





Energía eólica distribuida: oportunidades y desafíos en Argentina

Distributed Wind Power: Opportunities and Challenges in Argentina

-  Luciana-Vanesa Clementi, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Centro de Estudios Sociales de América Latina, CESAL-UNICEN, Argentina lclementi@fch.unicen.edu.ar, orcid.org/0000-0002-6106-2278
-  Guillermina-Paula Jacinto, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (CONICET). Centro de Estudios Sociales de América Latina, CESAL-UNICEN, Argentina gjacinto@fch.unicen.edu.ar, orcid.org/0000-0002-4352-2699

Recibido: 15 de julio de 2020
Aceptado: 2 de octubre de 2020
Publicado: 31 de marzo de 2021

Resumen

Con la transición energética, crece la participación de fuentes renovables en los modelos de producción y aprovisionamiento energético. Experiencias que revalorizan recursos locales configuran esquemas de generación distribuida de energía (GDE), a partir de sistemas eólicos de baja potencia (SEBP). Un abanico de iniciativas de pequeña escala, que busca satisfacer necesidades situadas, muestra múltiples procesos de transformación. Estos involucran el uso del potencial eólico y nuevos roles de los actores que intervienen en la gestión de la energía. El artículo explora las iniciativas en torno a los SEBP en Argentina, que buscan ampliar la participación del recurso eólico en el aprovisionamiento eléctrico. A través de la revisión de fuentes secundarias y las entrevistas semiestructuradas a informantes clave, se identifican las oportunidades y los desafíos multidimensionales ante el avance de proyectos eólicos de baja potencia, que procuran transitar hacia modelos energéticos más sustentables y descentralizados. En Argentina, la energía eólica de baja potencia representa una alternativa, con costos de inversión altos e instalaciones aún limitadas, pero con amplia potencialidad por las capacidades científico-tecnológicas locales y por su idoneidad para proveer soluciones energéticas adaptadas a necesidades situadas.

Palabras clave: Argentina; generación distribuida; sistemas eólicos de baja potencia; oportunidades; desafíos

Abstract

With the energy transition, the inclusion of renewable sources in energy production and supply models is growing. Experiences that revalue local resources configure distributed power generation schemes from low-power wind systems. A range of small-scale initiatives that seek to meet local needs, shows multiple transformation processes involving the use of wind potential and new roles of stakeholders involved in energy management. This work explores the initiatives around low-power wind systems in Argentina, which seek to expand the participation of the wind resource in electricity supply. Through secondary sources and semi-structured interviews with key informants, multidimensional opportunities and challenges presented to the advancement of low-power wind projects are identified, seeking to move towards more sustainable and decentralized energy models. In Argentina, low-power wind power represents an alternative, which has high investment costs and whose facilities are still limited, but with a broad potential for local scientific-technological capabilities and for its suitability to provide energy solutions adapted to local needs.

Keywords: Argentina; distributed generation, low-power wind systems; opportunities; challenges.



Introducción

Desde finales del siglo XX, diferentes países buscan transitar, de manera paulatina, hacia formas más descentralizadas, descarbonizadas y democráticas de producir electricidad (AIE 2018). Sin embargo, las políticas energéticas nacionales favorecen, con sus estímulos, el montaje de megaparques eólicos o solares para cubrir las crecientes demandas de consumo (Recalde 2016). La transición energética gana visibilidad con la participación creciente de fuentes renovables, sin alterar las estructuras dominantes de gestión centralizada, donde los flujos de energía son unidireccionales (Kazimierski 2020).

En ese contexto, algunas experiencias transitan un sendero –a veces complementario de los sistemas interconectados– hacia la configuración de esquemas de generación distribuida de energía (GDE). En estos senderos, los cambios no solo se dan en el origen de la fuente, sino también, y de manera fundamental, en el sentido en que circula la energía, la escala de los proyectos y los roles de los actores intervinientes (Clementi, Jacinto y Nogar 2018). Al parque generador lo estructuran y lo sostienen las centrales de alta potencia, pero deja de estar restringido únicamente a ellas: un abanico de proyectos de pequeña escala busca satisfacer necesidades localizadas, con fuentes “bajo carbono” y formas de organización participativas. Tales iniciativas revalorizan recursos energéticos renovables locales para producir y gestionar la electricidad, y con ello disminuir costos y pérdidas en el transporte.

El presente artículo explora las experiencias eólicas de baja potencia que comienzan a instalarse como opciones de GDE en Argentina, con el fin de analizar la participación del recurso eólico en el aprovisionamiento eléctrico a poblaciones que se encuentran al margen de los tendidos y/o con conexión a red. A través de la revisión de fuentes secundarias y las entrevistas semiestructuradas a informantes clave, se identifican las oportunidades y los desafíos que se presentan ante el avance de proyectos eólicos de baja potencia.

Se contactaron referentes del sector, entre ellos, fabricantes de equipos, representantes de empresas de comercialización de aerogeneradores, miembros de distintas asociaciones y cámaras de energías renovables (eólica en particular), funcionarios de organismos públicos de desarrollo industrial y de investigación del ámbito nacional, así como personal técnico. Se realizó una veintena de entrevistas en el trabajo de campo, desarrollado en las provincias de Buenos Aires y Neuquén, entre los años 2015 y 2018. Estas se complementaron con otras virtuales realizadas durante 2020.

El artículo se estructura en tres apartados. En el primero, se caracterizan los sistemas eólicos de baja potencia, y se establecen sus diferencias respecto de las grandes instalaciones que inyectan al sistema centralizado. En el segundo, se aborda la situación de la energía eólica de baja potencia en Argentina dentro del escenario mundial, mediante la valoración de los antecedentes y de la situación actual. En el tercer apar-

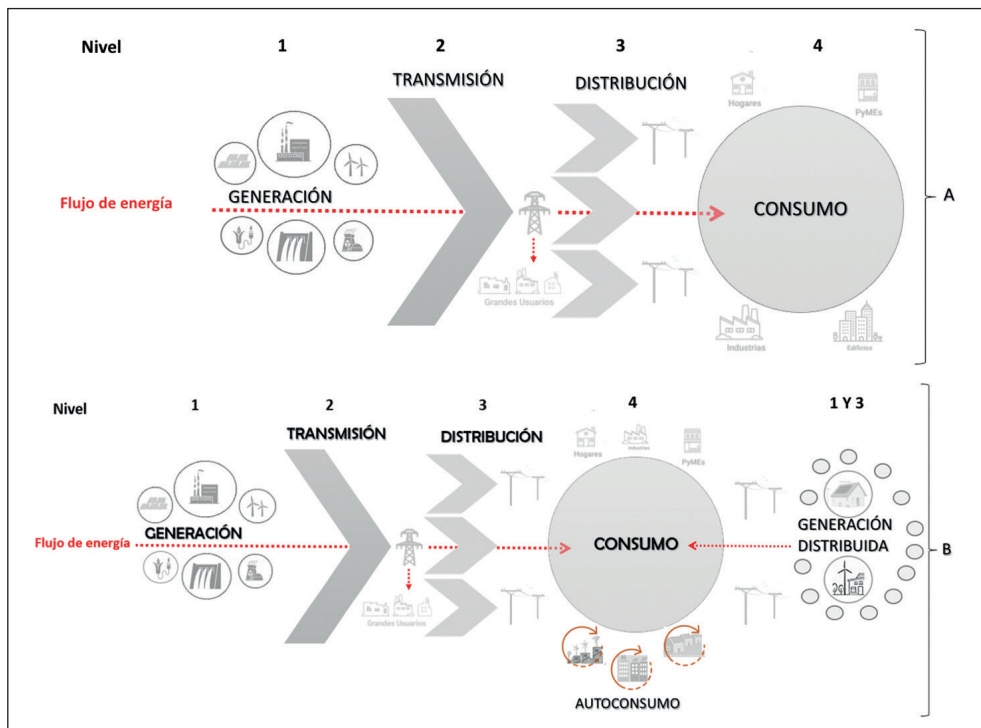
tado, se analizan las oportunidades y los desafíos de las iniciativas existentes. De esa manera, se articulan diferentes escalas de análisis, con énfasis en la mirada nacional y los proyectos territoriales.

La baja potencia eólica en sistemas centralizados

El aprovechamiento del viento con fines energéticos se desarrolla a través de parques de alta potencia –con aerogeneradores capaces de producir decenas de MW que se inyectan al sistema interconectado–, o mediante turbinas de baja potencia (inferior a los 100 kW) para abastecer demandas situadas: minieólica (WWEA 2016).

Los parques eólicos de alta potencia se integran a los sistemas centralizados de producción de electricidad, en un esquema que articula cuatro segmentos o niveles: generación, transmisión, distribución y consumo, atravesados por flujos unidireccionales de energía. El crecimiento del sistema implica la instalación de nuevas plantas generadoras (nivel 1), la ampliación de las redes de transmisión y distribución (nivel 2 y 3), según los incrementos de la demanda (nivel 4), y la gestión centralizada del sistema (Zeballos y Vignolo 1999) (figura 1).

Figura 1. Sistemas eléctricos centralizados (A) y distribuido (B)



Fuente: elaboración propia.

Los primeros parques eólicos, de mediana potencia, se conectaban sobre todo a redes de distribución, cerca de puntos de consumo. Los avances tecnológicos de la industria eoloeléctrica permitieron la instalación de centrales de alta potencia en áreas con mayor potencial eólico, alejadas de los centros de consumo y conectadas de forma directa a las redes de transporte. Así es cómo, desde finales del siglo XX y a partir del año 2010, en particular, se multiplican los parques eólicos terrestres (*onshore*) y marinos (*offshore*), que inyectan la potencia generada a sistemas eléctricos interconectados (De Jesús 2010; Brown 2013; Miranda et al. 2018), con efectos socioterritoriales amplios (Castillo Jara 2010; García Hernández 2016).

Los Sistemas Eólicos de Baja Potencia (SEBP) se vuelven viables con el avance de los modelos descentralizados de generación eléctrica. Los pequeños generadores (nivel 1) no necesitan sistemas de transmisión (nivel 2), por lo que pueden conectarse de manera directa a la red de distribución (nivel 3). La energía generada se consume en el lugar donde se produce (nivel 4). En este sistema, el flujo de potencia no es unidireccional, ya que una parte de la energía demandada la proporcionan los generadores centrales, y la otra se produce mediante generación distribuida (Zeballos y Vignolo 1999).

Los SEBP aportan soluciones energéticas, tanto para satisfacer demandas aisladas (*off grid*) como aquellas orientadas al autoconsumo, con posibilidad de inyectar excedentes a la red (*on grid*) (Cadena et al. 2012; Pendón et al. 2015; Perahia, Di Caro y Arbore 2016). Las iniciativas de aprovisionamiento energético mediante los SEBP enfrentan desafíos técnicos (innovación), sociales (acceso), políticos (gestión), económico-financieros (costos) y ambientales (sostenibilidad) (Vives Argilagos 2014).

Desde el punto de vista técnico, proyectos de investigación y desarrollo aglutinan a actores que colaboran en el diseño de aerogeneradores, la evaluación de su funcionamiento y la certificación de equipos. Avanzar en el conocimiento de las posibilidades y limitaciones, los costos y el estado de la industria eólica contribuye a ampliar las potencialidades del sector en la generación eléctrica (Chachapoya Veloz 2014; Samela et al. 2018).

En el plano social, entre las aplicaciones renovables existentes, los SEBP abren oportunidades para satisfacer necesidades de aprovisionamiento energético y contribuir a mejorar las condiciones de vida de poblaciones aisladas. Para los usuarios con conexión a red, la adopción de SEBP habilita nuevos roles —ya difundidos en el sector solar—, en tanto no solo se involucran como consumidores, sino que también intervienen de forma activa en la generación eléctrica para autoconsumo, o como *prosumidores* (productor-consumidor) (Siegener 2014).

Desde la dimensión política, los esquemas asociados a los SEBP generan condiciones y canales de involucramiento de los actores en los niveles de generación y consumo de energía. Con ello, los usuarios devienen corresponsables en la gestión de la electricidad, al crear nuevas estructuras, más descentralizadas, horizontales y

democráticas (Bertinat 2016). En ese sentido, se redefinen las formas convencionales de vinculación entre actores públicos y privados, agentes productores, distribuidores y reguladores del sector energético.

Desde el punto de vista económico-financiero, los altos costos iniciales de los SEBP constituyen obstáculos para la difusión y la adopción de las tecnologías de aprovechamiento eólico. Los estímulos por parte de organismos de crédito y financiamiento (público y privado) activarían la adquisición de equipos, permitirían ampliar los servicios energéticos y potenciar el mercado eólico de baja potencia (Sumanik-Leary, Schaube y Clementi 2019).

En la dimensión ambiental, los SEBP, en un esquema de generación distribuida, diversifican la oferta eléctrica, en especial para pequeñas demandas, al aprovechar recursos situados. Asimismo, contribuirían a sustituir tecnologías fósil-dependientes, a partir de las cuales se satisfacen las necesidades de poblaciones aisladas, y registrar avances en la descarbonización de los sistemas, al igual que en la transición energética de los territorios (Bertinat, Chemes y Forero 2020).

En un modelo energético altamente centralizado, las experiencias heterogéneas de los SEBP emergen bajo políticas estatales, impulsadas por pequeñas y medianas empresas (Pymes), organizaciones no gubernamentales (ONG) e instituciones educativas. Redes internacionales como *Wind Empowerment* promueven acciones para favorecer la multiplicación de iniciativas de baja potencia, con el apoyo a la autoconstrucción de aerogeneradores al servicio de la electrificación rural y en beneficio de poblaciones vulnerables (Mattio y Franco 2002; Khennas, Dunnett y Piggott 2003; Sumanik-Leary 2013).

Baja potencia en Argentina: proyectos territorializados

Los primeros desarrollos de los SEBP en el mundo fueron aeroturbinas que se concibieron fundamentalmente para satisfacer demandas aisladas, tales como aprovisionamiento de instalaciones automatizadas, bombeo de agua y comunicaciones. Los desarrollos iniciales, que buscaban resolver necesidades esenciales, han ido evolucionando hacia aplicaciones más complejas, que participan en sistemas de generación eléctrica conectada a red, en sociedades con avances tecnológicos (Pendón et al. 2015).

Reportes a escala mundial señalan que la minieólica cuenta con 1 165 046 aerogeneradores de baja potencia (1295 MW instalados), que atienden las necesidades de pequeñas poblaciones dispersas (WWEA 2021). China concentra la mayor cantidad de SEBP y de capacidad instalada. Estados Unidos es el segundo mercado. Existen alrededor de 330 fabricantes de SEBP que producen 400 modelos diferentes, sobre todo, por el diseño de las palas y del sistema de protección contra sobrevelocidad.

Estos fabricantes se localizan sobre todo en América del Norte (*Eocycle Technologies* y *Bergey Windpower*), Europa (*KLiUX Energies*, *Superwind* y *S&W Power Systems*) y Asia (*Ghrepower* y *HY Energy*, China). Alrededor de 300 firmas proveen repuestos y asesoramiento (WWEA 2016).

En América Latina, los SEBP comienzan a expandirse para aprovisionar de electricidad, con fines domésticos y productivos, los espacios rurales en Nicaragua, Perú, Colombia y Argentina. Desde el año 2000, se desarrollan simposios de Energía Eólica de Pequeña Escala, con el objetivo de promover la implementación y difusión de los SEBP en la región. Estos cuentan con la participación de especialistas latinoamericanos y el apoyo de instituciones internacionales como *Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy*, entre otros. A través de esos encuentros, se intercambian conocimientos sobre la viabilidad técnica y económica de los sistemas eólicos, con la finalidad de establecer un mercado potencial en Latinoamérica, y se publican los beneficios socioambientales de la adopción de los SEBP (Velásquez 2013).

Entre finales del siglo XIX y principios del XX, Argentina fue pionera en el uso de la energía eólica de baja potencia. En los espacios rurales, los molinos transformaban la energía cinética del viento en energía mecánica para bombear agua utilizada para riego, en bebederos de ganado, o para refrigerar las calderas de las locomotoras a vapor.

La instalación de molinos eólicos no se restringió a las chacras agrícola-ganaderas, sino que también se localizaron en las estaciones ferroviarias (García y De Dico 2008). Los molinos de eje horizontal y de tipo multipala (entre 12 y 16 palas), de origen estadounidense, se difundieron al adaptarlos a las más diversas geografías y se convirtieron, desde entonces, en elementos identitarios de los paisajes rurales.

Los primeros SEBP para generar electricidad datan de mediados de la década de 1980. Estos pequeños aerogeneradores o turbinas eólicas tenían un rotor, un generador y pocas palas, que permitían alcanzar mayor eficiencia en la transformación de la energía primaria contenida en el viento. El desarrollo de tecnologías eólicas fue impulsado por el Servicio Naval de Investigaciones y Desarrollo (SE-NID) y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, quienes diseñaron y construyeron los dos primeros prototipos de turbinas eólicas de 1 y 10 kW.

Paralelo a ello, algunas experiencias piloto en la provincia de Chubut probaron la viabilidad de la energía eólica como alternativa. Entre esas iniciativas se encuentran tres aerogeneradores: 1) uno de 2 kW, puesto en funcionamiento en 1983 por la empresa Entel, en la repetidora Manantial de Comodoro Rivadavia; 2) uno de 1 kW en el faro de Punta Delgada, por la Armada Argentina; y 3) uno de 20 kW, instalado por la Fuerza Aérea Argentina a través de un convenio con la República Federal Alemana (Gallegos 1997). En la provincia de Chubut, el Centro Regional de Energía Eólica ejecutó también los programas “Electrificación eólica de aldeas escolares”,

en 1989, y “Electrificación de pobladores rurales y mejoramientos de vivienda en comunidades aborígenes”, en 1997. Ambos marcan un primer antecedente nacional de electrificación rural, a través de los SEBP, para abastecer de energía eléctrica a la población rural aislada (Mattio y Franco 2002).

El avance experimentado por el sector condujo, a principios de la década de 1990, al inicio de la fabricación de molinos, a escala nacional, por parte de las firmas argentinas Giacobone S.A., en Córdoba; FIASA, en Buenos Aires; y Tecnotrol S.R.L., en Comodoro Rivadavia.

Las citadas empresas participaron en la provisión de equipos para el “Proyecto de Energías Renovables en el Mercado Rural” (PERMER). Lanzado en 1999 por la Secretaría de Energía, el PERMER tuvo como objetivo abastecer de electricidad a hogares rurales e instituciones públicas (escuelas, salas de emergencia médica, destacamentos policiales y puestos de gendarmería), con lo cual marcó un hito mayor en la expansión nacional de los SEBP. De los 1800 equipos licitados, 1500 se instalaron a finales del año 2010 en la provincia de Chubut (682 aerogeneradores en la meseta central, 308 en la costa atlántica y 510 en la zona cordillerana), lo que dotó de energía eléctrica a cerca de 6000 pobladores (Ministerio de Energía y Minería 2016).

En 2002, en el territorio argentino estaban en funcionamiento 350226 molinos multipala para la extracción de agua en establecimientos agropecuarios (Censo Nacional Agropecuario 2002). La región pampeana concentraba el 90 % de los molinos instalados. En la actualidad, se carece de estadística oficial que permita conocer la permanencia o la baja de las unidades. A escala nacional, existían entre 4500 y 6000 SEBP para producción eléctrica, con una potencia instalada total de 6,5 MW (Instituto Nacional de Tecnología Industrial 2016).

Desde inicios del siglo XXI, las instalaciones eólicas o híbridas (es decir, en complemento con paneles solares fotovoltaicos) de baja potencia comenzaron a multiplicarse en espacios urbanos y áreas transicionales urbano-rurales. Producen electricidad para autoconsumo residencial, sobre todo, o para cubrir demandas puntuales. Son numerosas y diversas las experiencias en curso.

Un aerogenerador de baja potencia funciona desde 2014 en la Escuela Agrotécnica de la localidad de Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires) (foto 1). Este tipo de iniciativas en establecimientos educativos rurales representa una de las experiencias más difundidas del aprovechamiento eólico para electrificación.

Bajo el lema “Proyectos para enseñar e iluminar”, la organización sin fines de lucro 500 RPM ha desarrollado más de 40 talleres de capacitación, fabricación, instalación y mantenimiento de SEBP para centros educativos rurales en diferentes provincias del país. La fundación ha instalado también sistemas eólicos para responder a las necesidades productivas en comunidades rurales orientadas al turismo alternativo (Los Gigantes, Córdoba); la producción caprina-ovina de pequeña escala (Esquel,

Foto 1. Aerogenerador en Escuela Agrotécnica Tres Arroyos (Buenos Aires)



Fuente: tomada por las autoras en 2015.

Chubut); la producción ovícola (Corralito, Río Negro) y marroquinería en cuero de cabra (Payogasta-Tonco, Salta).

Otras experiencias se llevan adelante por actores privados y/o cooperativas de servicios que buscan explorar posibilidades de aprovisionamiento sostenible, con distintos fines. En 2013, la Cooperativa de Provisión de Energía Eléctrica, Viviendas y otros Servicios Públicos de Zapala (Neuquén), instaló un aerogenerador para potenciar actividades de riego e iluminación de áreas productivas. En 2014, la Usina Popular y Municipal de Tandil¹ (Buenos Aires) puso en funcionamiento un sistema híbrido eólico solar, con el cual es posible iluminar el paseo turístico Cristo de las Sierras (foto 2).

¹ Con el apoyo técnico y financiero del Programa Provincial de Incentivo a la Generación Renovable Distribuida.

Foto 2. Sistema híbrido eólico-solar en el Cristo de las Sierras, Tandil (Buenos Aires)



Fuente: tomada por las autoras en 2014.

Las experiencias y los proyectos atomizados merecen ganar visibilidad en tanto acercan beneficios directos a las poblaciones involucradas. Dan cuenta de la articulación de actores públicos, privados, ONG y fundaciones. También ponen de manifiesto las posibilidades de los SEBP de satisfacer diferentes necesidades, adaptadas a los territorios a través de iniciativas que buscan la sostenibilidad, la autonomía y el involucramiento de los usuarios en la gestión de la energía.

Oportunidades y desafíos de la baja potencia eólica

Ventanas de oportunidad

Los SEBP tienen distintas aplicaciones, que amplían las posibilidades de responder a demandas energéticas diversas: suministro a hogares sin conexión, reducción de consumos en instalaciones conectadas a la red eléctrica, utilización de herramientas eléctricas livianas en sitios aislados, extracción de agua mediante electrobombas y sistemas de comunicación y monitoreo autónomos.

En Argentina, diferentes factores se convierten en oportunidades para la multiplicación de instalaciones de GDE a partir de los SEBP. Entre ellos sobresalen la amplia disponibilidad del recurso eólico, presente en el 70 % del territorio nacional (CADER 2013); las demandas energéticas de poblaciones dispersas o aisladas; las capacidades locales para producir equipamiento eólico y un marco regulatorio nacional y provincial que estimula su expansión.

Los SEBP funcionan a partir de un rango de velocidad de viento entre 2 y 4 m/s (velocidad de arranque). La instalación de un SEBP se justifica cuando la media anual supera los 5 m/s (18 km/h). Argentina presenta vientos cuya velocidad media anual (medida a 80 m de altura sobre el nivel del suelo) supera los 6 m/s, con áreas que se destacan, como la región patagónica (11 m/s) y el sur bonaerense (7 m/s) (CADER 2013).

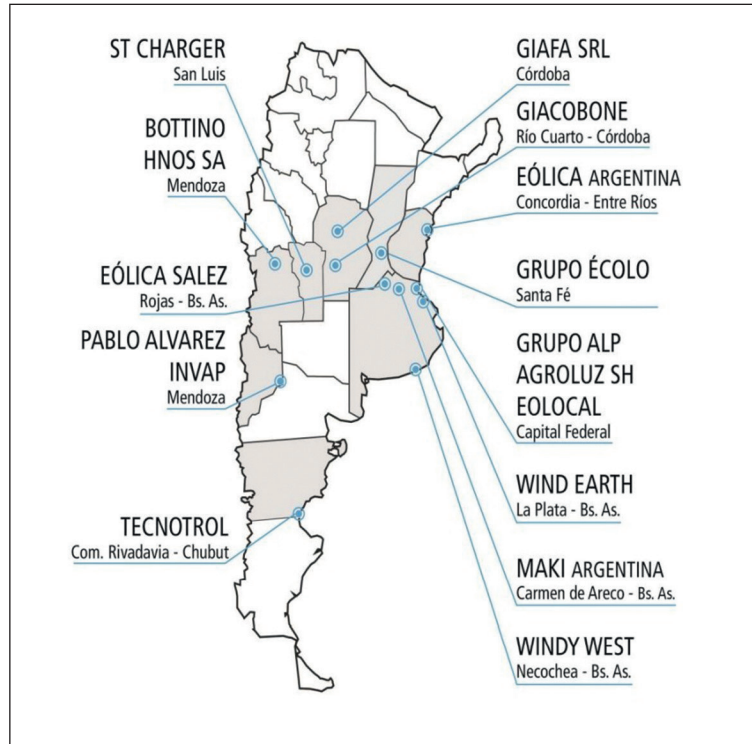
Es necesario estudiar el recurso eólico disponible, para estimar la energía que se producirá en el sitio, con un margen de error aceptable. En términos generales, se entiende que los mejores rendimientos corresponden a espacios abiertos y de buena altura, con la menor densidad posible de árboles y construcciones, para evitar turbulencias.

Determinar con precisión las condiciones del sitio para proyectos eólicos de baja potencia y poner esa información a disposición de potenciales generadores resulta clave para iniciar el ciclo de vida de los proyectos. Al demandar conocimientos técnicos específicos, mediciones de largo plazo y análisis particularizados, se requieren estudios y evaluaciones que, en general, deben abordarse y/o financiarse por organismos públicos (INTI 2016).

En Argentina, aproximadamente el 2 % de la población carece de servicios eléctricos (INDEC 2010). Las áreas rurales presentan las condiciones más desfavorables. La dispersión de la población desalienta las inversiones para expandir las redes, con lo cual se profundizan las condiciones de aislamiento (Russo 2009). Los SEBP se convierten en una alternativa para el aprovisionamiento energético a la población dispersa o aislada. Además, son un avance en la posibilidad de reemplazo de equipamientos diésel ineficientes. Por un lado, mejorarían las condiciones del hábitat (iluminación, refrigeración y comunicaciones). Por otro, facilitarían el desarrollo de tareas que demandan esfuerzo físico (bombeo de agua, uso de pequeños electrodomésticos y herramientas), y fortalecerían actividades educativas y productivas (criadero de aves, emprendimientos turísticos y riego). De esa manera, la adopción de los SEBP contribuiría a revertir situaciones de inequidad, al favorecer el uso de fuentes renovables, ampliar el acceso a los servicios energéticos y mejorar la calidad de vida.

En los últimos años, se ha desarrollado en Argentina una amplia red de proveedores y empresas para adquirir, instalar y mantener aerogeneradores eólicos de baja potencia (Ramírez et al. 2018). Un total de 18 empresas fabricantes, principalmente pequeñas y medianas, ofrecen 54 modelos de turbinas en un rango de potencia de 150 W a 10 000 W. El 40 % de estos fabricantes es capaz de producir hasta 10 aerogeneradores por mes. La provincia de Buenos Aires reúne el 50 % de la capacidad de producción (INTI 2014) (mapa 1).

Mapa 1. Empresas nacionales de fabricación de SEBP



Fuente: INTI 2014.

Desde 2014, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) realiza ensayos de potencia, durabilidad y emisión de sonidos para elevar el estándar de los equipos comercializados en el país, en busca de incrementar la confiabilidad en los productos. La plataforma eólica de ensayos de aerogeneradores de baja potencia en el laboratorio de Cutral-Co (Neuquén) desarrolla actividades para impulsar la certificación de instaladores de SEBP (foto 3). El nivel de integración de los componentes nacionales en la mayoría de los aerogeneradores está por encima del 80 %. “Es un producto que tiene muchísimo valor agregado en el diseño. Adaptar los aerogeneradores a las condiciones locales les aporta mucho valor y otorga condiciones de competitividad muy buenas ante los productos importados” (entrevista al responsable del Programa de Energía Eólica del INTI, en 2016).

Un abanico de normas nacionales y provinciales abre posibilidades a la expansión de los SEBP. El Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública (Ley nacional N° 27.424, Decreto 986/2018) y las normativas provinciales en materia de autoconsumo habilitan a los usuarios a generar electricidad a partir de fuentes renovables, e inyectar excedentes a la red. La minieólica encuentra un campo de acción fértil en el segmento de usuarios

Foto 3. Plataforma eólica de ensayos de aerogeneradores de baja potencia del INTI



Fuente: tomada por las autoras en Cutral Co, 2016.

urbanos y los sectores industriales, aunque la energía solar fotovoltaica ha concentrado la mayor cantidad de proyectos (Spinadel 2017).

Desde el punto de vista económico, diferentes instituciones que impulsan al sector para ampliar mercados sostienen los esfuerzos de comunicación respecto de los beneficios asociados a los SEBP. Desde la perspectiva ambiental, para avanzar en la transición; y por programas nacionales, para universalizar el servicio eléctrico. Sin embargo, permanecen pendientes los procedimientos administrativos y técnicos reglamentarios de la normativa vigente, aspectos centrales para incentivar la adopción de los SEBP creando condiciones de seguridad del sistema.

Desafíos abiertos

El elevado costo relativo de los SEBP, su instalación y mantenimiento son la principal limitación técnico económica para su adopción (INTI 2016). La consolidación de mercados en los cuales se fortalezcan y exploten las ventajas de escala permitiría disminuir el precio del equipamiento y lograr un mayor alcance de los servicios de monitoreo y control de su funcionamiento.

Las condiciones de borde (incentivos, tarifas eléctricas, niveles de consumo y/o de inyección y regulaciones) influyen en cada caso, al potenciar u obstaculizar las

posibilidades de expansión de los SEBP en los territorios. Al igual que se estimula la instalación de grandes parques eólicos para inyectar potencia al sistema eléctrico nacional interconectado, se requiere el apoyo sostenido del Estado a la promoción de proyectos de pequeña escala. Mecanismos como el pago de precios diferenciales de compra/venta, cuando la electricidad la produzcan usuarios individuales, o mediante micro redes gestionadas por comunidades eólicas, podrían considerarse alternativas de fomento, impulsadas por programas nacionales.

En el marco del estímulo a iniciativas descentralizadas de producción de energía y acciones en pos de la transición energética, las externalidades ambientales mínimas de los SEBP constituyen un ítem valorado por las sociedades. Informar sobre las ventajas de las instalaciones eólicas de baja potencia, como alternativa de producción de energía localmente competitiva frente a otras renovables, y sobre sus efectos multiplicadores en el desarrollo de actividades asociadas, podría impulsar nuevas implantaciones.

La difusión de los beneficios de producir energía eólica incrementaría también el interés por su adopción, al explicar los efectos positivos sobre la disminución de emisiones y residuos, el reciclaje de componentes y la contaminación sonora.

El abanico de prosumidores o productores público-privados (cooperativas, sociedades de economía mixta, ONG y comunidades energéticas) que apuestan a tecnologías de aprovechamiento eólico con impactos mínimos podría ampliarse con estímulos a la generación distribuida, vía compensaciones fiscales locales.

Los SEBP constituyen soluciones sustentables para el aprovisionamiento eléctrico a poblaciones con o sin conexión a red. Para optimizar las ventajas del potencial eólico y de los propios proyectos, estos deben adaptarse a las singularidades del territorio, y los actores locales deben apropiarse de ellos. Por tanto, deben ganar visibilidad en los procesos de planificación del territorio, al definir zonas de instalación y desarrollo eólico, formas de integración al paisaje construido e identificación de incompatibilidades con otros usos (ADEME 2009).

En espacios urbanos, a las consideraciones más genéricas establecidas en los planes de ordenamiento territorial, de orden estético y paisajístico, deberían añadirse regulaciones orientadas a minimizar las molestias vinculadas con la proximidad y el funcionamiento de los equipos (turbulencia, velocidad del viento, vibraciones, ruidos y seguridad). En ese sentido, podrían recomendarse los equipos de eje vertical, de funcionamiento más silencioso y diseño de más fácil integración al hábitat urbano.

El involucramiento de los actores locales adquiere importancia cuando se los conoce y se aceptan los beneficios directos e indirectos de los proyectos de aprovechamiento eólico de baja potencia. Participar en las diferentes etapas y construir en colectivo los proyectos permite consensuar su aceptación, consultar las molestias observadas, facilitar los permisos de instalación, entre otras ventajas.

Cuando se alcanzan consensos sobre la localización de los SEBP, el rol de los usuarios y de la empresa de distribución, el de las autoridades regulatorias y los pro-

veedores, así como las expectativas percibidas por los participantes de los proyectos, potencian sus alcances y el involucramiento de los diversos actores sociales.

Nuevas formas de organización, que se apoyan en estrategias de co-construcción en torno a fuentes renovables, viabilizarían el avance de los proyectos. Las propuestas convencionales de aprovisionamiento energético, complementadas con esquemas descentralizados en los que los usuarios, generadores y distribuidores perfilen consorcios y comunidades energéticas innovadores de diferentes escalas (locales y regionales), podrían contribuir a la energización de los territorios, a partir del aprovechamiento de recursos eólicos.

Conclusiones

En iniciativas globales hacia la transición y gestión descentralizada de la energía, los proyectos de aprovechamiento con los SEBP constituyen una alternativa significativa para mejorar las condiciones de vida de la población. En unos casos, posibilitan el acceso a los servicios de grupos aislados y vulnerables, en situaciones de alta precariedad energética; en otros, permiten el autoconsumo con posibilidad de inyectar excedentes a la red de conexión.

En Argentina, la energía eólica de baja potencia representa una alternativa, con costos de inversión altos e instalaciones todavía limitadas, pero con amplia potencialidad, debido a las capacidades científico-tecnológicas locales y a su idoneidad para proveer soluciones energéticas adaptadas a necesidades situadas.

Desde el punto de vista técnico, como estrategia de GDE, los SEBP implican la adopción de innovaciones que ponen en el centro del debate la elección de modelos energéticos centralizados-descentralizados, e interpelan sobre las posibilidades de desarrollar sistemas mixtos. En el plano social, promueven la forma e intensidad en que los grupos objetivo participan de la construcción de los proyectos, factor fundamental para que las soluciones sean apropiadas.

Desde la dimensión política, enfrentan la necesidad de formalizar nuevas modalidades de intervención, asociación y responsabilidad de los actores participantes, al exigir estructuras innovadoras de gobernanza sectorial y territorial. La arista financiera es crucial, tanto cuando se trata de aprovisionar de servicios energéticos con marcado carácter social, como cuando se trata de proyectos privados cuya perdurabilidad depende estrictamente de su rentabilidad.

Diferentes factores se convierten en oportunidades para la multiplicación de los SEBP. La existencia de un recurso eólico abundante y disponible permitiría abastecer demandas de poblaciones aisladas, vulnerables o ecológicamente comprometidas. La red de fabricantes y proveedores que incorporan tecnologías nacionales y capacidades locales permitiría dar respuesta a demandas situadas. Instituciones públicas vinculadas

con la investigación y el desarrollo asesoran y apoyan a las iniciativas privadas para la expansión del sector eólico de baja potencia. La legislación nacional y las regulaciones provinciales de fomento de la GDE a partir de recursos renovables impulsarían el aprovisionamiento energético descentralizado, basado en el potencial eólico.

Difundir de manera activa las ventajas de los sistemas, integrarlos a la planificación territorial local, e implicar de forma creciente a los actores territoriales son algunos de los desafíos que se abren ante las iniciativas en curso. Estas pueden constituir fuentes de aprendizaje sobre las posibilidades que tiene la producción y el consumo de energía con los SEBP, en un escenario de transición, en el cual las sociedades buscan impulsar modelos territorializados de gestión descentralizada y sustentable de la energía.

Apoyo

El trabajo se enmarca en el proyecto de investigación PICT-2017-2960 Generación distribuida en Argentina. Energías para la inclusión y la transición (Jacinto, G. Investigadora Responsable). Plan Argentina Innovadora 2020. Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. 2019-2022.

Bibliografía

- ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie). 2009. "Petit éolien le guide", <https://bit.ly/3tMrR8L>
- AIE (Agencia Internacional de Energía). 2018. "World Energy Outlook. Resumen Ejecutivo", <https://bit.ly/3bKoPvN>
- Bertinat, Pablo, Jorge Chemes y Lyda Fernanda Forero. 2020. "Transición energética. Aportes para la reflexión colectiva", <https://bit.ly/2SR8zCt>
- Bertinat, Pablo. 2016. "Transición energética justa: pensando la democratización energética". Análisis Friedrich-Ebert-Stiftung, Uruguay <https://bit.ly/3oifCj3>
- Brown, Nicolás. 2013. "Los 6 elementos de la interacción eólica en el sistema eléctrico argentino". Tesis de maestría, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.
- Cadena, Carlos, German Salazar, Verónica Javi y Fernando Tilca. 2012. "Estrategias de mejora para la generación de energía eléctrica distribuida con equipos solares, eólicos o híbridos". *ABENS ISES Anais* 9: 1-8.
- CADER (Cámara Argentina de Energías Renovable) 2013. *+Renovables 2012-2013. Sección Eólica*. Buenos Aires: CADER. <https://bit.ly/2Rnsto5>
- Castillo Jara, Emiliano. 2010. "La viabilidad socio ambiental de los parques eólicos del Istmo de Tehuantepec". Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Censo Nacional Agropecuario. 2002. “Censo agropecuario”, <https://bit.ly/3uNFrdi>
- Chachapoya Veloz, Cesar. 2014. “Estudio Técnico Económico para el Suministro de Electricidad de Baja Potencia, a través de Energía Eólica”. Tesis de licenciatura, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ecuador.
- Clementi, Luciana, Guillermina Jacinto y Graciela Nogar. 2018. “Generación eléctrica distribuida: nuevas fuentes, actores e interacciones. Iniciativas en la pampa argentina”. Ponencia presentada en la *XII Bienal del Coloquio de Transformaciones Territoriales*, Asociación de Universidades del Grupo Montevideo, Universidad Nacional del Sur, Argentina, 8 al 10 de julio.
- De Jesús, Miguel Eduardo. 2010. “Control de parques eólicos offshore conectados a red mediante enlace de continua HVdc-LCC”. Tesis doctoral, Universidad Carlos III de Madrid, España.
- Gallegos, Eduardo. 1997. *El viento amigo del hombre. Energía eólica en Argentina*. Comodoro Rivadavia: Activa Editorial.
- García Hernández, Luis Salvador. 2016. “Energía eólica y desarrollo sostenible en la región de La Rumorosa, Municipio de Tecate. Un análisis multicriterio”. Tesis de maestría, Tijuana, México.
- García, Juan, y Ricardo De Dicco. 2008. *La energía Eólica en Argentina*. Argentina: Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas.
- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2010. Censo de Población, Hogares y Viviendas.
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). 2014. “Ensayos y programa de fortalecimiento de la industria de aerogeneradores de baja potencia”. Ponencia presentada en *V Jornadas Internacionales de Energía Eólica*, Montevideo, Uruguay, 5 de mayo.
- INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial). 2016. “Guía de divulgación de Generadores Eólicos”, <https://bit.ly/3uOceiv>
- Kazimierski, Martín. 2020. “La energía distribuida como modelo post-fósil en Argentina”. *Economía, sociedad y territorio* 20: 397-428. doi.org/10.22136/est20201562
- Khennas, Smail, Simon Dunnett y Hugh Piggott. 2003. *Small Wind Systems for Rural Energy Services*. Rugby: Practical Action Publishing.
- Mattio, Héctor, y Daniela Franco. 2002. “Electrificación eólica: una solución para pobladores rurales. El caso de la provincia del Chubut”. *Párrafos Geográficos* 1: 154-166.
- Ministerio de Energía y Minería. 2016. “Resultados del PERMER”, <https://bit.ly/3fpr7Bw>
- Miranda, Jorge Eduardo, Irvin López García, Eduardo Campero Littlewood, Francisco Beltrán Carbajal y Víctor Manuel Mondragón. 2018. “Elementos de los parques eólicos que deben ser controlados para su interconexión con redes eléctricas”. *Pistas Educativas* 39: 128-130.
- Pendón, Manuela, Eduardo Williams, Natalisa Cibeira, Belén Filippetti, Maite Granada y Romina Couselo. 2015. “Energía minieólica: ¿una alternativa factible para el autoabastecimiento en Argentina?”, <https://bit.ly/3tNt2VE>

- Perahia, Raquel, Carlos Di Caro y Luciano Arbore. 2016. "Casos de buenas prácticas en el uso de pequeños generadores con energías renovables". Ponencia presentada en el *XXXIX Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, Argentina, 10 de octubre.
- Ramírez, Oscar, Jorge Camblong, Marcelo Neuman, Jorge Nicolini, Enrique Modai, Marcelo Fernández y Claudio Abrevaya. 2018. "Fabricantes de equipos de generación eólica de baja potencia. Oportunidades generadas por la nueva legislación". Ponencia presentada en *VI Congreso Argentino de Ingeniería Mecánica*, Tucumán, Argentina, 10 al 12 de octubre.
- Recalde, Marina. 2016. "Una visión integral del sector energético argentino: de las causas a las consecuencias de la ausencia de política energética de largo plazo". En *Los desafíos de la política energética argentina. Panorama y Propuestas*, coordinado por Carina Guzowski, María Martín Ibáñez y Mara Leticia Rojas, 15-38. Buenos Aires: Editorial Dunken.
- Russo, Víctor. 2009. "El Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PER-MER)". *Petrotecnica*, 3 marzo. <https://bit.ly/3eLJu4g>
- Samela, Adolfo, Jorge Lescano, Leonardo González, Laura Ibarreta, José Fidel González y Carlos Tomassi. 2018. "Ensayos de anemómetros de bajo costo para aplicaciones de eólica de baja potencia". *Acta de la XLI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente* 6: 97-107.
- Siegner, Meike. 2014. *La energía en manos ciudadanas*. Viena: Fundación Heinrich Böll Conosur. <https://bit.ly/3bsoaP4>
- Spinadel, Erico. 2017. "Sector eólico espera que Ley de Distribuida permita conexión de hasta 300 kW". *Energía Estratégica*, 5 de mayo. <https://bit.ly/3uJr8Xf>
- Sumanik-Leary, Jon, Philipp Schaub y Luciana Clementi. 2019. "Rural Electrification with Small Wind Systems in Remote High Wind Regions". *Energy for Sustainable Development* 52: 154-175. [dx.doi.org/10.1016/j.esd.2019.07.008](https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.07.008)
- Sumanik-Leary, Jon. 2013. "Small Wind Turbines for Decentralised Rural Electrification: Case Studies in Peru, Nicaragua and Scotland". Tesis de doctorado, University of Sheffield, Inglaterra.
- Velásquez, Jean. 2013. *Memoria II Simposio Internacional de Energía Eólica de Pequeña Escala: Aportes en el desarrollo energético para América Latina. Soluciones Prácticas*. Lima: Perú.
- Vives Argilagos, Xavier. 2014. "El desarrollo de la distribución de energía en áreas marginales. Negocios inclusivos. Innovación y sostenibilidad energética". Ponencia presentada en el *Simposio Empresarial Internacional*, Funseam Civitas/Thomson Reuters, Barcelona, 27 de enero.
- WWEA (World Wind Energy Association). 2016. "Small Wind World Report Summary", <https://bit.ly/3buoBbN>
- WWEA (World Wind Energy Association). 2021. "Small Wind World Report Summary", <https://bit.ly/3bsoqxj>
- Zeballos, Raúl, y Mario Vignolo. 1999. "Redes de transmisión o generación distribuida", <https://bit.ly/3uSQzG2>