

El Ojo del Cóndor

una mirada diferente a nuestra geografía

Número 13
ISSN (impresa): 1853-9505
ISSN (en línea): 2362-5821



La revista *El Ojo del Cóndor* es una publicación del Instituto Geográfico Nacional.

LA ENERGÍA EN ARGENTINA

Caleidoscopio Energético Argentino | La actividad petrolera en Argentina | Los hidrocarburos offshore | Hidroenergía argentina | Energía nuclear | Energía Eólica | Energía Geotérmica | Hidrógeno e Hidrógeno verde | Biocombustibles | Energía y cambio climático | Energía y Geopolítica.

INSTITUCIONALES

Malvinas a escala 1: 250 000 | Machine Learning para la producción de información geoespacial | Densificación del Modelo de Predicción de Trayectorias GNSS VEL-Ar utilizando datos de interferometría satelital | Mapas en el aula | Atlas Nacional Interactivo de Argentina (ANIDA) para el conocimiento de la geografía energética del país | Código único geográfico en la base de datos de objetos geográficos | Vuelos aerofotogramétricos en la Base Antártica Petrel.

1 Editorial

4



Caleidoscopio Energético Argentino: redes y territorios en transición

Silvina Cecilia Carrizo y Guillermina Paula Jacinto

20



Las Centrales nucleares en Argentina

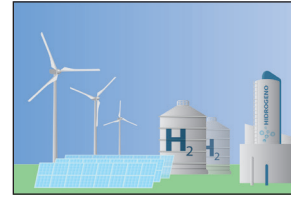
Gerencia de RRII de Nucleoeléctrica Argentina S.A.

23

El Proyecto CAREM

Sol Pedre

38



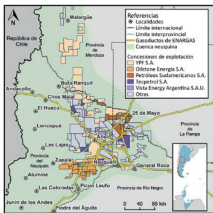
Hidrógeno verde en Argentina:

oportunidades económicas y desafíos ambientales

Carina Guzowski, María Eugenia Castela Caruana y Mariana Zilio

Dossier: las energías en Argentina

9



La actividad petrolera en Argentina. Sus comienzos y el presente “no convencional”

María Fernanda Alarcón, Marcos Fernández y Martín Moroni

26

Viento a favor para la transición energética argentina

Luciana Clementi



42

Evaluando la producción de hidrógeno en el continente antártico

María José Lavorante y Rodrigo Enrique García

Insert "Impronta de la generación de energía en el territorio: una mirada desde imágenes satelitales".

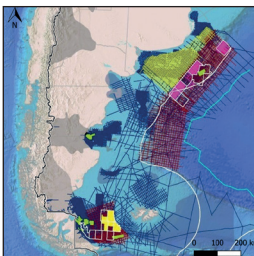
46 Energía, emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático

Alex Aguilar Zurita, Cecilia Morando, Paola Nieto y Sebastián Galbusera

13

La importancia de los Hidrocarburo OffShore

Nicolás Taiaroli



29

Biocombustibles industriales en Argentina. Contexto de desarrollo y actores

Ricardo Alfio Finola y Juan José Torres

50



Imbricaciones multiescalares de la nueva Geopolítica de la Energía

Ana Lía del Valle Guerrero

16

Radiografía de la hidroenergía argentina

Juan Manuel Iribarren, Martín Courtade, Fabiana Caroff



34



Recursos geotérmicos de alta entalpía para la generación de energía eléctrica

Alejandro Conde Serra y Carlos Gabriel Asato

Viento a favor para la transición

Luciana Clementi*

Introducción

Ante la preocupación mundial por transitar hacia un modelo energético bajo en carbono y más inclusivo, los países firman acuerdos en los que se comprometen a realizar cambios en los sistemas de provisión y utilización de la energía. Entre las acciones que implementan, se reconoce el diseño de hojas de ruta para la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), la sanción de leyes, la ejecución de licitaciones de potencia renovable y de programas de aprovisionamiento energético para población dispersa en base a fuentes renovables. Estos impulsos se dirigen con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el marco de la Agenda 2030 promovida por la Organización de Naciones Unidas, especialmente con el ODS 7: garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Asociado a estas políticas de promoción y a los mayores niveles de madurez y competitividad económica de las tecnologías, los inicios del siglo XXI muestran un avance creciente de las energías renovables a nivel mundial. Entre ellas, la eólica viene cobrando un protagonismo destacado con un aumento progresivo de la capacidad instalada en tierra y en mar, ampliando su frontera desde Europa hacia regiones como Asia y América, donde más crece la potencia por la puesta en operación de nuevos parques eólicos, y el desarrollo de la industria de aerogeneradores (*Global Wind Energy Council*, 2022). Argentina dispone de potencial eólico en cerca del 70% de su territorio, con vientos cuya velocidad media anual –medida a 80 m de altura– supera los 6 m/s, y factores de capacidad entre los más altos del mundo. Estas condiciones abren oportunidades tanto para mitigar los desequilibrios regionales en la cobertura territorial de los servicios energéticos como para diversificar y reforzar la seguridad del abastecimiento eléctrico nacional.

Pequeños aerogeneradores: oportunidades de acceso para población rural dispersa

Argentina fue uno de los países pioneros en transformar la energía cinética del viento en energía mecánica para bombeo de agua del subsuelo a partir de molinos eólicos. La extracción de agua de pozo, utilizada principalmente para riego y bebederos de ganado, también cubrió una necesidad de fines del siglo XIX y principios del XX en torno a las locomotoras a vapor, las cuales necesitaban una constante provisión de agua para sus calderas. Llegó a haber cerca de 600.000 molinos eólicos de tipo multipala funcionando en el territorio nacional, adaptándose a las más diversas con-

* Doctora en Geografía. Investigadora asistente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Centro de Estudios Sociales de América Latina, Universidad Nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina.

lclementi@fch.unicen.edu.ar

FIGURA 1. Molino eólico y aerogenerador de baja potencia en Escuela Agrotécnica Tres Arroyos (provincia de Buenos Aires)



Fuente: tomada en el año 2015.

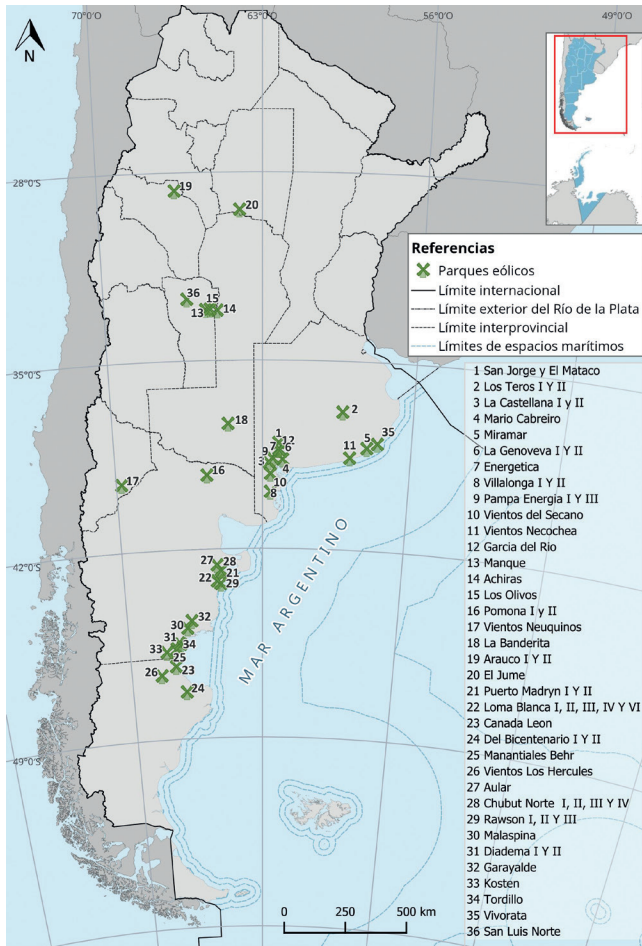
diciones y climas, y aún hoy muchos de ellos constituyen un paisaje icónico en los espacios rurales.

Los aerogeneradores de baja potencia¹ (menor a los 100 kW) para producción de electricidad tienen un desarrollo más incipiente en el país. La mayoría de las instalaciones existentes se enmarcan en programas promovidos a fines de la década de 1990 por estímulos estatales en áreas rurales: Electrificación Eólica de Aldeas Escolares, Electrificación de pobladores rurales y mejoramientos de vivienda en comunidades aborígenes y Programa de Energías Renovables en Mercados Eléctricos Rurales (PERMER). Las regiones Patagónica y Pampeana reúnen la mayor cantidad de los aerogeneradores promovidos por estos programas, los

¹ A diferencia de los molinos se caracterizan por un rotor, un generador que se mueve por arrastre del rotor y 3 palas que permiten desarrollar una mayor eficiencia de transformación de la energía primaria contenida en el viento.

energética argentina

FIGURA 2. Parques eólicos operativos en Argentina (2023)



Fuente: elaborado por el IGN con base en datos de CAMMESA.

cuales han permitido abastecer de electricidad a hogares, escuelas, salas de emergencia médica y destacamentos policiales aislados de las redes de conexión. Asimismo, desde inicios del siglo XXI, se expanden instalaciones impulsadas por PyMES, instituciones educativas y ONG como 500RPM en vinculación con la red internacional *Wind Empowerment*, especializada en proyectos de electrificación con autoconstrucción de aerogeneradores (FIGURA 1). Estas amplían las posibilidades de responder a demandas energéticas como suministro residencial, extracción de agua mediante electrobombas, sistemas de comunicación y monitoreo autónomos, e incluso utilización de herramientas eléctricas livianas, ofreciendo oportunidades para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones marginadas.

En menor medida, se observan prototipos de aerogeneradores de baja potencia en espacios urbanos. Se trata de experiencias piloto impulsadas por centros de investigación

en el marco de proyectos científicos con el fin de probar tecnología de eje vertical o sistemas híbridos con paneles solares, realizar ensayos y capacitar recursos humanos.

Cabe destacar que Argentina cuenta con una red de proveedores de aerogeneradores eólicos de baja potencia. La capacidad industrial existente está dada por cerca de 15 fabricantes locales que ofrecen modelos adaptados a diferentes necesidades. Esta ventaja productiva crea condiciones favorables para la expansión de instalaciones (Clementi y Jacinto, 2021).

Gigantes eólicos: una historia de tres generaciones

El aprovechamiento del recurso eólico para producción eléctrica mediante parques de media y alta potencia fue impulsado a partir de la puesta en valor del potencial con la publicación de mapas y series estadísticas a mediados de la década de 1980, elaborados por organismos públicos como el Servicio Meteorológico Nacional, el Centro Regional de Energía Eólica (CREE) y el Centro Regional Patagónico (CENPAT-CONICET). Los resultados arrojados resaltaron a la Región Patagónica como uno de los sitios con mayor potencial eólico del mundo, alentando la progresiva instalación de parques. Desde ese momento a la actualidad, la historia del desarrollo eólico se ve plasmada en tres generaciones que conviven en el territorio, mostrando características particulares y condicionadas por diferentes contextos. La primera, de mediados de la década de 1990, surge de la mano del cooperativismo eléctrico para abastecer sus redes locales. Estos parques, aunque en su mayoría ya han dejado de funcionar, sientan las bases o “raíces”. La segunda se materializa en instalaciones de alta potencia que proliferan a partir del año 2010, volcando su energía al sistema interconectado para cubrir demandas nacionales. Estos nuevos parques en operación se multiplican o “ramifican” gracias a estímulos estatales², haciendo crecer exponencialmente la capacidad instalada. A inicios de la década del 2020, en el marco de nuevas licitaciones de potencia que buscan impulsar proyectos con el fin de aprovechar redes de media tensión para servir a la autogeneración o a la venta de energía entre privados, una tercera generación eólica comienza a vislumbrarse como “nuevos rebrotes”. Así, el árbol genealógico eólico argentino muestra una creciente proliferación de proyectos a lo largo de los últimos 30 años (Clementi, Carrizo y Jacinto, 2021).

El mapa eólico nacional con los parques operativos refleja tres epicentros o áreas estratégicas: en torno al Golfo

² Marco normativo de promoción de las energías renovables (Ley 27.191/2015), licitaciones de potencia (programa RenovAR/2016), la habilitación del Mercado a término de energías renovables entre privados MATER (Resolución N° 281/2017).

de San Jorge, el noreste de la provincia del Chubut y el sur bonaerense. A su vez, la frontera eólica se expande, aunque en menor medida, hacia otras latitudes del Centro y Noroeste como las provincias de Córdoba, La Pampa y La Rioja (FIGURA 2).

Impulso eólico para la diversificación de la matriz eléctrica

El abastecimiento del sistema eléctrico argentino depende en un 58% del gas, principal combustible empleado en centrales térmicas convencionales y de ciclo combinado. Esto interpela sobre la necesidad de introducir cambios en pos de una matriz menos dependiente y más diversa. Bajo los estímulos de programas y licitaciones en el marco de la Ley 27.191, que fija como meta que el país cubra un 20% de la demanda a partir de fuentes renovables para el año 2025, la participación de las renovables crece. En el año 2012, éstas sólo cubrían un 3,6% de la demanda de energía eléctrica, mientras que en 2022 alcanzaron un 13,9% (Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista [CAMMESA], 2023). Incluso se han dado récords históricos en días puntuales, como el 19 de febrero de 2023, cuando la generación de energía limpia alcanzó el 32% del total ofrecido por el sistema. La fuente que contribuye con mayor generación renovable es la eólica con el 74% gracias a los parques en funcionamiento (FIGURA 3).

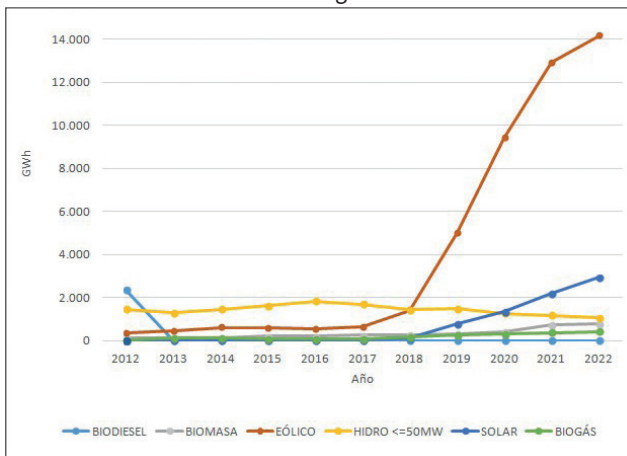
La provincia del Chubut lidera la generación eólica del país, seguido por la provincia de Buenos Aires y, en tercer lugar, Santa Cruz. En 2021, el aprovechamiento del viento permitió generar alrededor de 12.900 GWh anuales, equivalente al consumo de más de 2,8 millones de hogares. Esto representa una reducción de alrededor de 6 millones de toneladas de CO₂ por año (Cámara Eólica Argentina [CEA], 2021).

En términos de potencia, la energía eólica con más de 900 aerogeneradores instalados en el país también es líder del segmento renovable con 3.475 MW; le sigue la solar con 1.311 MW, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos con 502 MW y, por último, las bioenergías con 274 MW. Asimismo, hay nuevos proyectos eólicos en construcción que ampliarán la potencia acumulada, entre algunos ejemplos: el Parque Eólico La Elbita, y Buena Ventura, ambos en la provincia de Buenos Aires y el Parque Eólico Aluar en Chubut.

Reflexiones finales

El desarrollo de la energía eólica en Argentina refleja alcances y desafíos. En lo que respecta a la baja potencia eólica, la instalación de pequeños aerogeneradores ha contribuido a revertir situaciones de inequidad en el acceso a los servicios energéticos, mejorando condiciones del hábitat (iluminación, refrigeración y comunicaciones) y fortaleciendo actividades educativas y productivas de población rural dispersa. No obstante, el elevado costo de los equipos y las dificultades logísticas para su mantenimiento representan las principales limitaciones para la expansión de su

FIGURA 3. Generación de energía eléctrica renovable según fuente



Fuente: elaboración propia en base a datos de CAMMESA.

adopción. En lo que respecta a grandes parques, el crecimiento de la capacidad eólica instalada en los últimos cinco años favorece la diversificación y descarbonización de la matriz eléctrica nacional. De todas formas, actualmente se presentan desafíos técnicos y macroeconómicos que atentan con frenar el boom eólico. La saturación de los nodos en las redes de transmisión por la falta de inversión en nuevas infraestructuras hace que la puesta en operación de nuevos parques eólicos se vea obstaculizada. A su vez, nuevos desafíos y posibilidades se abren para ampliar la trayectoria del sector eólico a partir de mega-proyectos (anunciados) de producción de hidrógeno verde para exportación.

BIBLIOGRAFÍA

Cámara Eólica Argentina. (2021). *Cambio climático y financiamiento. El aporte de la industria eólica. Septiembre*. <https://camaraeolicaargentina.com.ar/wp-content/uploads/2023/01/CAMBIO-CLIMATICO-Y-FINANCIAMIENTO.pdf>.

Clementi, L., Carrizo, S. y Jacinto, G. (2021). Genealogía eólica argentina (1995-2020). *Revista Finisterra*, VI (116), 205-221.

Clementi, L. y Jacinto, G. (2021). Energía eólica de baja potencia: potencialidades y desafíos para la generación distribuida en Argentina. *Revista Letras Verdes*, N° 29, 48-64.

Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista. (2023). *Informe Mensual Julio 2023. Generación Renovable Variable. Energías Renovables, Integración y Despacho*. <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/RenovablesIMGRV/Informe%20Mensual%20de%20Generaci%C3%B3n%20Renovable%20Variable%20-%20Julio%202023%20-%20CAMMESA.pdf>.

Global Wind Energy Council. (2022). *Global wind report*. <https://gwec.net/global-wind-report-2022/>