

Transición energética y oportunidades de desarrollo tecnológico local. El caso de la energía eólica en la Cuenca del Golfo San Jorge

Energy Transition and Opportunities for Local Technological Development. The Case of Wind Energy in the San Jorge Gulf Basin

Lilia Stubrinⁱ
Ignacio Cretiniⁱⁱ

Resumen: En el marco de la transición energética global, el artículo explora en qué medida la expansión del sector de energía eólica en la Argentina en la última década promovió oportunidades de innovación y desarrollo de capacidades tecno-productivas que han podido ser aprovechadas por empresas domésticas. El análisis se centra en la región argentina de la Cuenca del Golfo San Jorge, uno de los epicentros del crecimiento de la industria eólica en el país. En base a un abordaje cualitativo y un trabajo de campo realizado en la región, el artículo contribuye a entender mejor cuáles son las oportunidades y los desafíos para el ingreso de empresas locales a distintos segmentos de la cadena de valor de la energía eólica. Los resultados aportan evidencia empírica novedosa a la literatura sobre innovación y recursos naturales, así como proveen insumos para el diseño de políticas tecnológicas y productivas en este sector.

Palabras clave: Energía eólica; Industria; Innovación.

Abstract: In the context of the global energy transition, this article explores the extent to which the expansion of the wind energy sector in Argentina in the last decade promoted opportunities for innovation and the development of techno-productive capabilities that were taken by domestic companies. The analysis focuses on the Argentinean region of the San Jorge Gulf Basin, one of the epicenters of the growth of the wind industry in the country. Based on a qualitative approach and a field work study carried out in the region, the article contributes to a better understanding of the opportunities and challenges for the entry of local companies to different segments of the wind energy value chain. Results provide new empirical evidence to enrich the literature on innovation and natural resources, as well as provide inputs for the design of technological and productive policies in this sector.

Keywords: Wind energy; Industry; Innovation.

Recibido: 2 de septiembre de 2021

Aprobado: 28 de julio de 2022

ⁱ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Centro de Investigaciones para la Transformación, Escuela de Economía y Negocios, Universidad de San Martín. ORCID 0000-0003-2661-1873. lstubrin@unsam.edu.ar

ⁱⁱ Universidad Nacional de Tierra del Fuego. Centro de Estudios Económicos del Desarrollo de la Escuela Interdisciplinaria de Altos Estudios Sociales, Universidad de San Martín. ORCID 0000-0002-8754-4136. iocretini@untdf.edu.ar

El artículo se basa en una investigación llevada a cabo en el marco del proyecto “Potencial de diversificación productiva en la Cuenca del Golfo San Jorge. Bases para una estrategia de desarrollo e innovación regional en la Cuenca del Golfo San Jorge” financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo en 2019.

Introducción

En Argentina el desarrollo de las energías renovables ha estado cada vez más presente en la agenda pública, impulsado tanto por preocupaciones medioambientales como por la necesidad de satisfacer la demanda energética doméstica (Fabrizio, 2016; Recalde, 2017). El sector de energía eólica en particular ha crecido notoriamente en la última década en el país basado en, por un lado, condiciones naturales propicias y, por otro, cambios en el marco regulatorio y las políticas hacia el sector. En el período 2011-2020 la energía generada a partir de fuentes eólicas se expandió a una tasa anual promedio de casi cuatro veces el total de las energías renovables (103% versus 27,8%) contribuyendo hacia el año 2020 con el 74% del total de energía eléctrica generada a partir de este tipo de fuentes en el país y representando el 7,4% de la energía total demandada.¹

En este artículo exploramos en qué medida el crecimiento del sector eólico en la Argentina en los últimos años ha promovido oportunidades de innovación y desarrollo de capacidades tecno-productivas que han podido ser aprovechadas por empresas domésticas. Esta investigación de tipo exploratoria se enmarca en la literatura de recursos naturales e innovación, la cual se ha centrado en entender cómo a partir de la posesión de este tipo de recursos se pueden generar encadenamientos que abran oportunidades para el surgimiento de empresas locales innovadoras y para la diversificación productiva hacia actividades de conocimiento (Andersen et al., 2015, 2018; Crespi et al., 2018; Marín et al., 2015).

El artículo se focaliza en la región de la Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ), epicentro de la expansión de la energía eólica en la Argentina en los últimos años. Entre 2011 y 2019, en la región se desarrollaron 13 proyectos de Parques Eólicos (PE), 7 de los cuales se concretaron y comenzaron a comercializar energía eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Estos últimos, con una capacidad instalada de 281,8 MW han llegado a suministrar cerca de un cuarto del total de energía eólica destinada al mercado eléctrico en Argentina.² Cabe destacar que la región de la CGSJ cuenta con condiciones climáticas únicas para la producción de este tipo de energía poseyendo uno de los canales de viento continuos más importantes del mundo.³ Los PE en la región alcanzan niveles de producción muy superiores a otras regiones de la Argentina e incluso de regiones europeas líderes en energía eólica.⁴

El artículo se basa en una investigación de tipo cualitativa y evidencia empírica novedosa obtenida a partir de un trabajo de campo en la región de la CGSJ en el año 2019. Ésta consistió en entrevistas semi-estructuradas a distintos actores vinculados a la industria de la energía eólica: empresas propietarias de PE, proveedoras de bienes y servicios a los PE, empresas productoras de aerogeneradores y organismos de ciencia y tecnología localizados en la región. Los datos relevados nos han permitido comprender la conformación de la cadena de valor del sector de energía eólica, la dinámica productiva y tecnológica de las actividades que la componen, la participación de empresas domésticas en estas actividades y las oportu-

¹ Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) (s/f).

² CAMMESA (s/f).

³ Los vientos en la región de la CGSJ superan los 7,5 m/s conformando el 13% de los lugares conocidos con mayor potencial de viento del mundo (Archer y Jacobson, 2005).

⁴ El factor de utilización de los PE en la CGSJ es de 45%, para otras regiones de Argentina es de 30% y en promedio para países europeos 25%. CGSJ.

nidades y desafíos para generar capacidades tecno-productivas endógenas asociadas a esta industria.

El análisis se estructura en base a dos cadenas de valor asociadas a la producción de energía eólica: la cadena de desarrollo y puesta a punto de los PE y la cadena manufacturera. La primera contempla todas las actividades que se suceden desde la identificación del sitio para la instalación del PE hasta la entrega de energía a la red eléctrica, mientras que la segunda está vinculada a las actividades que involucran la producción de aerogeneradores. Para cada cadena identificamos los principales actores que participaron de la producción de energía eólica en la CGSJ y sus dinámicas productivas, tecnológicas y de mercado. Nos focalizamos en particular en el caso de la firma doméstica NRG Patagonia, única firma doméstica que participa en las dos cadenas de valor estudiadas proveyendo bienes diferenciados innovadores y servicios de conocimiento. La estudiamos en profundidad para entender cómo ha aprovechado las oportunidades de innovación en este sector, y qué barreras tiene para su expansión.

Los resultados aportan nueva evidencia sobre un fenómeno reciente y poco estudiado a nivel regional, permitiendo entender mejor qué oportunidades de desarrollo de capacidades endógenas existen a partir del proceso de transición energética. Estos resultados contribuyen además a comprender mejor las posibilidades que tienen países como Argentina, con una alta dotación de recursos naturales y capacidades productivas, empresariales y tecnológicas domésticas, para transitar un proceso de diversificación hacia actividades de conocimiento asociadas a ese tipo de recursos. Los resultados contribuyen tanto a la literatura sobre capacidades tecnológicas (Bell y Pavitt, 1993, 1995; Katz, 2006; Lee y Lim, 2001) e innovación y recursos naturales (Andersen et al., 2015, 2018; Crespi et al., 2018; Marín et al., 2015), como también a generar evidencia útil para el diseño de políticas tecno-productivas a este sector. Asimismo, los resultados aportan evidencia empírica novedosa sobre una región poco explorada en la literatura sobre el desarrollo del sector de energía eólica en Argentina (Aggio et al., 2018; Clementi et al., 2021; Nicolini et al., 2020).

El artículo se organiza de la siguiente manera. En la segunda sección se presentan las principales transformaciones de mercado y tecnológicas que han acontecido en el sector de energía eólica a nivel mundial en las últimas décadas, y las oportunidades que han emergido para el desarrollo de cadenas de valor domésticas en países con recursos eólicos. En la tercera sección se detallan los datos y la metodología utilizada en el estudio. En la cuarta sección se presenta el caso de la energía eólica en la CGSJ. Esta sección se divide en dos subsecciones. En la primera se analizan las actividades de las cadenas de valor de la actividad eólica y en qué medida y cómo participan firmas domésticas en la CGSJ; en la segunda se estudia en profundidad el caso de la firma NRG Patagonia a fin de entender cómo pueden ser aprovechadas por empresas domésticas las oportunidades de innovación en actividades más intensivas en conocimiento en este sector y cuáles son los desafíos más relevantes. Finalmente, en la última sección, se presentan las principales conclusiones e implicancias de política que se derivan del análisis.

El sector de energía eólica: principales transformaciones y oportunidades para el desarrollo de empresas innovadoras

Hasta muy recientemente ha primado una visión negativa respecto al potencial de las actividades basadas en recursos naturales para contribuir a procesos de desarrollo sustentada en el deterioro de los términos de intercambio, las altas tasas de fluctuación de los precios de los productos basados en estos recursos y la llamada “enfermedad holandesa” (Auty 1997, 2002; Gelb, 1988; Gylfason et al., 1999; Nankani, 1980; Prebisch, 1962; Sachs y Warner, 1995, 1997; Singer, 1950; Wheeler, 1984). Sin embargo, en las últimas décadas esta visión prevaleciente ha sido puesta en cuestionamiento a partir de la emergencia de estudios empíricos basados en datos agregados a nivel de los países que encuentran evidencia contraria (por ejemplo, Arezki y van der Ploeg, 2007; Cuddington 1992; Fardmanesh, 1991; Lederman y Maloney, 2008) y estudios históricos basados en países desarrollados ricos en recursos naturales que señalan que no es la abundancia relativa de este tipo de recursos sino el marco institucional lo que determina las oportunidades de desarrollo (por ejemplo, David y Wright, 1997; Ville y Wicken, 2013).

Una literatura más reciente basada en estudios sectoriales en países en desarrollo con importantes dotaciones de recursos naturales ha encontrado evidencia que cuestiona la idea también prevaleciente de que los sectores de recursos naturales funcionan mayormente como enclaves y no promueven la producción de bienes diferenciados y de alto valor (Andersen et al., 2015; Figueiredo y Piana, 2016; Iizuka y Katz, 2011; Marín y Stubrin, 2017; Morris et al., 2012; Ovadia, 2014; Stubrin 2017; Ville y Wicken, 2013). Esta literatura señala cómo empresas domésticas en estos países ingresan como proveedores a las cadenas de valor globales ofreciendo bienes y servicios innovadores en diferentes sectores de recursos naturales. Las oportunidades de innovación y diferenciación están mayormente asociadas al desarrollo de insumos adaptados a las especificidades de localización (Andersen, 2012; Iizuka y Katz, 2015; Kaplan, 2012; Marín y Stubrin, 2017; Morris et al., 2012; Ramos, 1998; Stubrin, 2017) y a la creación de soluciones innovadoras en respuesta a nuevas demandas (es decir, tecnologías más limpias), cambios regulatorios, de mercado o tecnológicos (Andersen et al., 2015; Marín et al., 2015; Pérez, 2010). En este artículo exploramos en qué medida estas oportunidades de innovación que la literatura ha identificado para otras actividades de recursos naturales en países en desarrollo, se verifican también en el caso de la energía eólica en un país rico en el recurso eólico como la Argentina.

El sector de energía eólica a nivel mundial y las oportunidades de innovación local

El sector de energía eólica a nivel mundial ha experimentado en las últimas dos décadas un conjunto de transformaciones de mercado y de organización industrial de gran relevancia (Bergek y Jacobsson, 2003; Jacobsson y Johnson, 2000; Neij y Andersen, 2012). En primer lugar, la producción de este tipo de energía tuvo un fuerte impulso en el período 2001-2019 creciendo de 24 GW a 651 GW, alcanzando una tasa de crecimiento anual promedio de 19%. Este crecimiento posicionó a la energía eólica como la segunda fuente de energía renovable más dinámica en el período, sólo por detrás de la solar fotovoltaica (REN21, 2021),⁵ como se

⁵ Su participación en la oferta total de fuentes de generación de energía eléctrica creció del 0,2% al 4,4% en el período 2000-2017.

ve en el Gráfico 1. En segundo lugar, China se convirtió en el principal mercado de energía eólica del mundo, con el 37% de la capacidad instalada global *Onshore*, seguido por Estados Unidos con una participación de 17% (Global Wind Energy Council –GWEC–, 2020). En tercer lugar, se produjo un cambio en la hegemonía tecnológica y productiva del sector eólico históricamente liderado por países europeos (Dinamarca, Noruega, España) y Estados Unidos. Luego de una década de desarrollo del sector eólico chino, en la década de los 2000, cuatro empresas de aerogeneradores de origen chino se posicionaron entre los diez mayores fabricantes del mundo desplazando a líderes históricos europeos del sector (Hansen y Lema, 2019), como se observa en el Cuadro 1. Este cambio en el liderazgo productivo y tecnológico mundial se produjo acompañado de la internacionalización y deslocalización de la producción de los fabricantes europeos y norteamericanos hacia nuevos mercados, fundamentalmente, China, India y Brasil (Hansen et al., 2019; Lacal-Arantegui, 2019). La deslocalización de funciones y actividades se produjo gradualmente, desde actividades de escaso dinamismo tecnológico hacia actividades cada vez más complejas dando la oportunidad para el desarrollo de capacidades, diversificación e innovación en países que comenzaron tardíamente a explorar sus recursos eólicos (Binz y Truffer, 2017; Noailly y Ryfisch, 2015).

Gráfico 1: Evolución de la capacidad instalada anual y total, 2001-2019 (en GW)



Fuente: Elaboración propia en base al GWEC (2020).

Cuadro 1: Evolución del ranking de las principales empresas mundiales de aerogeneradores

1998			2011		
Empresa	País de origen	Participación de Mercado	Empresa	País de origen	Participación de Mercado
NEG Micon	Dinamarca	24,1	Vestas	Dinamarca	12,7
Enron Wind	Estados Unidos	16,8	Sinovel	China	9,0
Vestas	Dinamarca	15,3	Goldwind	China	8,7
Enercon	Alemania	13,2	Gamesa	España	8,0
Gamesa	España	6,8	Enercon	Alemania	7,8
Bonus	Dinamarca	5,9	GE Energy	Estados Unidos	7,7
Nordex	Alemania	5,2	Suzlon*	India	7,6
Made	España	4,2	United Power	China	7,4
Ecotecnia	España	1,9	Siemens	Alemania	6,3
Mitsubishi	Japón	1,5	Míngyang	China	3,6
Otros		5,5	Otros		17,5

Fuente: Elaboración propia en base a Campos Silva y Klagge (2013).

*Incluye Repower de Alemania.

Nota: La participación de Mercado se mide como la participación relativa en la nueva capacidad instalada para 1998 y 2011.

Un ejemplo representativo de los cambios en el sector puede encontrarse en el caso de la empresa danesa Vestas, el mayor fabricante de aerogeneradores del mundo. Ésta fue la primera compañía en ingresar al mercado chino a mediados de los años 1980 y, dos décadas después, era una de las empresas con mayor cantidad de aerogeneradores instalados en ese país. En paralelo al crecimiento en el mercado chino, Vestas fue creando una densa red de proveedores locales hasta desarrollar el mayor complejo productivo integrado de energía eólica fuera de Dinamarca, con capacidad para abastecer tanto al mercado local como internacional (Awate et al., 2015; Perrot y Phillipov, 2011). La literatura ha señalado que, para los principales fabricantes de aerogeneradores chinos, la vinculación temprana con fuentes extranjeras de aprendizaje fueron centrales para obtener mejoras de competitividad y para desarrollar capacidades de innovación endógenas (Hansen y Lema, 2019; Liu, 2019; Tan y Mathews, 2015).

Procesos similares en cuanto al surgimiento de capacidades productivas y tecnológicas locales asociadas al sector de energía eólica se han documentado también en otros países con sectores eólicos relativamente desarrollados y maduros como Brasil e India (Golaita et al., 2009; Hayashi, 2018). Una pregunta central, asociada a las perspectivas de que el sector de energía eólica siga expandiéndose en nuevos países en el contexto de transición energética, es qué oportunidades existen en la situación de mercado y tecnológica actual para el surgimiento y desarrollo de proveedores domésticos en actividades intensivas en conocimiento, en países en desarrollo con un sector eólico incipiente, y cómo pueden ser aprovechadas. En

este artículo nos focalizamos en el abordaje de esta pregunta para el caso de la Argentina, país con un gran potencial del recurso viento y una industria eólica aún incipiente.

Metodología y datos

El análisis se focaliza en la CGSJ, una región conformada por una superficie de 70.022 km² que atraviesa los territorios de las provincias argentinas patagónicas de Chubut y Santa Cruz. La CGSJ es rica en recursos naturales, con una larga tradición en la producción de hidrocarburos⁶ y con características excepcionales para la producción de energía eólica, poseyendo uno de los mayores canales de viento continuo del mundo. Desde la década de 1990, la capacidad eólica de la región ha sido aprovechada para la producción de este tipo de energía con la radicación de los primeros PE de Argentina.⁷ Sin embargo, a partir de los cambios en el marco regulatorio del sector que se dieron en 2006 (ver recuadro I, sección Resultados), se produjo un impulso a la producción de nuevos PE que, a diferencia de los construidos bajo el marco normativo anterior de baja escala y centrados en abastecer la demanda de energía local, fueron parte de una política nacional que buscaba robustecer la capacidad energética limpia a nivel país.

En este artículo, a partir de un abordaje metodológico cualitativo, se aporta nueva evidencia empírica que permite contribuir a entender mejor las oportunidades y desafíos para la construcción de capacidades productivas y tecnológicas locales que se produjeron en asociación a la radicación de PE en la CGSJ en el periodo desde la entrada en vigencia de la Ley 26.190 en 2006 hasta el año 2019. Para tal fin se analizan las actividades y los actores que participaron de dos cadenas de valor relacionadas a la producción de energía eólica: i) la cadena de desarrollo y puesta a punto de los PE y ii) la cadena manufacturera. La primera contempla todas las actividades que se suceden desde la identificación del sitio para la instalación del PE hasta la entrega de energía a la red eléctrica. Estas actividades son la identificación y selección de zonas apropiadas para instalar PE (o *macro-siting*), el diseño de los PE (o *micro-siting*), la construcción del PE, la instalación de los aerogeneradores, la conexión a la red de energía eléctrica y la venta de energía. La segunda cadena de valor está conformada por las actividades que involucran la producción de aerogeneradores. Es decir, la producción de las partes del mismo y su ensamblaje.

El análisis se basa en la recopilación y análisis de documentos y estadísticas existentes sobre la producción y desarrollo de energía eólica en la CGSJ y en un trabajo de campo realizado en el año 2019. Este último consistió en una primera instancia de entrevistas semi-estructuradas a empresas propietarias de PE e instituciones de ciencia y tecnología de la región (ver Cuadro 2) con el fin de entender la estructura y actividades de las cadenas de valor eólicas asociadas a la producción de energía eólica en la región y la participación en las mismas de firmas nacionales y extranjeras y del sistema de ciencia y tecnología local. Estas entrevistas fueron claves además para poder identificar las firmas de capital nacional que participaron en distintas etapas de las cadenas de valor analizadas. A partir de fuentes secundarias (artículo-

⁶ La CGSJ es el principal núcleo hidrocarbúfero de Argentina, acumulando el 47% de la producción total de petróleo del país en la década 2009-2019 (Secretaría de Energía de la Nación, s/f).

⁷ En 1994 se creó en esta zona el primer PE comercial de la Argentina, PE “Antonio Morán” de la Sociedad Cooperativa Popular de Comodoro Rivadavia, el que con 24 aerogeneradores en servicio llegó a ser uno de los más grandes de Sudamérica (Secretaría de Energía Argentina y Fundación Bariloche, 2009).

los académicos, notas periodísticas, páginas web de Cámaras Empresarias e informes sectoriales, entre otros) y la realización de entrevistas semi-estructuradas a una selección de estas empresas (ver Cuadro 2) se profundizó sobre el tipo de capacidades tecnológicas y productivas locales que se han podido desarrollar en relación a la expansión de los PE en la región. La selección de las firmas proveedoras a entrevistar en profundidad se basó en dos criterios: i) que sean empresas de capital nacional radicadas en la CGSJ, y ii) contar con al menos un caso de análisis para cada una de las actividades de las cadenas de valor analizadas donde participan firmas domésticas.

Asimismo, entre los casos de proveedores locales identificados se seleccionó a la firma NRG Patagonia para realizar un caso de estudio en profundidad: un caso excepcional de una firma localizada en la región de la CGSJ que participa de actividades conocimiento-intensivas tanto de la cadena de valor de “desarrollo y puesta a punto de los PE” como de la “cadena de valor manufacturera”. Se realizaron tres entrevistas semi-estructuradas con esta firma, con el fin de echar luz sobre cómo se pueden construir capacidades tecno-productivas domésticas en segmentos de mayor valor en el mercado de la energía eólica y qué tipos de desafíos se enfrentan.

Cuadro 2: Entrevistas realizadas

Tipos de actor	Nombre
Empresas propietarias de PE	Yacimientos Petrolíferos Fiscales S.A. (YPF); Pan American Energy (PAE); CAPSA
Instituciones de ciencia y tecnología	Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB); Centro de Investigaciones y Transferencia (CIT) Golfo San Jorge (CONICET/UNPSJB)
Empresas de capital nacional proveedoras de productos y servicios a los PE	NRG Patagonia – ENAT; INCRO S.A.; Innovisión Group; ENAT S.A.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Actividades, empresas y capacidades

En el período 2011-2019 la generación de energía eólica en la CGSJ tomó un gran impulso con el desarrollo de 13 proyectos de PE, de los cuales siete despachaban energía al sistema eléctrico mayorista al final del período (ver Cuadro 3). Este crecimiento puede explicarse tanto por condiciones naturales propicias para el desarrollo del sector como por la introducción de un nuevo marco regulatorio desde 2016. Este último fue un importante catalizador del ingreso de empresas de hidrocarburos localizadas en la región en el mercado eólico a partir del establecimiento de la obligatoriedad a los grandes usuarios de energía eléctrica de que al menos 20% de su consumo energético total provenga de fuentes renovables hacia el año 2025. Dos años después de la promulgación del nuevo marco regulatorio, cinco nuevos proyectos eólicos fueron puestos en funcionamiento por parte de empresas hidrocarburíferas localizadas en la CGSJ (Garayalde, Bicentenario, Bicentenario II, Diadema II y Manantiales

Behr).⁸ Éstos aportan más del 60% de la capacidad instalada total de la región y explican en gran parte el incremento de la participación de la CGSJ en la generación de energía eólica en Argentina, de 5% en 2016 a un máximo de 23,8% en 2019 (Cuadro 4).

Cuadro 3: PE desarrollados en la CGSJ entre 2011 y 2019

Parque Eólico	Localidad -Provincia	Operador y Propietario	Origen del Capital	Potencia Adjudicada (MW)	Fecha Alta Contrato	Fabricante de Aerogeneradores
Diadema I	Comodoro Rivadavia - Chubut	Hychico S.A. (grupo CAPSA-CAPEX)	Nacional	6,3	1/9/2011	7 x ENERCOM E-44 de 900 kW
El Tordillo	Comodoro Rivadavia - Chubut	Vientos de la Patagonia I (ENARSA y Provincia de Chubut)	Nacional	3	1/7/2013	1x NRG1500 (NRG Patagonia); 1x IWP70 (IMPESA)
Garayalde	Garayalde - Chubut	PAE (operadora) con el 55%, y 3Gal con el 45%	Nacional y extranjero	24,2	28/11/2018	7 x Vestas V136-3.6MW
Manantiales Behr	Comodoro Rivadavia - Chubut	YPF Luz (YPF Energía Eléctrica SA)	Nacional	99	01/07/2018.	30 x Aerogeneradores VESTAS V136 de 3,6 MW
Bicentenario	Puerto Deseado - Santa Cruz	Petroquímica Comodoro Rivadavia	Nacional	100,0	13/3/2019	28 x Aerogeneradores: VESTAS V136 de 3,6 MW
Bicentenario II	Puerto Deseado - Santa Cruz	Petroquímica Comodoro Rivadavia	Nacional	22	1/3/2019	7 x Aerogeneradores: VESTAS V136 de 3,6 MW
Diadema II	Comodoro Rivadavia - Chubut	EG WIND S.A. (grupo CAPSA-CAPEX)	Nacional	27,6	18/9/2019	12 x Enercon E-70 de 2,3 MW
Malaspina I	Malaspina - Chubut	TOTAL EREN (Central Eólica Pampa de Malaspina S.A.)	Extranjero	50,0	En construcción al 2019	14 x Senvion M114NES de 3,6 MW
Vientos Los Hércules	Las Heras - Santa Cruz	TOTAL EREN - Mitsui & Co	Extranjero	97,2	En construcción al 2019	27 x Senvion M114NES de 3,6 MW
Kosten	Pampa del Castillo	Grenergy Argentina (Grenergy Renovable de España) ENAT partner local)	Extranjero	24,0	En desarrollo al 2019	Sin Dato
Koluel Kayke II	Puerto Deseado - Santa Cruz	Eólica Koluel Kayke S.A./Ficus Capital	Extranjero	25,0	En desarrollo al 2019	Sin Dato

⁸ En el caso de Diadema II, es una extensión de PE preexistente, y Bicentenario y Bicentenario II, son dos etapas de un mismo PE.

Cuadro 4: Evolución de la energía eólica generada en los PE instalados en CGSJ, 2011-2019 (en GWh y participación porcentual)

Parques Eólicos	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Garayalde	-	-	-	-	-	-	-	19	119
Diadema II	-	-	-	-	-	-	-	-	39
Diadema I	6	28	26	29	27	21	30	30	29
El Tordillo	-	-	2	7	5	6	4	1	1
Malaspina I	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manantiales Behr	-	-	-	-	-	-	-	150	527
Bicentenario	-	-	-	-	-	-	-	-	388
Vientos los Hércules	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bicentenario II	-	-	-	-	-	-	-	-	88
CGSJ	6	28	28	36	32	27	35	199	1191
Total Energía Eólica	16,0	348,4	446,9	613,3	593,0	546,8	615,8	1413,1	4995,8
CGSJ/Total Energía Eólica	39,6	8,1	6,3	5,9	5,3	4,9	5,6	14,1	23,8

Fuente: Elaboración propia en base a datos de CAMMESA.

Con el establecimiento del nuevo marco regulatorio en 2016, la instalación de nuevos PE generó oportunidades para desarrollar encadenamientos hacia atrás en la región, los que han podido ser aprovechados por algunas empresas domésticas. En todas las actividades de las dos cadenas de valor analizadas han participado proveedores domésticos (Gráfico 3). Sin embargo, la participación relativa de los mismos no fue homogénea entre los distintos tipos de actividades. A continuación, analizamos las actividades y empresas de cada cadena de valor en detalle.

Dentro de la cadena de desarrollo y puesta a punto de PE, las primeras dos actividades consisten en la localización e identificación de las zonas más adecuadas para la instalación de los PE (*macro-siting*) y el diseño de los mismos (*micro-siting*). Éstas son actividades de conocimiento basadas en la recolección e interpretación de datos. La etapa de localización de zonas más adecuadas para la instalación de PE incluye la recopilación y análisis de datos de vientos (velocidad, cambios de dirección, intensidad de las turbulencias, entre otros) a fin de entender y caracterizar el recurso que se busca aprovechar. Otras variables que se consideran son la disponibilidad de tierra, la proximidad a la infraestructura de inyección de energía eléctrica y a accesos viales, entre otros. El diseño del PE es el siguiente paso, y consiste en la selección

del tipo de aerogenerador y la decisión sobre su ubicación y posicionamiento a fin de maximizar la capacidad de generación de energía del PE.

En el caso de los PE de la CGSJ, tanto las actividades de selección del lugar como de diseño de los PE han sido principalmente desarrolladas por empresas extranjeras y consultoras internacionales con *know-how* previo en este tipo de actividades. Las empresas de hidrocarburos que invirtieron en PE en la región tendieron a optar por realizar acuerdos y contrataciones con empresas de tecnología internacionales con experiencia en el sector como General Electric y Vestas. YPF, por ejemplo, se asoció con General Electric, como socio inversor con el 25% del paquete accionario de YPF Luz, el que realizó las mediciones de viento para los PE Manantiales Behr y Cañadón Seco. Por su parte, la empresa PCR contrató a la empresa Vestas para el suministro e instalación de las turbinas eólicas en los PE Bicentenario I y II, así como para el servicio de operación y mantenimiento de los PE por 10 años. Tanto en la actividad de selección del lugar para el PE como de diseño del mismo, la falta de capacidades y *know-how* previo de las firmas locales fue una importante barrera para su ingreso a esta actividad conocimiento intensiva de la cadena de valor.

La empresa ENAT es el único caso de una empresa de capitales argentinos que participó de estas dos actividades de la cadena de valor de desarrollo y puesta a punto de PE. Esta firma es una *spin-off* de la compañía NRG Patagonia, una de las dos empresas argentinas con capacidades para producir localmente aerogeneradores de alta potencia. ENAT, creada en 2016, capitalizó el conocimiento tecno-productivo y de mercado adquirido por NRG Patagonia en el mercado eólico para proveer servicios de conocimiento como detección de sitios con recursos energéticos de interés, diseño de PE o análisis de prefactibilidad de conexión al sistema eléctrico. Desde su creación, ENAT desarrolló en la zona de la CGSJ cinco proyectos de PE: cuatro están en fase de comercialización (Valle Hermoso, Aires de Manantial, Altos de Río Chico y Vistas del Oneto)¹⁰ y uno ya fue comercializado (Kosten).¹¹

En la cadena de desarrollo y puesta a punto de PE, las etapas siguientes a la de diseño del PE son la construcción y montaje de los aerogeneradores, el transporte y el ensamblaje y la conexión a la red. En estas etapas la participación de empresas domésticas fue más pronunciada. En particular, firmas locales aprovecharon las capacidades en ingeniería y construcción adquiridas en otras actividades productivas que se llevan a cabo en la región, como la producción de hidrocarburos, minería o construcción, para ingresar al mercado de energía eólica. La firma local Rigel, por ejemplo, que opera habitualmente en la industria de la construcción de obras industriales, participó de las obras civiles en el PE del Bicentenario vinculadas al movimiento de tierras y al armado de las bases donde se ubicaron los generadores eólicos. La firma Incro S.A., especializada en los trabajos de construcción, mantenimiento y automatización en los sectores de hidrocarburos, construcción y minería, llevó a cabo la obra civil y eléctrica del montaje de los PE Manantiales Behr (YPF Luz), Bicentenario (PCR) y Diadema (Hycho).¹²

¹⁰ Estos PE cuentan con los estudios de impacto ambiental aprobados, los acuerdos de uso de tierras, los estudios eléctricos, de transporte y de agente del mercado eléctrico mayorista.

¹¹ El PE Kosten fue completamente desarrollado por ENAT en 2016, logrando la adjudicación de 24 MW en la primera ronda del Plan RenovAr. En 2017 fue vendido a la empresa española Grenergy para su concreción.

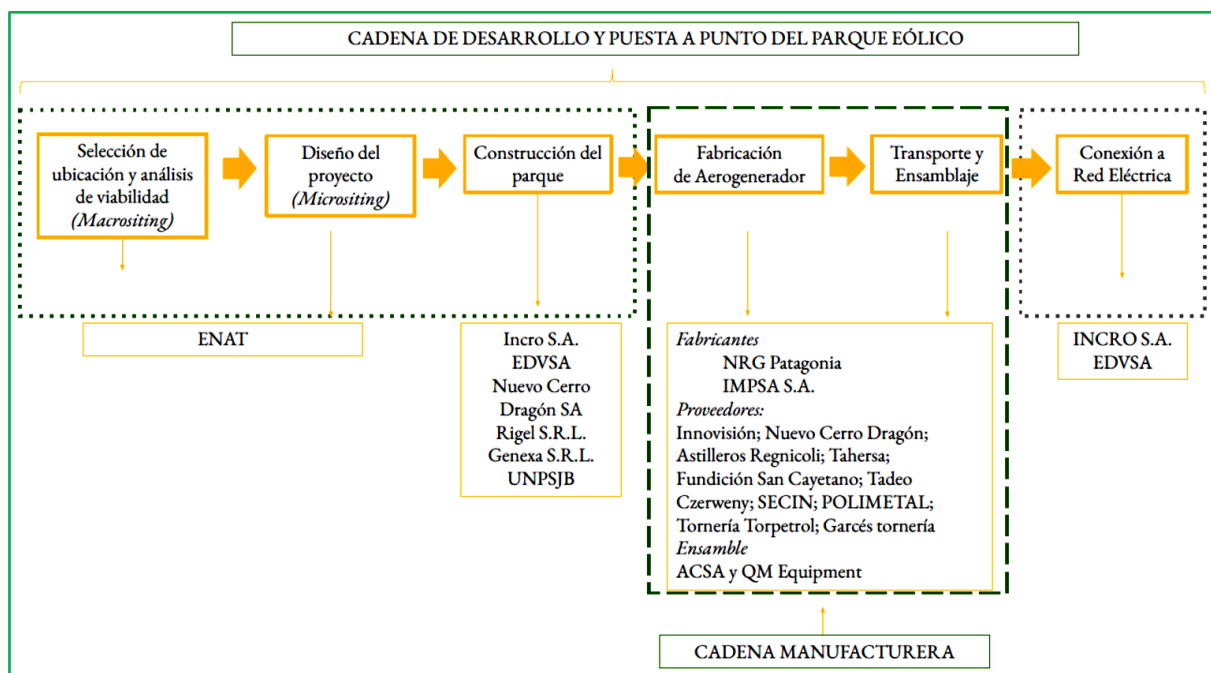
¹² Las obras eléctricas incluyen la construcción de estaciones transformadoras (Manantiales Behr y Diadema) y líneas de conexión de alta tensión (Bicentenario y Diadema).

En la cadena de valor manufacturera, en cambio, las principales actividades consisten en el desarrollo, diseño y producción de partes y piezas para los aerogeneradores. Esta cadena está dominada en el mundo por unas pocas firmas internacionales.¹³ En el caso de la CGSJ, estas grandes empresas globales, como la dinamarquesa Vestas o las alemanas Enercom y Senvion, proveyeron la mayoría de los equipos instalados en los PE (Cuadro 2). Sin embargo, en el PE El Tordillo se instalaron también aerogeneradores desarrollados por las firmas argentinas IMPSA y NRG Patagonia. Esta última ha desarrollado un equipo innovador de alta potencia especialmente diseñado y construido para vientos patagónicos de acuerdo a normas internacionales (IEC 61400). Para la construcción y ensamblaje de aerogeneradores la firma generó un entramado de proveedores domésticos que le proveyeron algunos insumos y servicios.

En suma, la instalación de PE en la región de la CGSJ ha dado lugar a encadenamientos locales que han tenido distinto tipo de intensidad y configuraciones en las diferentes etapas de la cadena de valor sectorial. En los segmentos donde las capacidades que se necesitan son más bien genéricas y hay menor competencia de proveedores globales, como las fases de construcción, transporte y conexión a la red de los PE, empresas locales con capacidades de ingeniería y construcción adquiridas en otros sectores han aprovechado oportunidades de migración de conocimiento para diversificarse hacia esta actividad. Sin embargo, en aquellas actividades de la cadena de valor donde es necesario mayor *know-how* específico del sector y donde empresas internacionales disfrutaban de economías de escala y de reputación, el ingreso de firmas locales ha sido más dificultoso. En estos segmentos encontramos a la empresa NRG Patagonia y su *spin-off* ENAT las que han aprovechado oportunidades de innovación y de mercado en un contexto de importante competencia global. En la siguiente subsección analizamos el caso de NRG Patagonia buscando entender cómo esta empresa ha construido capacidades y qué desafíos enfrenta para crecer y competir en este mercado. El caso resulta de gran interés para conocer el tipo de oportunidades que existen para fomentar la emergencia y crecimiento de empresas de conocimiento vinculadas al recurso eólico en la Argentina y otros mercados emergentes en esta industria.

¹³ En 2018 los cinco principales tecnólogos mundiales tenían una participación del 65% del total de aerogeneradores instalados ese año en el mundo, mientras que los diez principales alcanzaban el 85% del mercado mundial (Drucaroff et al., 2020).

Gráfico 2: Empresas de capital argentino que participan de las distintas actividades de las cadenas de valor de desarrollo eólica en la CGSJ



Fuente: Elaboración propia en base a Parrilli et al. (2012).

El caso NRG Patagonia

NRG Patagonia es una empresa creada en el año 2006 por parte de empresas oriundas de la CGSJ con experiencia en la industria del petróleo y gas, que identificaron la oportunidad para desarrollar aerogeneradores de alta potencia adaptados a los tipos de vientos de la región.¹⁴ Los equipos que se habían instalado en la CGSJ, de origen importado, fueron diseñados para vientos de Clase II, que suelen tener al menos un 20 por ciento menos de velocidad que los vientos que prevalecen en la región patagónica.¹⁵ Esta característica tecnológica resultó en que la vida útil de los aerogeneradores instalados fuera inferior a la estimada, incurriendo en roturas parciales. Empresarios locales identificaron entonces la oportunidad para desarrollar aerogeneradores con tecnología innovadora que respondieran a las características del viento patagónico, internacionalmente clasificado como de Clase I. El prototipo del primer aerogenerador de alta potencia, diseñado por NRG Patagonia para este tipo de vientos, se terminó de producir en el año 2011 y, luego de cumplir un proceso de certificación bajo estándares internacionales, en el año 2013 se hizo su puesta en marcha comercial en el PE El Tordillo en la ciudad de Comodoro Rivadavia.

¹⁴ Los socios mayoritarios fueron Otamendi y Cia. y Nuevo Cerro Dragón y Cia, dos empresas del sector petróleo y gas.

¹⁵ En función de la velocidad de viento que haya en un emplazamiento, éste se podrá clasificar en clase I (8,5 a 10 m/s), II (7,5 a 8,5 m/s) o III (menor a 7,5 m/s) según la normativa europea IEC 61400.

Cabe destacar que el PE El Tordillo fue creado por la sociedad “Vientos de la Patagonia I” compuesta por la empresa estatal ENARSA (hoy IEARSA) y la provincia de Chubut.¹⁶ Este emprendimiento proyectaba demandar nuevos aerogeneradores de fabricantes nacionales (NRG Patagonia e IMPSA) hasta conformar un PE de 60 MW, el de mayores dimensiones para aquella época en el país. Sin embargo, la iniciativa fue discontinuada por parte de la empresa demandante de energía. Ante la caída en la demanda proyectada y la dificultad para acceder a financiamiento público y privado local, el escalamiento del prototipo de aerogenerador para vientos de Clase I tuvo que ser discontinuada por NRG Patagonia. Los aerogeneradores nacionales instalados en “El Tordillo” continuaron despachando energía eléctrica al SADI hasta 2019. Sin embargo, su rendimiento fue decreciente en el período pasando de un promedio de 5 GWh entre 2014 y 2016 a 1 GWh en 2018 y 2019 producto de la falta de recursos para su operación y mantenimiento (ver Cuadro 4).

El desarrollo del primer aerogenerador de alta potencia, aunque con pobre éxito comercial, permitió a NRG Patagonia construir capacidades productivas, tecnológicas y de mercado, las que fueron utilizadas para diversificarse tanto en la propia cadena manufacturera como hacia la cadena de desarrollo y puesta a punto de los PE. Dentro de la cadena manufacturera, la empresa diseñó y desarrolló también aerogeneradores para vientos de Clase II, a partir del primer prototipo, destinados a usuarios de baja escala que buscan reducir sus compras de energía de la red eléctrica (de 3 a 10 MW). Este desarrollo le permitió a NRG ingresar a lo que consideran un mercado de nicho con gran potencial, que es el de aerogeneradores de un tamaño intermedio (de 1 a 2 MW), donde hay menos competencia de grandes empresas multinacionales y existe mayor demanda potencial por parte de usuarios de menor escala localizados en regiones con vientos no tan extremos (como cooperativas eléctricas, municipios y/o pequeñas y medianas empresas). En la cadena de desarrollo y puesta a punto de PE, NRG Patagonia desarrolló capacidades para llevar a cabo las actividades conocimiento intensivas vinculadas a las etapas de selección de lugar y diseño de PE. Para ingresar a ese mercado NRG Patagonia creó en 2016 la empresa *spin-off* ENAT.

Desde su creación NRG Patagonia realizó un proceso de aprendizaje a través de esfuerzos de innovación internos en dimensiones vinculadas tanto a lo tecno-productivo como a dimensiones “no-tecnológicas” asociadas al conocimiento de mercado y a las capacidades para trabajar en red de forma colaborativa con distintos tipos de actores. Las capacidades tecno-productivas adquiridas por NRG Patagonia se centraron en aprender a diseñar y desarrollar aerogeneradores a medida de los vientos locales. Para construir dichas capacidades, el primer paso de la empresa se basó en conocer el recurso eólico de la CGSJ. Con ese objetivo la empresa realizó la medición del viento en la región a partir de una selección previa del lugar de medición adecuado y la instalación de una torre de 80 metros que permitiera capturar la velocidad y dirección del viento a distintas alturas. A partir de mediciones que duraron un lapso de un año, se construyó el primer y único atlas eólico de la región, el que posteriormente posibilitó el diseño del aerogenerador especialmente adaptado a los vientos de la zona. El aprendizaje vinculado a las mediciones de viento fue fundamental para NRG Patagonia para diversificarse tanto en el mercado manufacturero de aerogeneradores desarrollando molinos

¹⁶ El capital accionario de la empresa Vientos de la Patagonia S.A. estaba compuesto por ENARSA (80%) y el Gobierno de la Provincia de Chubut (20%). La empresa estaba destinada a la producción de energía eléctrica mediante fuentes solares, biomásicas, eólicas, geotérmicas y mareomotrices, entre otras.

adaptados a otras regiones como hacia la cadena de diseño y puesta a punto de PE proveyendo servicios de selección del lugar y diseño de PE.

El conocimiento del viento fue utilizado posteriormente para llevar a cabo un estudio de cargas. Este consiste en un análisis ingenieril que permite conocer cuáles son las demandas que realizará el viento sobre el aerogenerador, y a partir de allí diseñar las piezas más adecuadas para el equipo maximizando la generación de energía y minimizando los riesgos.¹⁷ En la producción del primer aerogenerador de NRG Patagonia para vientos de Clase I, el estudio de cargas fue contratado a la empresa holandesa MECAL, la cual rediseñó las piezas de un modelo original alemán, a las características del viento patagónico. En el desarrollo del segundo modelo de aerogenerador para vientos de Clase II, en cambio, NRG Patagonia se asoció con la firma española SOLUTE para el estudio de cargas, pero realizó internamente el rediseño de las piezas del aerogenerador. Al momento del diseño del segundo modelo de aerogenerador, la empresa contaba con cuatro ingenieros con capacidades para llevar a cabo este tipo de tareas. El proceso consistió en realizar un rediseño de un equipo de velocidad fija para vientos de Clase I, adaptándolo a un equipo para condiciones de los sitios de menor intensidad de viento y de velocidad variable.

Una vez obtenido el diseño del aerogenerador, el proceso siguiente se basó en la producción y ensamble de las piezas. NRG Patagonia se esforzó por incorporar un porcentaje elevado de componentes nacionales desde un principio (cerca al 50%), dadas las exigencias de la reglamentación argentina que promovía la utilización de insumos nacionales en la producción de equipos eólicos exigiendo un porcentaje mínimo de 35% de componentes fabricados en el país para acceder a beneficios impositivos y de mercado (Aggio et al., 2018; De Dicco y Fernández, 2019; Giralt, 2011). Cabe destacar que el mercado de aerogeneradores mundial se ha configurado de manera tal que un conjunto de partes está estandarizado y es provisto de manera competitiva por grandes oferentes mundiales, en general de origen europeo o asiático. Tal es el caso de las palas, los rodamientos o las cajas multiplicadoras, cuyo mercado se encuentra altamente concentrado en pocos proveedores internacionales (European Wind Energy Association, 2012). Estos segmentos tienen altas barreras de entrada para nuevos proveedores dados por el tamaño de la inversión, la escala y la velocidad del cambio técnico.¹⁸ Por lo tanto, en este tipo de mercados, NRG Patagonia en general se ha apoyado en proveedores extranjeros.

Otros componentes de los aerogeneradores como los controles, generadores, fundiciones y segmentos de torre, que tienen barreras de entrada más bajas y menor complejidad tecnológica, han sido desarrollados y provistos por empresas argentinas. Se trata en su mayoría de partes y piezas en las que existían capacidades locales para producirlos de manera competitiva y donde se requería mayor desarrollo a medida. Sin embargo, ante la falta de un mercado establecido de desarrollo de aerogeneradores en el país, tuvo que llevar a cabo un proceso de construcción de su propia red de proveedores locales, lo que la empresa considera un activo estratégico. Los proveedores seleccionados son empresas que contaban con capa-

¹⁷ La International Electrotechnical Commission (IEC) de origen europeo, que regula la actividad eólica, establece los requerimientos tanto para la realización del cálculo del estudio de cargas, como para la fabricación, montaje y puesta en marcha de los aerogeneradores.

¹⁸ Por ejemplo, hace 15 años las palas de los molinos se producían de aproximadamente 24 metros y se montaban en equipos de 1 MW, mientras que hoy tienen un tamaño medio de 50 metros y se utilizan en equipos de hasta 4 MW de potencia.

tidades previas construidas en el marco de su actividad para otros sectores productivos, como las capacidades metalmecánicas para la fabricación de equipos para el sector agrícola, automotriz o minero, las cuales fueron re-orientadas y utilizadas para la producción de piezas o partes como torres, chasis del aerogenerador o componentes del núcleo, para la industria eólica. Por lo tanto, en el proceso de construir su propia red de proveedores locales, NRG Patagonia favoreció la migración de conocimiento entre sectores y la diversificación productiva de empresas locales.

Por ejemplo, en la región de la CGSJ, NRG Patagonia contrató a la empresa Innovisión los servicios eléctricos, de automatización (diseño del sistema de comunicación de acceso y visualización controlador) y de ensayos de prueba del aerogenerador; a la firma Nuevo Cerro Dragón (dueña de parte del capital accionario de NRG Patagonia) servicios vinculados a poner en funcionamiento el aerogenerador como la instalación del transformador elevador, la puesta a tierra del aerogenerador, la conexión integral eléctrica del sistema, la instalación y puesta en marcha de ascensor, el ensayo eléctrico y la puesta en marcha. Otras firmas e instituciones locales brindaron otro tipo de servicios técnicos como el estudio de suelos (EIFA S.A.), la supervisión de la obra base de hormigón (Genexa S.R.L.), el análisis del hormigón (UNPSJB) y los servicios de tornería (Tornería Torpetrol; Garcés tornería). La torre del primer aerogenerador para Vientos de Clase I también se fabricó en la región. El Astillero del Puerto de Comodoro Rivadavia contaba con capacidades que pudieron ser utilizadas para producir las torres, tales como el equipamiento y capacidades para rolar chapa.

Ante la falta de proveedores en la CGSJ con capacidades en metalúrgica y ramas afines, NRG Patagonia desarrolló proveedores también en otras regiones del país. La empresa Tahersa Ind. y Com., localizada en Tandil, Provincia de Buenos Aires, dedicada a la fabricación de productos metálicos de tornería y matricería, desarrolló los moldes para los chasis principales, núcleo de rotores y porta rodamiento de los dos modelos de aerogeneradores de NRG Patagonia; Fundición San Cayetano, también localizada en la provincia de Buenos Aires y con amplia trayectoria en fundición de grandes piezas metálicas, utilizó los moldes para producir los componentes; el Astillero Regnicoli, localizado en San Fernando, provincia de Buenos Aires, fabricó el carenado de fibra de vidrio de la góndola y del Hub.¹⁹ El proceso de ensamblaje también se realizó con asistencia de proveedores nacionales. Ésta es una parte crítica del proceso manufacturero que requiere instalaciones lo más próximas al PE donde se instalarán los equipos. El primer aerogenerador de NRG Patagonia se ensambló en el Astillero Comodoro S.A. localizado en la CGSJ, lugar donde también se fabricaron las torres; en cambio, el segundo aerogenerador se ensambló en el Parque Industrial de la ciudad de Mar del Plata, con relativa cercanía a su lugar de instalación en la localidad bonaerense de Castelli.²⁰

NRG Patagonia forjó también relaciones con el sistema científico-tecnológico local. En particular con la UNPSJB, localizada en la CGSJ, se establecieron vínculos de conocimiento que involucraron servicios tecnológicos y consultas informales con investigadores de la universidad relacionados a temas mecánicos y eléctricos. En el caso de los temas mecánicos NRG

¹⁹ Otros proveedores con los cuales la empresa construyó una relación de interacción usuario-proveedor son: Tadeo Czerweny (Santa Fe), proveedor del transformador de potencia que integra el aerogenerador; SECIN (Buenos Aires.), componentes y chasis del generador; y POLIMETAL (Buenos Aires), componentes internos de la torre de acero.

²⁰ El primer comprador del aerogenerador para vientos Clase II fue una cooperativa localizada en la ciudad de Castelli, en la provincia de Buenos Aires, que buscaba bajar sus compras de energía eléctrica convencional.

Patagonia ha realizado consultas a la universidad sobre temas vinculados a la operación y funcionamiento de las partes del aerogenerador, así como ha solicitado asistencia técnica en el re-diseño de piezas. En el plano del conocimiento eléctrico, la vinculación con la universidad ha sido incluso más estrecha. En el diseño del segundo tipo de aerogenerador, la universidad trabajó en los cálculos del modelo a escala, realizó las mediciones de laboratorio y ensayos a escala reducida a través de un banco de pruebas, y la inserción del equipo a la red eléctrica. Este proceso de generación de confianza y aprendizaje conjunto alentó a la empresa y a la universidad a presentarse de manera conjunta a una convocatoria pública realizada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica con el fin de promover la innovación en la cadena de valor eólica en Argentina. El consorcio NRG Patagonia-UNPSJB fue uno de los seis admitidos y adjudicados recibiendo financiamiento por 48 millones de pesos argentinos (aproximadamente 6 millones de USD) los que aportaron el 50% de los fondos para el desarrollo del segundo modelo de aerogenerador.²¹

En suma, NRG Patagonia desarrolló capacidades tecno-productivas propias, así como promovió el aprendizaje y la diversificación productiva de otros actores hacia el sector de energía eólica. Sin embargo, la evolución de estas capacidades tecno-productivas estuvo acompañada por la paralela adquisición de capacidades de mercado que guiaron y retroalimentaron las decisiones de diversificación en el mercado eólico. Al menos dos aprendizajes de mercado fueron claves para la trayectoria de NRG Patagonia. En primer lugar, el éxito tecno-productivo de construcción del primer modelo de aerogenerador no tuvo el correlato comercial esperado. La empresa sólo pudo vender un ejemplar de ese modelo ante la interrupción de la política de promoción estatal, y dadas las dificultades para competir en un mercado dominado por empresas internacionales establecidas en el mercado que gozan de economías de escala. En segundo lugar, la experiencia de desarrollo de proveedores nacionales para el primer modelo de aerogenerador, a los cuales se les habían solicitado muy pocas cantidades de partes, puso de manifiesto que la viabilidad del modelo de negocio necesitaba que sus proveedores pudieran lograr un mínimo de escala para obtener un buen retorno por su inversión y ser competitivos en precio. Estos dos aprendizajes fueron centrales para impulsar a NRG a identificar el mercado de aerogeneradores de media escala para usuarios intermedios como un nicho dentro de la cadena de valor de manufactura en el mercado eólico con mejores posibilidades de competir. Este es un mercado más reducido con menor competencia global y de mayor potencial de clientes regionales. Así, NRG Patagonia se constituyó como el único proveedor de este tipo de equipos en la región en un mercado no tan grande como para ser de interés de grandes multinacionales. Por otro lado, el aprendizaje de mercado, así como tecnológico, adquirido por NRG Patagonia en la cadena de valor manufacturera, fue luego capitalizado a partir de su diversificación a la provisión de servicios de conocimiento en la cadena de valor de desarrollo y puesta a punto de PE.

²¹ Convocatoria “FITS 2013 Energía - Desarrollo y fabricación de aerogeneradores de alta potencia” con una inversión total de 205 millones de pesos (40 millones de dólares del momento) del Fondo Argentino Sectorial (FONARSEC).

Conclusiones

Un desafío del desarrollo en base a recursos naturales es cómo convertir la posesión de un recurso en una oportunidad para la diversificación productiva hacia actividades innovadoras y de conocimiento. El caso de la CGSJ en Argentina analizado en este artículo contribuye a entender mejor estas oportunidades, así como los limitantes de esta estrategia para el sector de la energía eólica, el cual es centro de atención mundial en un contexto de transición energética. El estudio realizado no es exhaustivo sobre las dinámicas productivas, tecnológicas y de mercado que se han suscitado alrededor de la energía eólica en toda la Argentina durante el período analizado, algunas de las cuales han sido mencionados previamente, ni deben ser interpretadas de esa manera. Sin embargo, brindan elementos de interés para reflexionar sobre las políticas hacia el sector y sobre el entendimiento de las posibles dinámicas de innovación locales asociadas al mismo.

En línea con la literatura sobre actividades basadas en recursos naturales y estudios previos para el sector eólico en Argentina, el caso del desarrollo de PE en la CGSJ señala que el conocimiento idiosincrático del recurso natural es potencialmente una muy significativa puerta de entrada a actores locales a la cadena de valor. En el caso analizado, la especificidad de los vientos abrió a la firma local NRG Patagonia la oportunidad para innovar en el desarrollo de molinos especialmente adaptados a los vientos Clase I de la región. No obstante, la dificultad de la firma para competir en el mercado de aerogeneradores de Clase I pone de manifiesto los límites al aprovechamiento de estrategias de “innovación por customización” en mercados de recursos naturales. Por un lado, la falta de la escala necesaria y la dificultad para competir con proveedores globales en un segmento de mercado muy concentrado dificultó el devenir comercial del desarrollo local. Por otro lado, la descoordinación y la falta de continuidad en las políticas de desarrollo local en el sector eólico no permitieron dar el apoyo necesario para el aprovechamiento de esta oportunidad de innovación.

La evidencia empírica recolectada en el desarrollo eólico de la CGSJ permite realizar algunas reflexiones en torno a las políticas hacia el sector y el desarrollo de capacidades domésticas. Los resultados encontrados señalan que, tal como ha sido indicado por la literatura existente para el sector (Aggio et al., 2018; Milesi et al., 2020; Nicolini et al., 2020; Roger, 2015), en asociación al proceso de transición energética el desarrollo de capacidades locales en actividades de mayor valor agregado e innovación requieren que la política energética sectorial sea acompañada y coordinada con políticas productivas y de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). La evidencia recolectada para la CGSJ muestra que, en primer lugar, el gran crecimiento de los PE en la región, en asociación a cambios en el marco normativo hacia el sector desde 2006, no ha sido acompañada de manera significativa por el desarrollo local de actividades de mayor valor e innovación. Sobresalen contados casos de excepción, como NRG Patagonia-ENAT, localizadas en la CGSJ, así como la empresa IMPSA que, aunque no está radicada en la región, es una firma nacional que ha desarrollado tecnología implementada en la zona. Las empresas propietarias de los PE optaron en mayor medida por tecnología disponible ofrecida por empresas internacionales con trayectoria en el sector, ante la falta de una política que estimulase los encadenamientos locales.

En segundo lugar, la trayectoria de NRG Patagonia documentada en este artículo permite ilustrar cómo la falta de coordinación y continuidad en las políticas afecta el crecimiento, e incluso la supervivencia, de desarrollos locales emergentes en este sector. NRG Patagonia

generó entre los años 2006 y 2015 el prototipo de aerogeneradores para vientos Clase I impulsado por una estrategia del Estado Nacional. Esta experiencia fue interrumpida por problemas de financiamiento, afectando la demanda proyectada de aerogeneradores locales y el aprendizaje y la inserción de mercado de la tecnología local. Las escasas dinámicas tecno-productivas locales que se produjeron bajo el marco normativo vigente hasta el año 2016 en mayor medida se interrumpieron con la nueva legislación y política sectorial instaurada desde entonces. Esta última produjo un gran impulso al crecimiento del sector sin priorizar el desarrollo de tecnología doméstica y encadenamientos locales asociados (Aggio et al., 2018). La política energética se desvinculó de la productiva y de la de CTI, y la capacidad de generar encadenamientos locales fue mermando. Por tanto, diseñar una estrategia integrada del desarrollo del sector eólico en particular, y energético en general, es crucial si lo que se busca es aprovechar la transición energética para diversificar la matriz productiva y exportadora hacia actividades de conocimiento y mayor valor agregado que pueda ser aprovechada por empresas domésticas.

Por último, el caso de NRG Patagonia ilustra cómo la entrada al mercado de la energía eólica a través de la especificidad de los recursos naturales le ha permitido a la empresa generar capacidades de innovación claves para diversificarse en segmentos de mercado relacionados. Estas capacidades de innovación, es decir, las capacidades para desarrollar activos tecnológicos novedosos e introducirlos de manera exitosa en nuevos segmentos de mercado, como el diseño de PE y de aerogeneradores de vientos Clase II, no se explican únicamente por las capacidades tecno-productivas adquiridas por la empresa, sino también por las capacidades asociadas al mejor conocimiento del mercado eólico y la construcción de redes (con proveedores y organismos de CTI), entre otras. Este resultado de alguna manera interpela a la literatura de innovación, que se ha concentrado mayormente en entender las capacidades tecnológicas en las firmas y cómo se construyen (Bell y Pavitt, 1993, 1995; Katz, 2006; Lee y Lim, 2001), pero menos ha indagado en qué tipo de otras capacidades “no tecnológicas” son necesarias para alcanzar trayectorias de éxito innovador en el mercado. Esta es un área de investigación que requiere ser abordada en mayor profundidad, tal como surge de investigaciones recientes (Marín y Stubrin, 2020), y que resulta de especial interés para entrar tempranamente a los nuevos mercados vinculados a la transición energética.

Referencias

- Aggio, C., Verre, V. y Gatto, F. (2018). *Innovación y marcos regulatorios en energías renovables: el caso de la energía eólica en la Argentina*. Documento de trabajo, 14. Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI).
- Andersen, A. D. (2012). Towards a new approach to natural resources and development: the role of learning, innovation and linkage dynamics. *International Journal of Technological Learning, Innovation and Development*, 3(5), 291-324.
- Andersen, A. D., Marín, A. y Simensen E. O. (2018). Innovation in natural resource-based industries: a pathway to development? Introduction to special issue. *Innovation and Development* 1(8), 1-27.
- Andersen, A. D., Dahl, A., Johnson, B. H., Marín, A., Kaplan, D., Stubrin, L., Lundvall, B. y Kaplinsky, R. (2015). *Natural resources, innovation and development*. Aalborg Universitetsforlag.

- Archer, C. L. y Jacobson, M. Z. (2005). Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 110. doi:10.1029/2004JD005462.
- Arezki, R. y van der Ploeg, R. (2007). *Can the natural resource curse be turned into a blessing? The role of trade policies and institutions*. Discussion Paper 6225, CEPR.
- Asociación Argentina de Energía Eólica (2021, abril 1). Estudios y estadísticas, AAEE. <https://argentinaeolica.org.ar/>
- Auty, R. (1997). Natural resource endowment, the state and development strategy. *Journal of International Development*, 9(4), 651-663.
- Auty, R. (2002). *Sustaining development in mineral economies: the resource curse thesis*. Routledge.
- Awate, S., Larsen, M. M. y Mudambi, R. (2015). Accessing vs sourcing knowledge: A comparative study of R&D internationalization between emerging and advanced economy firms. *Journal of International Business Studies*, 46(1), 63-86.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1993). Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries. *Industrial and corporate change*, 2(2), 157-210.
- Bell, M. y Pavitt, K. (1995). The development of technological capabilities. *Trade, technology and international competitiveness*, 22(4831), 69-101.
- Bergek, A. y Jacobsson, S. (2003). The emergence of a growth industry: a comparative analysis of the German, Dutch and Swedish wind turbine industries. En J. S. Metcalfe y U. Cantner. *Change, transformation and development* (pp. 197-227). Physica-Verlag HD.
- Binz, C. y Truffer, B. (2017). Global Innovation Systems. A conceptual framework for innovation dynamics in transnational contexts. *Research policy*, 46(7), 1284-1298.
- Silva, P. C. y Klagge, B. (2013). The evolution of the wind industry and the rise of Chinese firms: from industrial policies to global innovation networks. *European Planning Studies*, 21(9), 1341-1356.
- Clementi, L. V., Carrizo, S. C. y Jacinto, G. P. (2021). Genealogía Eólica Argentina (1990-2020). *Finisterra*, LVI(116), 205-221.
- Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) (s/f) Demanda y Generación Real del SADI y Regionales. <https://cammesaweb.cammesa.com/>
- Crespi, G., Katz, J. y 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.
- Cuddington, J. T. (1992). Long-run trends in 26 primary commodity prices: A disaggregated look at the Prebisch-Singer hypothesis. *Journal of Development Economics*, 39(2), 207-227.
- David, A. P. y Wright, G. (1997). Increasing returns and the genesis of American resource abundance. *Industrial and Corporate Change*, 6(2), 203-245.
- De Dicco, R. y Fernández, M. (2019). *Boletín Energético de ADIMRA*. Dirección de Centros Tecnológicos e Innovación de ADIMRA.
- Drucaroff, S., Farina, P. y Rivas, D. (2020). *Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo en el marco de la transición energética argentina*. CIPPEC, Documento de Trabajo 199.
- European Wind Energy Association (2012). *Wind energy-the facts: a guide to the technology, economics and future of wind power*. Routledge.
- Fabrizio, R. (2016). *Prospección Tecnológica al 2025 del Complejo Industrial de Bienes de Capital*. Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI).

- Fardmanesh, M. (1991). Dutch disease economics and oil syndrome: An empirical study. *World Development*, 19(6), 711-717.
- Figueiredo, P. N. y Piana, J. (2016). When “one thing (almost) leads to another”: A micro-level exploration of learning linkages in Brazil's mining industry. *Resources Policy*, 49, 405-414.
- Gelb, A. H. (1988). *Oil windfalls: Blessing or curse?*. Oxford University Press.
- Giralt, C. (2011). Energía eólica en Argentina: un análisis económico del derecho. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 9, 65-88.
- Global Wind Energy Council (2020). *Global Wind Report 2019*. GWEC.
- Golait, N., Moharil, R. M. y Kulkarni, P. S. (2009). Wind electric power in the world and perspectives of its development in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), 233-247.
- Gylfason, T., Herbertsson, T. T. y Zoega, G. (1999). A mixed blessing: natural resources and economic growth. *Macroeconomic dynamics*, 3(2), 204-225.
- Hansen, U. E. y 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.
- Hayashi, D. (2018). Knowledge flow in low-carbon technology transfer: A case of India's wind power industry. *Energy Policy*, 123, 104-116.
- Iizuka, M. y Katz, J. (2011). Natural resource industries, ‘tragedy of the commons’ and the case of Chilean salmon farming. *Institutions and Economies*, 259-286.
- Iizuka, M. y Katz, J. (2015). Globalisation, Sustainability and the Role of Institutions: The Case of the Chilean Salmon Industry. *Tijdschrift voor economische en sociale geografie*, 106(2), 140-153.
- Jacobsson, S. y Johnson, A. (2000). The diffusion of renewable energy technology: an analytical framework and key issues for research. *Energy policy*, 28(9), 625-640.
- Kaplan, D. (2012). South African mining equipment and specialist services: Technological capacity, export performance and policy. *Resources Policy*, 37(4), 425-433.
- Katz, J. (2006). Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de la CEPAL*, 89, 59-73.
- Lacal-Aránzategui, R. (2019). Globalization in the wind energy industry: contribution and economic impact of European companies. *Renewable Energy*, 134, 612-628.
- Lederman, D. y Maloney, W. F. (Eds.). (2006). *Natural resources, neither curse nor destiny*. World Bank Publications.
- Lee, K. y Lim, C. (2001). Technological regimes, catching-up and leapfrogging: findings from the Korean industries. *Research policy*, 30(3), 459-483.
- Liu, J. (2019). The roles of emerging multinational companies’ technology-driven FDI in their learning processes for innovation: A dynamic and contextual perspective. *International Journal of Emerging Markets*, 14(1), 91-114.
- Marín, A., Navas-Alemán, L. y 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.
- Marín, A. y Stubrin, L. (2017). Oportunidades y desafíos para convertirse en un innovador mundial en Recursos Naturales. El caso de las empresas de semillas en Argentina. *Desarrollo económico*, 56(220), 471-497.

- Marín, A. y Stubrin, L. (2020). Industrias de recursos naturales como plataforma para el desarrollo de nuevas actividades. En D. Suárez, A. Erbes, y F. Barletta (Eds.), *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos. Herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje*. Ediciones UNGS-Ediciones Complutense.
- Milesi, D., Aggio, C., Verre, V. y Lengyel, M. (2020). *Acumulación de capacidades tecnológicas y especialización productiva: el rol potencial de las actividades basadas en recursos naturales*. Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI), Documento de Trabajo 20.
- Morris, M., Kaplinsky, R. y Kaplan, D. (2012). "One thing leads to another". Commodities, linkages and industrial development. *Resources Policy*, 37(4), 408-416.
- Nankani, G. T. (1980). Development problems of nonfuel mineral exporting countries: An analysis of policies relevant to countries which depend on depletable non-oil resources. *Finance & Development*, 17(1), 6.
- Neij, L. y Andersen, P. D. (2012). A comparative assessment of wind turbine innovation and diffusion policies. Historical case studies of energy technology innovation. En A. Grubler, F. Aguayo, K. S. Gallagher, M. Hekkert, K. Jiang, K. Mytelka, L. Neij, G. Nemet, and C. Wilson (Eds.), *The Global Energy Assessment: Chapter 24*. Cambridge University Press.
- Nicolini, J., Neuman, M. y Malco, J. (2020). La integración de proveedores locales a la cadena de valor de la energía eólica de alta potencia a partir del Programa RenovAr. *Proyecciones*, 18(1), 55-63.
- Noailly, J. y Ryfisch, D. (2015). Multinational firms and the internationalization of green R&D: A review of the evidence and policy implications. *Energy Policy*, 83, 218-228.
- Ovadia, J. S. (2014). Local content and natural resource governance: The cases of Angola and Nigeria. *The Extractive Industries and Society*, 1(2), 137-146.
- Parrilli, M. D., Álvarez, E., Elola, A., Lorenz, U. y Rabbellotti, R. (2012). *Análisis de la cadena de valor de la industria eólica vasca: oportunidades y ámbitos de mejora*. Cuadernos Orkestra,
- Pérez, C. (2010). Dinamismo tecnológico e inclusión social en América Latina: una estrategia de desarrollo productivo basada en los recursos naturales. *Revista Cepal*, 100, 123-145.
- Perrot, R. y Filippov, S. (2011). Localisation strategies of firms in wind energy technology development. *Journal on Innovation and Sustainability RISUS*, 2(1), 2-12.
- Prebisch, R. (1962). The economic development of Latin America and its principal problems. *Economic Bulletin for Latin America*, 7(1), 1-23.
- Ramos, J. (1998). A development strategy founded on natural resource-based production clusters. *Cepal Review*, 66, 105-128.
- Recalde, M. (2017). La inversión en energías renovables en Argentina. *Revista de economía institucional*, 19(36), 231-254.
- REN21 (2021). *Renewables 2021 Global Status Report*. REN21 Secretariat.
- Roger, D. D. (2015). *Ventana de oportunidad para el desarrollo del sector eólico argentino* [Tesis de Maestría], ITBA y Escuela de Organización Industrial de España. https://www.researchgate.net/publication/312304898Ventanadeoportunidad_para_el_desarrollo_del_sector_eolico_argentino.
- Sachs, J. D. y Warner, A. (1995). Natural resource abundance and economic growth. *NBER Working Paper*, 5398. <http://10.3386/w5398>.

- Sachs, J. D. y Warner, A. (1997). Natural resource abundance and economic growth. *Center for International Development and Harvard Institute for International Development*. <https://doi.org/10.7916/D86T0TC1>.
- Secretaría de Energía de la Nación (s/f). Producción de Petróleo y Gas, recuperado el 12 de agosto de 2021. <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/produccion-de-petroleo-y-gas>
- Secretaría de Energía y Fundación Bariloche (2009). *Energías Renovables. Diagnóstico, Barreras y propuestas*. Red REEEP, Secretaria de Energía y Fundación Bariloche.
- Singer, H. W. (1950). The distribution of gains between borrowing and investing countries. *American Economic Review*, 40(2), 473-485.
- Stubrin, L. (2017). Innovation, learning and competence building in the mining industry. The case of knowledge intensive mining suppliers (KIMS) in Chile. *Resources Policy*, 54, 167-175.
- Tan, H. y Mathews, J. A. (2015). Accelerated internationalization and resource leverage strategizing: The case of Chinese wind turbine manufacturers. *Journal of World Business*, 50(3), 417-427.
- Ville, S. y Wicken, O. (2013). The dynamics of resource-based economic development: evidence from Australia and Norway. *Industrial and Corporate change*, 22(5), 1341-1371.
- Wheeler, D. (1984). Sources of stagnation in sub-Saharan Africa. *World development*, 12(1), 1-23.

Contribución de autoría (taxonomía CRediT)

Lilia Stubrin: conceptualización, investigación, metodología, visualización, redacción -borrador original y redacción -revisión y edición.

Ignacio Cretini: conceptualización, investigación, metodología, visualización, redacción -borrador original y redacción -revisión y edición.