

CEF
junio 2025

TEMA DE ANÁLISIS

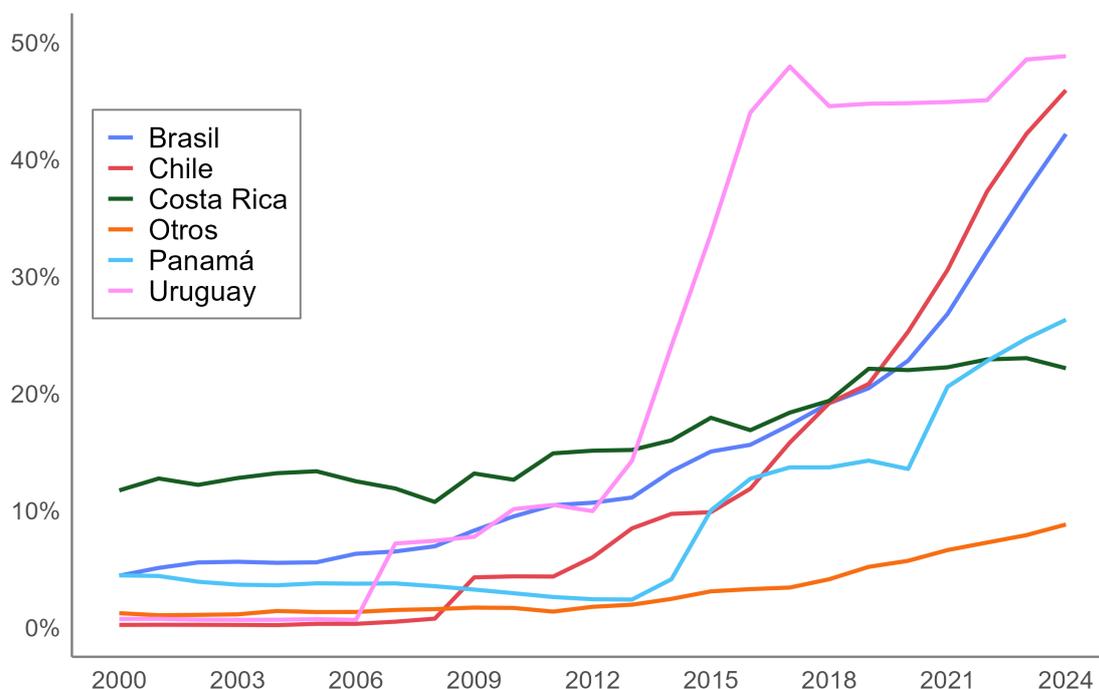


La Transición Energética Chilena¹

Chile, un Caso de Éxito en la Transición Energética de LATAM

Chile se ha posicionado como un líder en América Latina en el desarrollo de Energías Renovables No Convencionales²(ERNC). En esta línea, la transformación de la matriz energética del país ha sido particularmente acelerada desde el año 2010. Tal como se observa en el Gráfico N°1, que presenta el porcentaje de capacidad instalada correspondiente a ERNC por país, en 2010 Chile registraba apenas un 4,4% del total de su matriz energética proveniente de estas fuentes, ubicándose muy por detrás de los líderes regionales de ese entonces, como Costa Rica (12,6%) y Uruguay (10,1%).

Gráfico N°1: Fracción de la Capacidad Instalada Total correspondiente a ERNC en Latinoamérica



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la International Renewable Energy Agency (IRENA)

Este panorama cambió drásticamente en el transcurso de solo nueve años. Para el año 2019, aproximadamente un 20,8% de la matriz energética chilena correspondía a ERNC. En otras palabras, entre 2010 y 2019, Chile multiplicó por más de cinco su capacidad instalada en este tipo de energía. Aún más revelador es lo ocurrido entre 2015 y 2018: en apenas tres años, el país prácticamente duplicó la proporción de ERNC dentro de su matriz, pasando de cerca del 10% a alrededor del 20% de la capacidad instalada total.

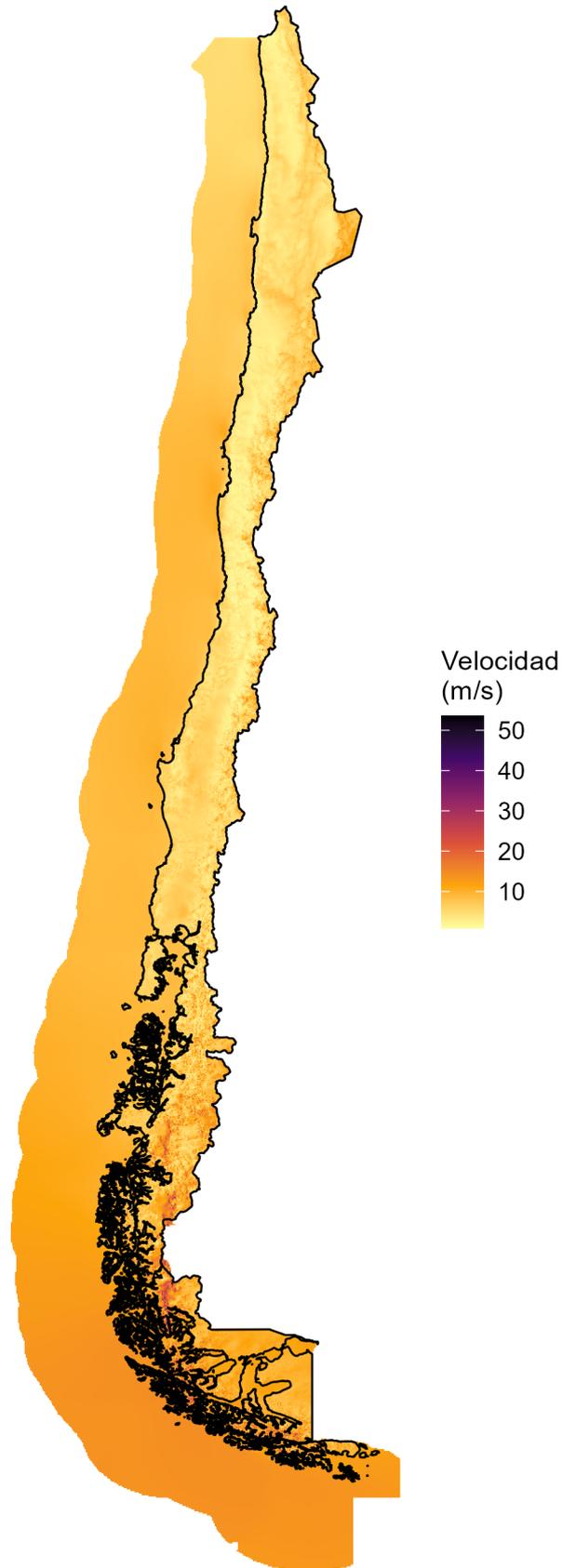
¹Informe por Maximiliano VillaLobos, Ingeniero Comercial Mención Economía PUC y Magíster en Economía Aplicada PUC

²Dentro de las cuales se considera a Energía Solar, Eólica, Geotérmica y Biomasa.

El Gráfico N°1 resulta particularmente ilustrativo respecto a esta evolución. Mientras los países que históricamente lideraban en participación de ERNC continuaron aumentando su proporción a un ritmo relativamente lento, en el caso chileno se observa una pendiente mucho más pronunciada. En otras palabras, Chile incrementó de manera acelerada la participación de las ERNC en su matriz energética. El único país de la región que se aproxima a esta velocidad de transición es Uruguay, que inició antes su proceso de transformación y que, al año 2024, continúa liderando en términos de participación de ERNC en América Latina. No obstante, es probable que este liderazgo sea superado por Chile, ya que, como muestra el Gráfico N°1, a partir de 2016 Uruguay detuvo el crecimiento de las ERNC en su sistema, manteniéndose estable entre un 44 % y un 49 % desde entonces.

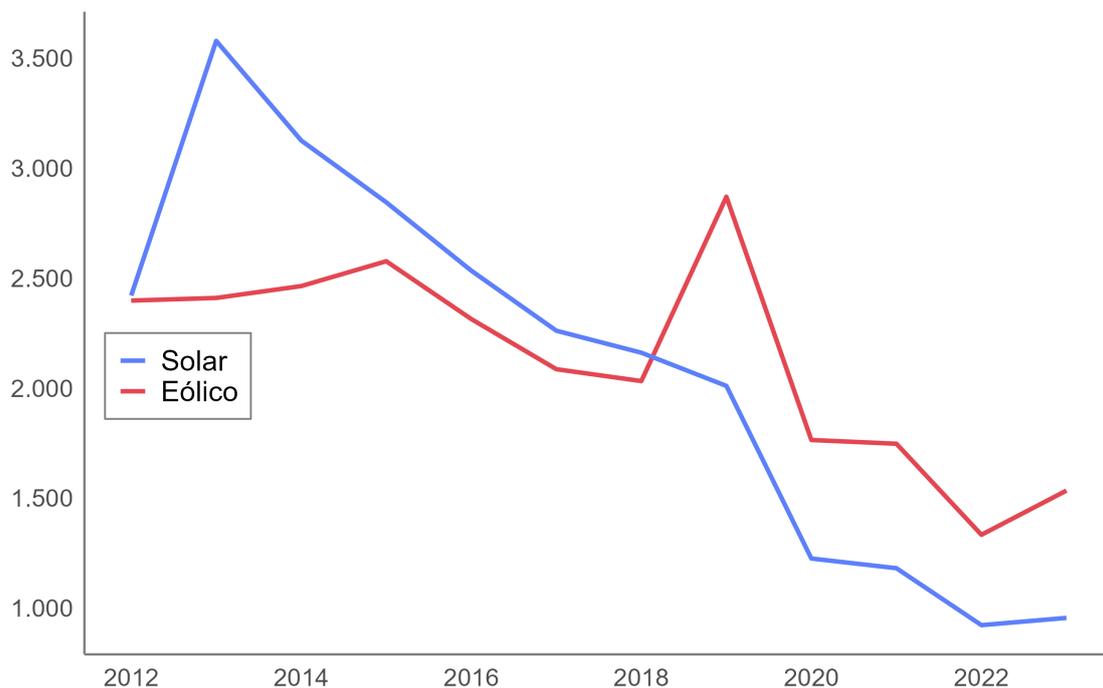
El caso chileno no es fruto del azar. Tres factores fundamentales se conjugaron para hacer posible esta transformación. En primer lugar, Chile cuenta con una ventaja natural significativa: presenta biomas altamente propicios para la generación de electricidad a partir de energías renovables, como el Desierto de Atacama para la energía solar y una extensa costa, especialmente en el sur del país, con condiciones climáticas favorables para la generación eólica (como se muestra en el Gráfico N°2). En segundo lugar, se encuentra la drástica reducción en los costos de instalación de tecnologías solares y eólicas durante los últimos 10 a 15 años, una tendencia global que también benefició a Chile, tal como se observa en el Gráfico N°3. Por último, y tan relevante como el primer factor, destaca el rol de la regulación nacional, que facilitó e incentivó el desarrollo de estas fuentes renovables por sobre las energías convencionales, como el carbón y el gas natural.

Gráfico N°2: Velocidad Media del Viento en Chile Continental



Fuente: Global Wind Atlas

Gráfico N°3: Evolución de los Costos de Instalación de Tecnologías Solares y Eólicas (USD/kW) en Chile 2012-2023



Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

El Marco Regulatorio Habilitador: La Ley ERNC

El notable incremento en la participación de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) en la matriz energética chilena, especialmente el acelerado crecimiento observado a partir de 2015, no fue un fenómeno espontáneo. Si bien las favorables condiciones geográficas y la reducción global de costos tecnológicos jugaron un papel importante, fue un marco regulatorio robusto y evolutivo el que actuó como catalizador fundamental.

Introducción: Cimentando el Camino para las ERNC (Ley N° 20.257)

La Ley N° 20.257, promulgada en 2008, representó el primer hito legislativo fundamental para la promoción de las ERNC en Chile. Esta normativa introdujo la obligación para las empresas generadoras eléctricas con una capacidad instalada superior a 200 megawatts (MW) de acreditar que un porcentaje de la energía comercializada proviniera de fuentes ERNC.

Inicialmente, se estableció una cuota del 5 % para el periodo 2010-2014, con un incremento programado de 0,5 % anual a partir de 2015. El objetivo primordial era iniciar la diversificación de la matriz energética nacional, tradicionalmente dependiente de combustibles fósiles, y sentar las bases para una mayor seguridad y sostenibilidad del suministro.

Si bien las metas iniciales de la Ley N° 20.257 pueden parecer modestas en retrospectiva, su promulgación fue crucial. Instauró el principio de obligatoriedad en la incorporación de ERNC, una señal política clara para el mercado sobre la dirección estratégica del país en materia energética. Este marco incipiente comenzó a generar una mayor conciencia sobre el potencial de las ERNC y estimuló los primeros análisis de viabilidad a mayor escala, preparando a los diversos actores del sector –generadores, reguladores e inversionistas– para un futuro con una participación renovable significativamente mayor. La definición legal de las fuentes ERNC y el establecimiento de un mecanismo de cuotas, aunque básico, constituyeron pasos institucionales indispensables para el desarrollo posterior.

El Punto de Inflexión Regulatorio: La Ley N° 20.698 y la Aceleración desde 2015

El verdadero punto de inflexión regulatorio que catalizó el crecimiento exponencial de las ERNC a partir de 2015 fue la Ley N° 20.698, promulgada en octubre de 2013. Conocida como “Ley 20/25”, esta legislación modificó sustancialmente la Ley N° 20.257, estableciendo un marco mucho más ambicioso y efectivo. Su principal disposición fue la fijación de una nueva meta: alcanzar un 20 % de generación eléctrica a partir de fuentes ERNC para el año 2025, aplicable a los contratos de suministro suscritos con posterioridad a agosto de 2007.

Para alcanzar este objetivo, la Ley N° 20.698 implementó un esquema de incremento progresivo y más acelerado de la cuota anual de ERNC exigida. La obligación del 5 % vigente hasta 2013 aumentó en un 1 % anual a partir de 2014 hasta alcanzar un 12 % en 2020; posteriormente, se proyectó un aumento del 1,5 % anual desde 2021 hasta llegar al 18 % en 2024; y finalmente un incremento del 2 % en 2025 para consolidar el 20 %. Este cronograma claro, predecible y con incrementos significativos fue determinante para impulsar las inversiones que se materializaron

en el rápido aumento de la capacidad ERNC observado entre 2015 y 2018.

Además de elevar las metas, la Ley N° 20.698 introdujo un cambio fundamental en los mecanismos de fomento al crear, mediante el artículo 150 ter del DFL N°4, la obligación para el Ministerio de Energía de realizar licitaciones públicas específicas para la provisión de bloques de energía ERNC. Este mecanismo, diseñado para complementar el sistema de certificados de cumplimiento, aseguró una demanda concreta para la nueva capacidad renovable, otorgando mayor certeza a los desarrolladores. La combinación de metas ambiciosas, un cronograma de cumplimiento predecible y mecanismos de licitación que garantizaban un mercado para la energía renovable redujo drásticamente la incertidumbre para los inversionistas. Este entorno regulatorio favorable, sumado a la notable disminución de los costos de las tecnologías solares y eólicas, generó un círculo virtuoso: la regulación creó demanda y predictibilidad, mientras la tecnología ofrecía soluciones cada vez más competitivas, viabilizando proyectos ERNC a gran escala que transformaron la matriz energética chilena.

Mecanismos Clave en Acción: Licitaciones de Suministro y Fomento a la Competencia ERNC (Post-2015)

La materialización del potencial ERNC, impulsado por la Ley N°20.698, se concretó principalmente a través de las licitaciones de suministro eléctrico para clientes regulados. Estos procesos fueron perfeccionados por la Ley N° 20.805, promulgada en 2015, que introdujo mejoras cruciales para la participación de las ERNC. Esta ley traspasó la responsabilidad de liderar las licitaciones desde las empresas distribuidoras a la Comisión Nacional de Energía (CNE), extendió la duración de los contratos de suministro a 20 años y, fundamentalmente, permitió el establecimiento de bloques horarios y consideraciones de estacionalidad para ciertas tecnologías. Estos cambios fueron determinantes para que las ERNC, especialmente las de naturaleza variable como la solar y la eólica, pudieran competir en igualdad de condiciones.

Consolidación del Marco Habilitador y Perspectivas

El conjunto de estas normativas –la Ley N° 20.257 y su crucial modificación por la Ley N° 20.698 y el perfeccionamiento de las licitaciones mediante la Ley N° 20.805, configuró un ecosistema regulatorio robusto y predecible. Este marco, al interactuar sinérgicamente con las excepcionales condiciones geográficas de Chile y la reducción de los costos tecnológicos, fue el factor decisivo detrás del crecimiento exponencial de la capacidad ERNC desde 2015.

La continuidad de este impulso se refleja en objetivos aún más exigentes, como la obligación para los suministradores de acreditar una cuota global anual de ERNC del 40 % para 2030, y una exigencia específica del 30 % de retiros ERNC por bloques horarios para la misma fecha. Estas metas se alinean con la Política Energética de Largo Plazo y la Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde, que dependen de una alta penetración renovable. Sin embargo, el éxito en fomentar la generación ERNC ha traído nuevos desafíos, como el vertimiento de energía y el desacople de precios debido a insuficiencias en la transmisión. Esto subraya la necesidad de una planificación integrada que aborde la expansión de la red y el almacenamiento, asegurando la sostenibilidad

de la transición energética chilena.

Críticas y Consecuencias No Deseadas del Marco Regulatorio

No obstante, una visión crítica del marco regulatorio sugiere que su rotundo éxito en fomentar la inversión también generó consecuencias no deseadas. Se argumenta que los incentivos, al estar casi exclusivamente centrados en la instalación de nueva capacidad de generación, promovieron un desarrollo acelerado pero inorgánico. Esta “fiebre inversora”, especialmente en proyectos solares y eólicos, no fue acompañada por un desarrollo paralelo y planificado de la infraestructura de respaldo y evacuación, como las líneas de transmisión y los sistemas de almacenamiento a gran escala.

En la práctica, esto significó que se tomaron altos riesgos sistémicos. Al sobreincentivar la oferta de generación sin asegurar de antemano la capacidad de la red para transportarla, el marco regulatorio sentó las bases para los desafíos actuales: el congestionamiento crónico de las líneas, el vertimiento de energía limpia y el profundo desacople de precios entre el norte y el centro-sur del país. Desde esta perspectiva, el éxito en la descarbonización de la matriz se logró a costa de crear un desequilibrio estructural cuya solución es hoy el principal desafío para la sostenibilidad del sistema eléctrico chileno.

La Magnitud de la Transformación: Crecimiento y Composición

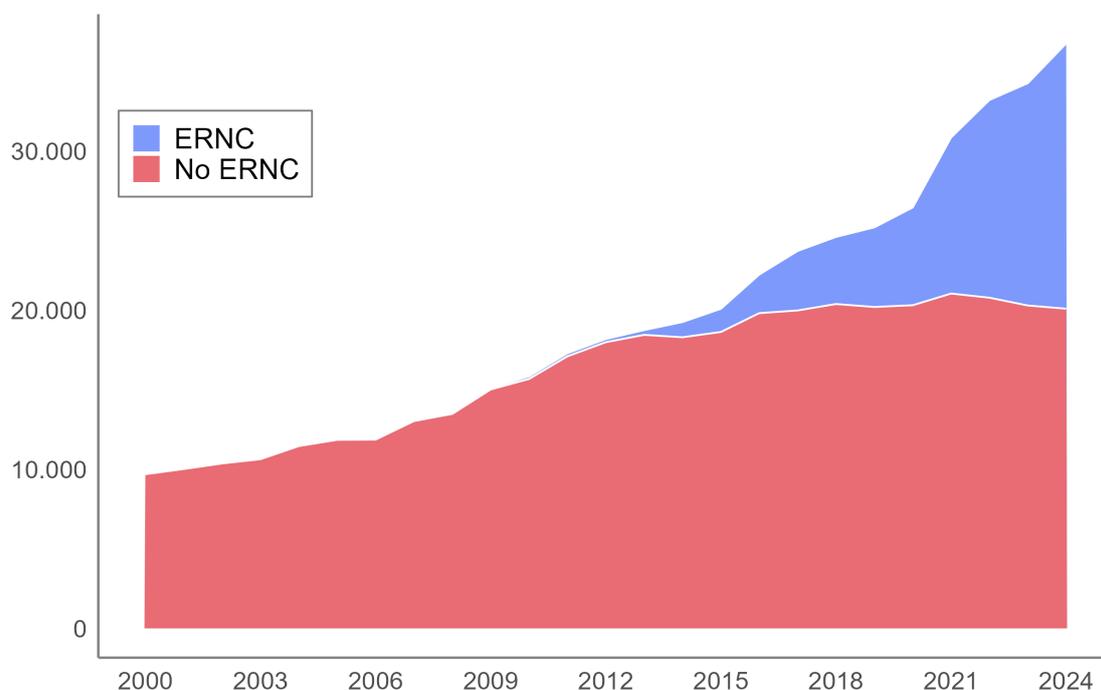
La transformación de la matriz energética en Chile se explica por dos componentes fundamentales: la capacidad instalada de ERNC y la generación efectiva de electricidad proveniente de este tipo de fuentes. La distinción entre ambos conceptos es clave. La capacidad instalada corresponde a la máxima potencia que un sistema de generación puede alcanzar bajo condiciones óptimas, mientras que la generación se refiere a la cantidad de energía eléctrica que efectivamente se produce durante un período determinado. Ambos componentes han registrado un crecimiento sostenido y significativo, al menos desde el año 2010.

El Gráfico N°4 ilustra la evolución de la capacidad instalada, diferenciando entre energías convencionales y Energías Renovables No Convencionales (ERNC). Como se observa, antes del año 2010 las energías convencionales representaban prácticamente la totalidad del sistema. A partir de ese punto, la participación de las ERNC comenzó a crecer de forma vertiginosa. En 2010, el 99 % de la capacidad instalada correspondía a fuentes convencionales, mientras que en 2024 esa cifra se redujo al 55 %. Es decir, en tan solo 14 años, la participación de las ERNC en la capacidad instalada total pasó de un 1 % a un 45 %.

Para estimar el ritmo promedio de crecimiento durante este período, se utilizó la Tasa de Crecimiento Anual Compuesta (CAGR, por sus siglas en inglés), que mide el crecimiento acumulado bajo el supuesto de una tasa constante. Aplicando esta fórmula, se obtiene un crecimiento promedio compuesto de aproximadamente 33,93 % anual. Esto implica que, si la participación de las ERNC hubiese aumentado todos los años a una tasa constante, esta habría sido de 33,93 % anual para alcanzar el nivel observado en 2024. Sin embargo, este ritmo no es sostenible indefi-

nidamente, ya que la participación de las ERNC tiene un límite natural del 100 %. De mantenerse dicha tasa, ese límite se alcanzaría antes del año 2030, lo cual no es factible. Por lo tanto, se espera que en los próximos años la tasa de crecimiento se desacelere progresivamente, a medida que las ERNC se consoliden como la mayoría dentro de la capacidad instalada del sistema eléctrico chileno.

Gráfico N°4: Evolución de la Capacidad Instalada (MWh) Total por Categoría en Chile 2000-2024



Fuente: Comisión Nacional de Energía

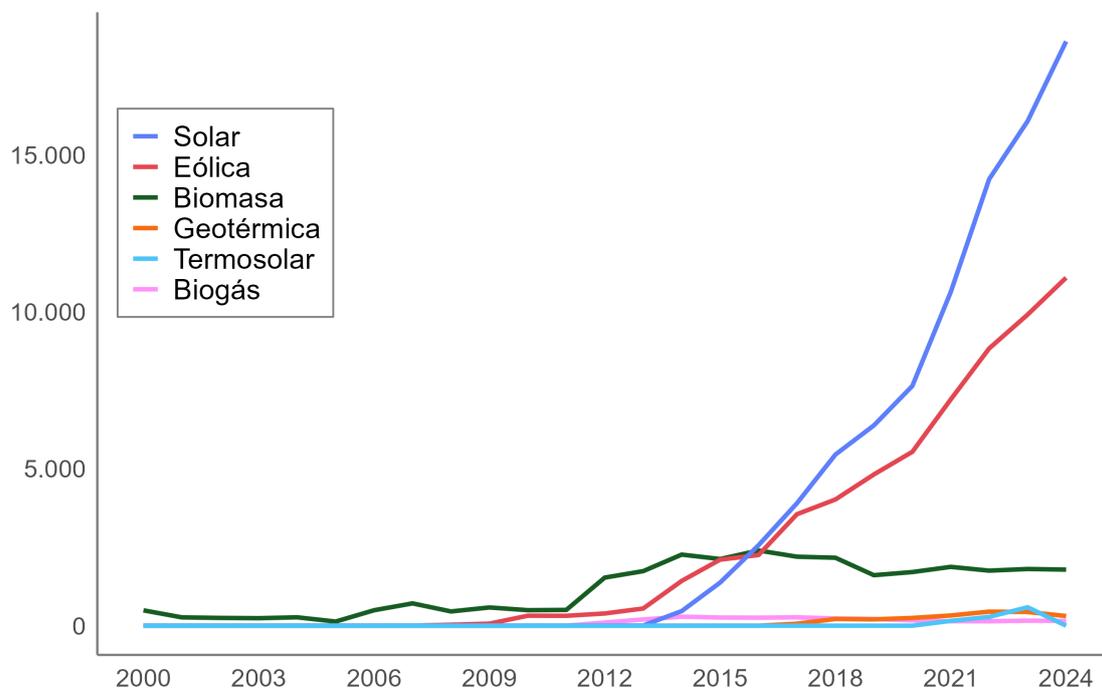
Al considerar exclusivamente la capacidad instalada de ERNC, se observa que la mayor parte corresponde a las tecnologías solar y eólica. Por lo tanto, no resulta sorprendente que la generación efectiva de electricidad proveniente de fuentes ERNC también esté dominada por estas dos tecnologías. En particular, la energía solar lidera ampliamente entre las ERNC en términos de generación eléctrica, con un crecimiento explosivo a partir del año 2013, como se muestra en el Gráfico N°5.

Este crecimiento se explica, por una parte, por la drástica reducción en los costos de los paneles solares y su instalación—una tendencia global, no exclusiva de Chile—y, por otra, por las condiciones excepcionales de radiación solar que ofrece el norte del país, especialmente en el Desierto de Atacama. La combinación de estos factores impulsó de forma acelerada la incorporación de la energía solar en la matriz energética chilena.

Para ilustrar con mayor claridad lo expuesto anteriormente, en el año 2013 la energía solar representaba prácticamente un 0 % de la generación eléctrica en Chile. Sin embargo, en 2024, apenas once años después, su participación alcanzó el 21,8 %. En ese mismo año, las ERNC en su conjunto representaron un 37,4 % de la generación total del sistema. Al considerar únicamente

las tecnologías solar y eólica, ambas concentraron un 34,7% de la generación total en 2024. En otras palabras, estas fuentes renovables no solo han sido determinantes en el crecimiento de la capacidad instalada, sino que también han sido las principales responsables de la transformación efectiva de la matriz energética chilena.

Gráfico N°5: Descomposición de la Generación Total (GWh) de ERNC por Tecnología 2000-2024

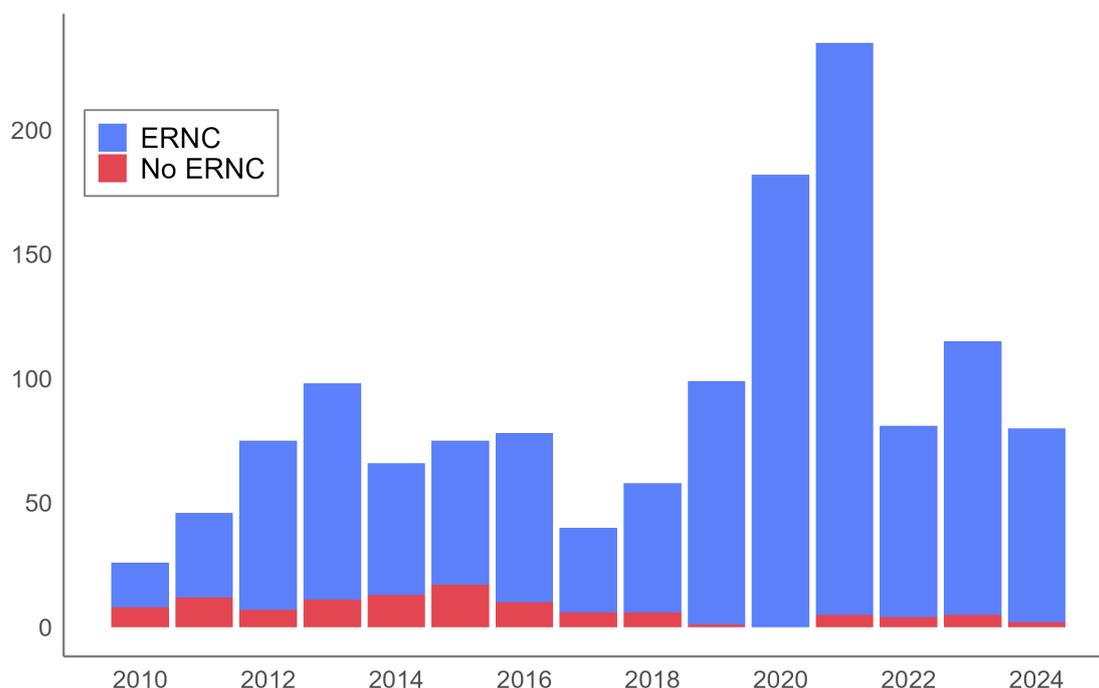


Fuente: Comisión Nacional de Energía

El Motor del Cambio: Inversión y Desarrollo de Proyectos

La transformación descrita en la sección anterior no ha sido gratuita; por el contrario, ha requerido una inversión considerable en proyectos de generación eléctrica ERNC. El Gráfico N°6 da cuenta de esta tendencia, mostrando el número de proyectos de generación ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) entre los años 2010 y 2024. Desde al menos 2010, una proporción ampliamente mayoritaria de los proyectos presentados corresponde a iniciativas basadas en energías renovables no convencionales, lo que refleja el creciente interés del sector por invertir en este tipo de tecnologías.

Gráfico N°6: Número de Proyectos de Generación Eléctrica Ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

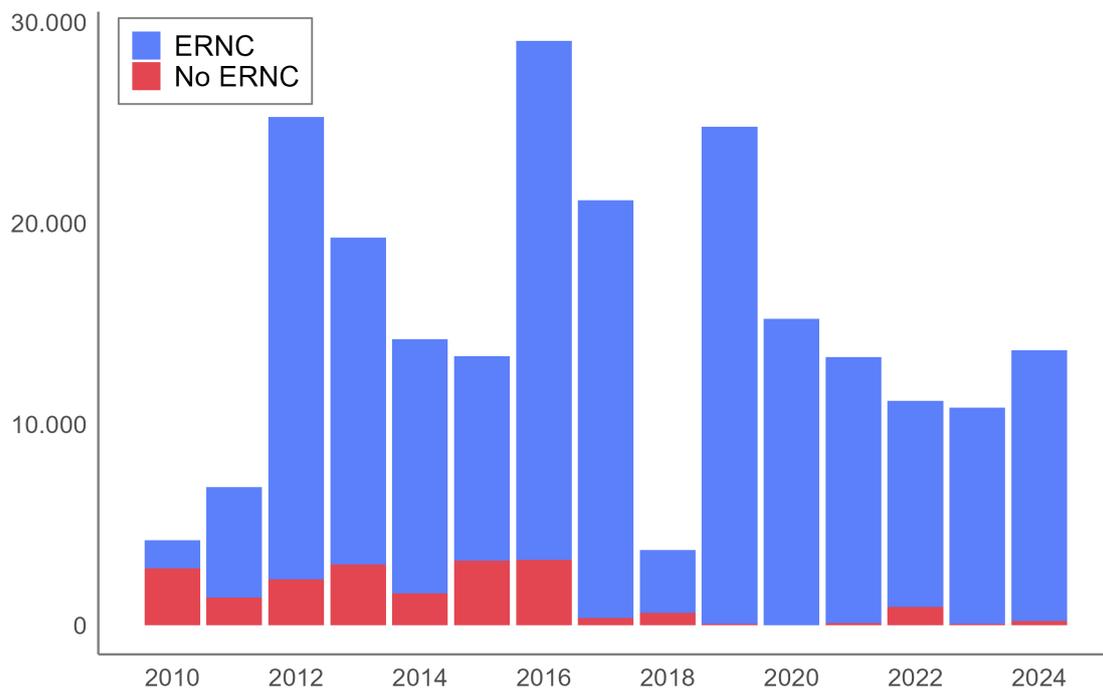


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Comisión Nacional de Energía

Lo anteriormente señalado también se confirma al observar los montos totales de inversión, en millones de dólares, asociados a proyectos de generación eléctrica ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA). Desde al menos 2011, la mayor parte de estas inversiones ha estado dirigida a proyectos basados en Energías Renovables No Convencionales (ERNC), lo que refuerza el interés estructural del sector por este tipo de tecnologías. Estas inversiones han abarcado plantas de distinta escala y capacidad, lo que explica la variabilidad en los montos anuales.

Se observa, además, una ralentización en los niveles de inversión en los últimos años, lo cual es consistente con el aumento sostenido en la participación de las ERNC dentro del sistema. A medida que estas fuentes ocupan una mayor proporción de la matriz energética, las oportunidades de expansión disminuyen relativamente. A esto se suma el hecho de que la demanda energética en Chile ha crecido a un ritmo más moderado en los últimos años, en línea con la desaceleración del crecimiento económico y con menores requerimientos energéticos por parte del sector productivo.

Gráfico N°7: Montos (US\$ Millones) Invertidos en Proyectos de Generación Eléctrica que fueron Ingresados al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

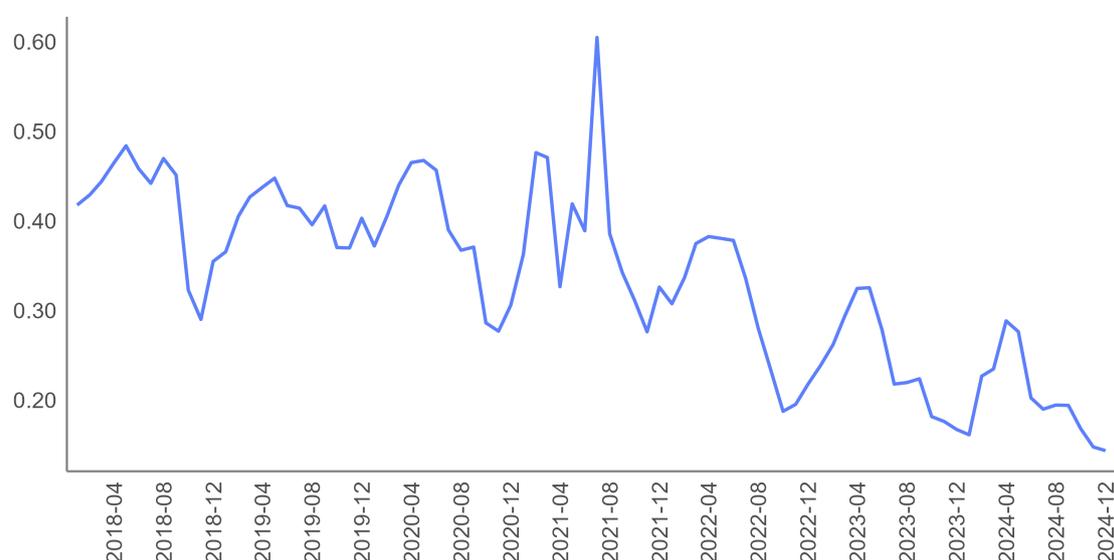


Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Comisión Nacional de Energía

Consecuencias y Desafíos Futuros

Una consecuencia directa de la transformación del sector de generación eléctrica en Chile ha sido la reducción significativa de sus emisiones. Al analizar la evolución mensual del factor de emisión —medido en toneladas de CO₂ equivalente por cada megawatt-hora (MWh) producido— entre enero de 2018 y diciembre de 2024, se observa una tendencia clara a la baja. Esta disminución refleja el reemplazo progresivo de fuentes fósiles por tecnologías limpias en la matriz energética nacional, consolidando así el rol de las ERNC no solo en términos de capacidad y generación, sino también como un pilar fundamental de la estrategia de descarbonización del país.

Gráfico N°8: Evolución Mensual del Factor de Emisión (kg CO₂ eq/MWh) del Sistema Eléctrico Nacional



Fuente: Comisión Nacional de Energía

Esta reducción de emisiones es positiva por al menos dos razones. En primer lugar, responde a un compromiso de cooperación internacional. En diciembre de 2015, durante la COP21, se adoptó el Acuerdo de París, suscrito por 195 países —incluido Chile— con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a menos de 2°C respecto de los niveles preindustriales, y de ser posible, restringirlo a 1,5°C. Chile ratificó formalmente el acuerdo en febrero de 2017, reafirmando así su compromiso con la acción climática global. En este contexto, la transformación del sector energético adquiere especial relevancia, ya que se trata de uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. Con ello, Chile no solo contribuye a su propia transición energética, sino que también asume un rol activo frente a un desafío que afecta a toda la comunidad internacional.

En segundo lugar, la reducción de emisiones conlleva beneficios directos a nivel local. La conta-

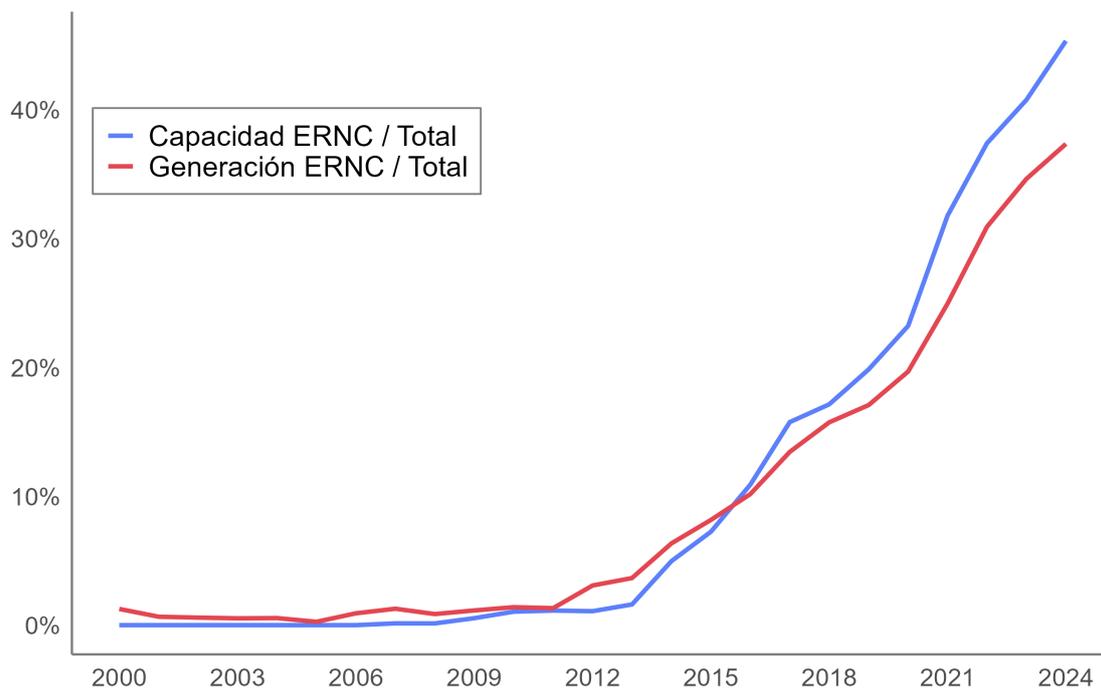
minación ambiental asociada a la generación eléctrica —especialmente proveniente de centrales a carbón— ha tenido un impacto significativo en las comunidades cercanas a estas, muchas de las cuales se encuentran en las denominadas “zonas de sacrificio”. El cierre progresivo de estas centrales contaminantes no representa una mejora marginal, sino una transformación sustancial en la calidad de vida de sus habitantes, particularmente en lo relativo a enfermedades respiratorias derivadas de la exposición prolongada al material particulado. Un ejemplo emblemático es el caso de las centrales ubicadas en Ventanas, en las comunas de Puchuncaví y Quintero, una zona ampliamente reconocida por las consecuencias sanitarias y ambientales asociadas a este tipo de actividad.

Sin embargo, junto con los beneficios alcanzados, también emergen importantes desafíos. El principal consiste en asegurar que la transición de la matriz energética chilena hacia las ERNC continúe y se consolide a través de una política de Estado, independiente del gobierno de turno, considerando los impactos positivos ya descritos. Asimismo, resulta fundamental garantizar precios de electricidad accesibles tanto para los clientes regulados como para los clientes libres³, y asegurar una provisión continua y estable de energía al sistema. Este último punto es especialmente relevante si se considera que la mayor parte de la capacidad instalada de ERNC en Chile proviene de fuentes intermitentes como la solar y la eólica, lo que plantea exigencias adicionales en términos de almacenamiento, respaldo y planificación del sistema eléctrico.

Este desafío se vuelve particularmente crítico durante las horas nocturnas, cuando no hay generación solar y los niveles de viento suelen disminuir. Como se muestra en el Gráfico N°9, existe una brecha persistente entre la capacidad instalada de ERNC y la generación efectiva que estas tecnologías aportan al sistema. Desde al menos 2015, la proporción de energía generada a partir de ERNC ha estado por debajo de su peso relativo en la capacidad total del sistema eléctrico chileno. Ese mismo año marcó el inicio del liderazgo de la energía solar en la generación renovable del país, lo que, si bien representa un avance, también plantea una limitación estructural: la producción solar se concentra en las horas diurnas, y actualmente no existe una solución suficientemente económica y escalable para almacenar el excedente de energía no inyectada al sistema durante el día y utilizarla en la noche. En consecuencia, el vertimiento de energía —es decir, la pérdida de energía generada que no se puede aprovechar— se ha convertido en un problema relevante que requiere atención.

³En el sistema eléctrico chileno, los clientes se clasifican como regulados o libres. Los clientes regulados, que son aquellos con una potencia contratada menor o igual a 5.000 kW (hogares, entidades y empresas pequeñas), están sujetos a precios regulados por la Comisión Nacional de Energía (CNE). Por otro lado, los clientes libres, con una potencia contratada mayor a 5.000 kW, pueden negociar sus precios de energía directamente con las empresas generadoras o autogenerar electricidad.

Gráfico N°9: Brecha entre la Capacidad Instalada y la Generación Total de ERNC del Sistema Eléctrico en Chile



Elaboración propia en base a datos de la Comisión Nacional de Energía

En este escenario del sector de generación, el sector de transmisión eléctrica también enfrenta desafíos cruciales para habilitar la consolidación de las ERNC y abordar las limitaciones descritas. Entre estos se cuentan: la necesidad de expandir y reforzar la infraestructura para evacuar la creciente generación renovable, particularmente desde zonas con alto potencial pero alejadas de los centros de consumo, y así mitigar el problema del vertimiento; la gestión de la variabilidad e intermitencia inherente a las fuentes solar y eólica, asegurando la capacidad de transportar energía de respaldo o almacenada para cubrir la demanda en horarios sin producción solar o con bajo recurso eólico; y la facilitación de la integración de soluciones de almacenamiento a gran escala a la red, permitiendo que la energía excedentaria capturada durante el día pueda ser inyectada y transportada eficientemente durante la noche. Adicionalmente, toda esta expansión debe realizarse de manera oportuna y a un costo que no impacte negativamente los precios para los consumidores, manteniendo al mismo tiempo la seguridad y resiliencia del sistema eléctrico nacional.

En resumen, la transformación del sistema eléctrico chileno ha traído importantes beneficios ambientales tanto a nivel global como local, pero también plantea desafíos relevantes en almacenamiento, estabilidad del suministro y políticas de largo plazo. Abordar estos retos será clave para consolidar una transición energética justa, sostenible y resiliente.