099/norma.htm>
- SAME- Secretaría de Estado de Medio Ambiente (2012). *Memoria Anual. Informe*

de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de Tucumán. <https://es.scribd.com/document/393983051/SEMA-MEMORIA-2012-secretaria-medio-ambiente-pdf>
UNFCCC (2019). *Project Search*. <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>