



La descarbonización en Chile camino a la COP30: ¿Aumentando la ambición?

Policy Brief

Derecho al ambiente



La descarbonización en Chile camino a la COP30: ¿Aumentando la ambición?

Policy Brief

Autores:

Mariana Carrasco

Carolina Palma

Felipe Pino

Sofía Rivera

Diseño: Constanza Núñez

Editorial: ONG FIMA

Cómo citar: ONG FIMA (2025). Policy Brief: La descarbonización en Chile camino a la COP30: ¿Aumentando la ambición? ONG FIMA

Introducción

El año 2024 ha sido el más caluroso registrado hasta la fecha. Pero no solo las temperaturas extremas han alcanzado récords históricos¹, sino también las emisiones de combustibles fósiles. Además, los fenómenos meteorológicos y desastres naturales vinculados al cambio climático han causado un sufrimiento humano y ambiental sin precedentes; “estamos al borde de un desastre climático irreversible”, señala *El informe sobre el estado del clima de 2024*².

En este escenario, el mundo tiene puestas sus expectativas en la nueva ronda de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), que deben marcar el rumbo y paso de la acción climática de los próximos 5 años. Las NDC deben ser presentadas de cara a la COP30 de Brasil, instancia que ha de ser un punto de inflexión en el logro de acuerdos que permitan limitar el aumento de temperaturas y revertir la degradación ambiental a tiempo.

Dado que la crisis climática se debe en gran parte a los efectos generalizados del aumento sostenido de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera³, Chile ha tomado acciones enfocadas en la mitigación a través de la reducción de las emisiones de GEI y otros forzantes climáticos, la restricción de su uso o incremento, y evitando el

deterioro o mejorando el estado de los sumideros de dichos gases, para limitar así los efectos del cambio climático⁴.

En este contexto, Chile enfrenta un momento crítico para cumplir sus metas de mitigación. El 2025 es clave para aumentar la ambición de sus políticas y adoptar acciones efectivas urgentes para alcanzar la carbono neutralidad a tiempo. Más aún, dado que el país se ha propuesto a partir de este año revertir la tendencia creciente de emisiones de GEI.

Considerando que el sector energético⁵ es el principal responsable de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y GEI a la atmósfera, representando más del 76,4% de las emisiones del país entre 1990 y 2022⁶, Chile ha emprendido un camino hacia la descarbonización como parte central de los esfuerzos de mitigación. Este concepto ha sido definido como “el proceso a través del cual países, individuos u otras entidades buscan alcanzar la existencia cero de carbono fósil. Típicamente haciendo referencia a la reducción de emisiones de carbono asociadas con electricidad, industria y transporte”⁷. Además, es un proceso integral de la transición energética; un camino que incluye cambios estructurales de la matriz energética de un país, como el aumento

1 WMO (2025). “WMO confirms 2024 as the warmest year on record at about 1.55°C above pre-industrial” levels. Disponible en: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-confirms-2024-warmest-year-record-about-155degc-above-pre-industrial-level>

2 Ripple, W; Wolf, C; Gregg, J; Rockström, J; Mann, M; Oreskes, Ni; Lenton, T; Rahmstorf, S; Newsome, T; Jens-Christian, C; Pereira, C; Law, B y Crowther, T (2024). “The 2024 state of the climate report: Perilous times on planet Earth”, *BioScience*, 74 (12), pp. 812-924 <https://doi.org/10.1093/biosci/biae087>

3 ONU (s.f.). Causas y efectos del cambio climático. Naciones Unidas. Disponible en: <https://www.un.org/es/climate-change/science/causes-effects-climate-change>

4 Ley N° 21.455, Marco de Cambio Climático, Artículo 3.

5 Sector energía incluye: las industrias de la energía donde se contabilizan las emisiones de las industrias de producción energética y extracción de combustibles, industrias manufactureras y de la construcción, el sector transportes, combustibles sólidos, petróleo y gas natural y otros.

6 MMA (2024). Documento del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Serie 1990-2022. https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/03/2024_DIN_CL.pdf, p.23

7 IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H., O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pèan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds)]. In Press, p. 33

de la proporción de energías renovables, la mejora de la eficiencia energética y la eliminación progresiva de los combustibles fósiles, reduciendo consigo las emisiones de GEI⁸.

Para llevar a cabo los esfuerzos de mitigación y descarbonización, Chile ha desarrollado diversos instrumentos de política pública enfocados en alcanzar estas metas. En los últimos años, los austeros resultados obtenidos han impuesto la necesidad de aumentar la ambición y acelerar la implementación para lograr la carbono neutralidad. Al respecto, el Plan de Descarbonización⁹ ha sido previsto como instrumento central para acelerar y dar continuidad al proceso de descarbonización iniciado en 2019, así como hacer vinculante una programación acelerada del cierre de centrales termoeléctricas a carbón. No obstante, su materialización indica carencias fundamentales que pueden poner en riesgo el cumplimiento de las medidas de mitigación comprometidas por el país.

Así, el proyecto de actualización de la NDC¹⁰, actualmente en Consulta Pública, supone una última oportunidad para instaurar compromisos ambiciosos que permitan acelerar la descarbonización con una perspectiva de transición socioecológica justa y atendiendo a la celeridad necesaria frente al estado actual de las emisiones. Por ello, el presente documento analiza los desafíos existentes para avanzar en la descarbonización en Chile, a través de una revisión de su trayectoria y el reciente Plan de Descarbonización, y entrega recomendaciones de cara a aumentar la ambición de las NDC frente a la COP30.

8 Yang, Yu; Xia, Siyou; Huang, Ping y Qian, Junxi (2024). "Energy transition: Connotations, mechanisms and effects", Energy Strategy Review, 25, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320>

9 Ministerio de Energía (2024). Borrador para Consulta Pública Plan de Descarbonización. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20241108_plan_descarbonizacion.pdf

10 MMA (2025). Anteproyecto Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional. <https://consultasciudadanas.mma.gob.cl/storage/consultation/rQzTcV9qDkmjV2GP7ddKtpDMgdJ9qAUx7PQbYWY.pdf>

1. El proceso de descarbonización en Chile: una revisión necesaria

1. 1. Las metas de mitigación y el proceso de descarbonización en Chile

Chile posee una diversidad de instrumentos de planificación que establecen metas de mitigación y abordan tangencialmente el proceso de descarbonización. Desde la incorporación del eje de mitigación en la primera NDC de Chile y en la Política Energética en 2015, el país se comprometió a apoyar una transición hacia una economía –y una matriz energética– significativamente más baja en carbono, alcanzando al menos un 30% de reducción de intensidad de emisiones de GEI al 2030¹¹. Además, tras la ratificación del Acuerdo de París y la aprobación del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, se comprometió la creación de instrumentos específicos para guiar la mitigación.

No obstante, en 2019 el panorama era crítico. El sistema dependía en un 40% de la generación eléctrica proveniente de 28 termoeléctricas distribuidas en 6 ciudades del país, y el 78% de las emisiones nacionales se derivaban del sector energético¹². A ello se sumaron las presiones de la sociedad civil en defensa de los derechos humanos de quienes habitaban los territorios afectados por la contaminación atmosférica derivada de las centrales termoeléctricas¹³. Finalmente, la llegada de Chile a la presidencia de la COP25 fue el último impulso que gestó definitivamente el inicio acelerado de la descarbonización en el país.

De esta manera, el año 2019 se firmó el Acuerdo de Retiro de Centrales Termoeléctricas a Carbón (Acuerdo de Descarbonización); un acuerdo público-privado voluntario entre el Ministerio de Energía y diversas empresas generadoras, que programó el cierre de las 8 centrales más antiguas del sistema al año 2024. Este cronograma sería revisado cada 5 años para incorporar nuevos compromisos y completar el cierre total al año 2040. Aún así, las críticas al Acuerdo surgieron de inmediato, como respuesta tanto a su carácter voluntario como a la falta de ambición de su planificación, que priorizó a las centrales que estaban casi inoperantes y estableció un plazo muy extenso, en vez de programar el cierre total al 2030¹⁴.

Como parte de los frustrados intentos por acelerar la descarbonización y hacer del cierre de las centrales un compromiso vinculante, en 2020 se presenta como proyecto de ley¹⁵. Esta fallida propuesta contemplaba la prohibición de la instalación y funcionamiento de las centrales a contar del 2025, adelantando en 15 años el plazo de cierre de estas instalaciones.

A pesar de las evidentes dificultades para avanzar en la descarbonización, Chile siguió prometiendo aumentar la reducción de sus emisiones. Así, la actualización de la NDC 2020 estableció un presupuesto de emisiones que no superaría las 1.100 MtCO₂eq entre 2020 y 2030, alcanzando

11 Ministerio de Energía (2015). Energía 2050: Política Energética de Chile. https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf

12 Chile Sustentable (2019). Plan de descarbonización y retiro de centrales termoeléctricas a carbón en Chile. <https://chilesustentable.net/publicacion/plan-de-descarbonizacion-y-retiro-de-centrales-termolectricas-a-carbon-en-chile/e>

13 CEJIL (2020). Chile debe dar una respuesta urgente a la grave situación de derechos humanos por la que atraviesa el país: la CIDH trae al debate las exigencias del derecho internacional. Centro por la Justicia y el Derecho Internacional. Disponible en: <https://cejil.org/comunicado-de-prensa/chile-debe-dar-una-respuesta-urgente-a-la-grave-situacion-de-derechos-humanos-por-la-que-atraviesa-el-pais-la-cidh-trae-al-debate-las-exigencias-del-derecho-internacional/>

14 Larraín, Sara y Melej, Gonzalo (2023). “Retiro del Carbón al 2030 Avances y tareas pendientes en el cronograma de descarbonización en Chile”, Chile Sustentable, <https://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2023/08/avances-de-descarbonizacion-web-1.pdf>

15 Boletín N° 13196-12, https://tramitacion.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=13196-12

el máximo de emisiones al 2025¹⁶. A su vez, la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP), uno de los principales instrumentos para la operacionalización de la NDC, estableció un desglose sectorial de los objetivos de mitigación donde el sector de energía obtuvo un presupuesto de 271,8 MtCO₂eq entre 2020 y 2030¹⁷.

Seguidamente, la promulgación en 2022 de la Ley Marco de Cambio Climático (LMCC) tampoco incorporó al proceso de descarbonización como una meta vinculante, pero sí establece la meta de mitigación de Chile: alcanzar la carbono neutralidad para el año 2050¹⁸.

Desde aquel entonces se han actualizado una serie de instrumentos de planificación del sector energético para alcanzar la carbono neutralidad con un enfoque incipiente hacia la idea de acelerar su cumplimiento. En este sentido, la Agenda Energética 2022-2026, la actualización de la Política Energética 2050¹⁹ y la Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027 han proyectado un cumplimiento temprano de la meta de carbono neutralidad²⁰. Sin embargo ello no se ha traducido en una aceleración de la descarbonización, siendo este un eje central.

1.2. Estado actual: las brechas entre los compromisos y los avances en mitigación y descarbonización

A pesar de los compromisos de Chile en materia de mitigación y considerando la trayectoria del proceso de descarbonización, los datos sugieren resultados insuficientes e incluso contradictorios con los objetivos declarados.

En este sentido, desde el inicio del proceso de descarbonización a la fecha se han retirado 11 de las 28 centrales originales, correspondientes –en general– a unidades con una antigüedad mayor y, por ende, un despacho y requerimiento sistémico menor en relación con otras unidades²¹. Si bien esto representa avances en el cumplimiento del Acuerdo de Descarbonización, aún requiere del establecimiento de un cronograma acelerado para el retiro de las 17 centrales restantes, con un requerimiento sistémico mayor, en un plazo reducido, para cumplir los objetivos de carbono neutralidad a la fecha. Además, es preciso considerar la falta de certezas sobre los cierres de las centrales comprometidas para este año, especialmente desde una perspectiva de transición justa. Menos aún para las 8 centrales que no cuentan con una fecha tentativa de cierre, 5 de las cuales se encuentran en la comuna de Huasco.

Al mismo tiempo, ha existido un compromiso creciente de instalación de energías renovables no convencionales. Desde la meta del 10% establecida en 2008, el país transitó hacia el objetivo de alcanzar un 80% de energías renovables al 2030 y un 100% de energías cero emisión al 2050, definidas en la Política Energética de 2022²². En esta línea, los datos del Coordinador Eléctrico Nacional señalan que la generación eléctrica de energías renovables no convencionales representa actualmente el 47% del total del sistema. Aunque ello evidencia avances importantes, para cumplir la meta propuesta en los próximos 5 años se deberá casi duplicar la instalación de estas energías al 2030; es decir en casi un tercio del tiempo.

16 Ministerio del Medio Ambiente (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%C3%A1ol-1.pdf

17 MMA (2022). Estrategia Climática de Largo Plazo. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>, p. 75

18 Ley N° 21.455 Marco de Cambio Climático, Artículo 4º

19 Ministerio de Energía (2022). Política Energética Nacional Actualización 2022. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pen_2050_-_actualizado_marzo_2022_0.pdf

20 Ministerio de Energía (2023). Planificación Energética de Largo Plazo. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documents/pelp2023-2027_informe_final.pdf, p. 34

21 Ministerio de Energía (2024). Borrador para Consulta Pública Plan de Descarbonización. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documents/20241108_plan_descarbonizacion.pdf

22 Benavides, Carlos (2025). “Compromisos climáticos de Chile y descarbonización”. Revista Electricidad. Disponible en: <https://www.revistaei.cl/columnas/compromisos-climaticos-de-chile-y-descarbonizacion/>

Si bien existen avances en la instalación de energías renovables, considerando los desafíos que ha supuesto el proceso de descarbonización, se comprende que los esfuerzos no se han traducido en una reducción significativa de las emisiones de GEI en el país. De hecho, los datos del Primer Informe Bienal de Transparencia presentado ante Naciones Unidas en diciembre de 2024, indican resultados en dirección opuesta. Para el 2022, última actualización disponible, las emisiones de GEI totales contabilizaron 111.049 ktCO₂eq, incrementándose en un 135% desde 1990 y en un 7,1% desde 2020²³. Además, se mantiene como principal fuente de emisiones el CO₂ generado por la quema de combustibles fósiles para la generación eléctrica y el transporte terrestre.

A su vez, se ha mantenido la tendencia creciente de las emisiones, aunque con una reducción de la tasa de crecimiento anual cercana al 2%²⁴. Aún así, el último año del inventario (2022) está 17% por sobre las emisiones prometidas para 2030 (95 ktCO₂eq) y todo indica que esta cifra sólo seguirá aumentando. Aquello sitúa al país en un momento crítico, pues a contar de este año se ha comprometido revertir esta tendencia. Desde el 2026 la única alternativa posible para cumplir con la NDC es la reducción significativa de emisiones, para lo cual es imprescindible una efectiva implementación de políticas capaces de lograr aquello.

El panorama a nivel desagregado resulta igualmente desalentador. El dióxido de carbono (CO₂) ha aumentado su proporción respecto al total de emisiones, pasando de representar el 65,95% al 75,91% entre 1990 y 2022. A su vez, respecto

a los compromisos de la NDC 2.0 del carbono negro, se perciben leves variaciones respecto al 2016, con un retroceso del 4% respecto al año base²⁵. Además, se evidencia un aumento de las emisiones de metano (CH₄) en un 27% respecto a 1990 y un 13% respecto al 2010. Así, la composición de las emisiones del año 2022 consistía en un 75,91% de CO₂, 15% de metano (CH₄), 5% de óxido nitroso (N₂O) 5% de los gases fluorados²⁶.

Aquellos reducidos avances se han traducido en la perpetuación de las amenazas a la salud para las personas que habitan las denominadas “zonas de sacrificio”. De hecho, la contaminación ambiental que se ha mantenido en estos territorios ha provocado masivas intoxicaciones que han hecho a la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) alertar sobre la situación e iniciar procesos sancionatorios contra las empresas ligadas a las centrales termoeléctricas por sus incumplimientos²⁷. Esta situación ha supuesto que el Consejo de Derechos Humanos en 2024 haya pedido a Chile mayor protección para las personas que viven en zonas de sacrificio ambiental²⁸.

1.3. El Plan de Descarbonización ¿una política pendiente pero tardía?

Como parte del proceso de transición energética en Chile y considerando la trayectoria recién descrita de la descarbonización y los resultados de mitigación en el país, el Plan de Descarbonización surge como una propuesta con la intención de guiar este proceso ya en marcha. Inicialmente buscó ser una suerte de segundo impulso para acelerar el proceso y establecer una hoja de ruta que permita dar continuidad al Acuerdo

23 Ministerio del Medio Ambiente (2024). 1er Informe Bienal de Transparencia y 5ta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/IIBT_INFORME_final_Errata.pdf

24 Ídem

25 Ídem

26 MMA (2024). Documento del inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Serie 1990-2022. https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/03/2024_DIN_CL.pdf

27 TERRAM (2024). Intoxicaciones y vertimientos de carbón continuaron durante el 2023 en zonas de sacrificio. Disponible en: <https://www.terraram.cl/intoxicaciones-y-vertimientos-de-carbon-continuaron-durante-el-2023-en-zonas-de-sacrificio/>

28 Consejo de Derechos Humanos Naciones Unidas (2024). A/HRC/55/43/Add.1 “Informe del Relator Especial sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionados con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible, David R. Boyd. <https://docs.un.org/es/A/HRC/55/43/Add.1>

de Descarbonización de 2019, cuyos plazos ya llegaban a su fin.

Además de responder al compromiso de revisar el Acuerdo de Descarbonización cada 5 años para actualizar y programar el cierre de las centrales restantes, este Plan ha sido sucesivamente reconocido por otros instrumentos de política pública como un eje central del segundo periodo de la transición energética. Así lo ha reconocido la Agenda Energética 2022-2026, la Agenda Inicial para el Segundo Tiempo de la Transición Energética y el Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Energía del 2024 que le atribuyen la responsabilidad de dar continuidad al proceso de descarbonización. Sin embargo, el enfoque está puesto en la creación de las condiciones habilitantes²⁹ para el cierre de las centrales termoeléctricas pese a ser un proceso ya en curso.

Un análisis de sus contenidos sugiere que el Plan de Descarbonización perpetúa un restringido avance de la descarbonización en Chile y consigo pone en riesgo el cumplimiento de las metas de mitigación del país. Ello pues, las medidas y acciones propuestas no se condicen con la posibilidad de acelerar la transición de la forma que es requerida y no sugiere una mayor ambición en el cierre de las centrales termoeléctricas restantes.

29 Ministerio de Energía (2024). Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Energía. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20241213_proyecto_definitivo_plan_sectorial_energia_13_dic.pdf, p. 24

2. Repensar la descarbonización en Chile con miras a la revisión de las NDC

2.1. Comprensión del proceso de descarbonización en su sentido amplio

Los instrumentos de política pública creados en Chile y la revisión de la trayectoria del país hacen evidente que este proceso se ha construido a partir de una visión limitada de lo que significa la descarbonización. En general, ha sido comprendida exclusivamente como la eliminación del carbón como fuente energética, pese a que la ciencia sugiere que este proceso busca “eliminar el consumo de combustibles fósiles que poseen carbono en su estructura molecular, y cuya combustión libera energía, contaminantes –que afectan la salud de las personas y los ecosistemas– y gases de efecto invernadero”³⁰. Aunque existen excepciones como la Política Energética 2050, esta perspectiva debe ser transversal a todos los instrumentos de política pública y traducirse en una implementación efectiva.

De lo anterior se desprende que ciertas iniciativas del país en materia de descarbonización, y en especial las medidas del Plan de Descarbonización, son en realidad incompatibles con la definición misma de este proceso. En este contexto, la reconversión de centrales termoeléctricas a través de la co-combustión carbón-amoníaco resulta incongruente con la descarbonización. Ello pues perpetúa la quema de carbón en la generación de energía, junto con sus consecuentes emisiones de GEI y contaminantes locales con

impactos nocivos sobre la salud de la población. De hecho, la co-combustión genera impactos ambientales significativos como la emisión de óxido de nitrógeno (NO_x) y especialmente óxido nitroso (N_2O), cuyo potencial de calentamiento es 273 veces mayor que el dióxido de carbono (CO_2)³¹, lo que agrava el cambio climático. Su implementación implica un retroceso y contraviene los objetivos de mitigación y de transición energética.

Asimismo, la propuesta del Plan respecto al uso de gas natural como combustible de transición también es incompatible con una visión integral de la descarbonización. Ello pues la extracción de gas natural genera emisiones indirectas de metano (CH_4), un gas con un potencial de calentamiento 84 veces superior al dióxido de carbono (CO_2)³². Ello incrementaría las emisiones del segundo GEI más emanado en Chile y se contradice con la meta de mitigación del país y su compromiso de reducir las emisiones de CH_4 en un 10% al 2035, establecido en el fortalecimiento a la NDC. Además, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente sugiere que no es una medida recomendable pues requiere de inversiones similares a otras alternativas, y sólo permite reducir las emisiones de GEI en un 20%, frente al 75% que se lograría con el uso exclusivo de energías renovables³³.

Para avanzar en la adopción de una perspectiva holística de la descarbonización es crucial

30 CR2 (2019) ¿Qué es la descarbonización? [En línea] publicado el 2 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.cr2.cl/que-es-la-descarbonizacion/>

31 Rekhraj, S., & Hasini, H. (2024). “Numerical analysis of flow and combustion of Coal-Ammonia blend in coal-fired furnace”. *Engineering Research Express*, 6. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad299b> ; Voniati, G., Dimaratos, A., Kotsakis, G., & Ntziachristos, L. (2023). “Ammonia as a Marine Fuel towards Decarbonization: Emission Control Challenges”. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su152115565> ; Ahmad, A., Darmanto, P., & Juangsa, F. (2023). “Thermodynamic analysis of ammonia co-firing for low-rank coal-fired power plants”. *International Journal of Sustainable Energy*, 42, 527 - 544. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2208689>

32 Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: “Anthropogenic and Natural Radiative Forcing”. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, https://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf, p. 731.

33 United Nations Environment Programme (2022). “Is Natural Gas a Good Investment for Latin America and the Caribbean? From Economic to Employment and Climate Impacts of the Power Sector”. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40923>

materializar los compromisos en metas vinculantes. Frente a ello, la ausencia de referencia alguna a este proceso en la propuesta de NDC supone un problema. Al respecto, es imperante que la NDC recoja medidas de apoyo financiero o tecnológico para la eliminación definitiva del carbón y gas en 2030 a más tardar. A su vez, integrar esa perspectiva implica excluir la posibilidad de utilizar el gas natural y la co-combustión como medidas transitorias, pues limitan el alcance de la reducción acelerada de emisiones. Además, es necesario priorizar medidas que no impliquen el aumento de las emisiones de otros GEI o forzantes climáticos, como el metano, que debe alinearse con el compromiso global de reducción del 75% al 2030.

2.2. Sobre la ambición del proceso de descarbonización

Chile se encuentra hoy alejado de la trayectoria necesaria para cumplir con las metas de mitigación al 2030 y 2050. La tendencia creciente de las emisiones de GEI identificada en el Informe Bienal de Transparencia presentado ante la CMNUCC en diciembre de 2024, hace necesario que el país avance hasta cinco veces más rápido en el proceso de descarbonización para cumplir las metas de mitigación³⁴. Frente a ello, la OCDE ha recomendado, entre otras cosas, “completar el cierre de las centrales alimentadas a carbón con celeridad y conforme a un calendario bien definido, teniendo presente el concepto de transición justa”³⁵.

Aquella era la intención inicial del Plan de Descarbonización, que suponía ser una herramienta para aumentar la ambición y acelerar el proceso a través de la revisión del cronograma de cierre de las centrales termoeléctricas. No obstante, en la práctica este instrumento se restringió a referirse exclusivamente a la creación de condiciones habilitantes para un proceso ya en marcha. Consigo, las insuficiencias del Plan

se explican pues no entrega garantías sobre planes de cierre para aquellas fijadas para este año, tampoco adelanta el cronograma vigente al 2030, ni incluye propuestas para el retiro de las 8 centrales sin compromiso de cierre. Aquello perjudica desproporcionadamente a la comuna de Huasco, donde se sitúan 5 de las 8 centrales sin compromisos de cierre, un territorio donde hasta la fecha ninguna de las centrales termoeléctricas a carbón ha cerrado o se ha reconvertido. El resultado de aquello se traduce en que su población tiene un 71% más de riesgo de morir por enfermedades cardiovasculares comparado con el promedio nacional, y un riesgo de mortalidad 3,8 veces superior al promedio para enfermedades cerebrovasculares. Permitir el funcionamiento de estas centrales al 2040 es una amenaza para la salud de las personas³⁶.

En este escenario, es fundamental el establecimiento de un cronograma claro y acelerado para el retiro total de las centrales a carbón en Chile al 2030 y garantías mínimas que aseguren la responsabilización por los pasivos ambientales en los planes de reconversión. Ello debe incluir la entrega de garantías para la reconversión laboral de los trabajadores y debe hacerse cargo de los pasivos ambientales derivados de las centrales, en pos de asegurar una transición bajo criterios de justicia. Para lograr estas mínimas garantías, es imprescindible contar con planes de cierre para todas las centrales, incluidas aquellas que ya no operan pero no cuentan con este instrumento, así como las que se planean cerrar a contar de este año.

En este contexto, la urgencia es clara y las NDC ofrecen una última alternativa para aumentar la ambición. La actual propuesta parece ser insuficientemente ambiciosa considerando las brechas existentes. Según ha sido cuantificado por la UNEP, se necesitan reducciones de las emisiones de GEI de un 42% para 2030 y del 57% para 2035 para limitar el calentamiento global

34 Global Energy Monitor (2023). “Auge y Caída del Carbón. Monitoreo de la Generación Eléctrica Mundial en base a Carbón”, <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/04/Boom-Bust-Coal-2023-Spanish.pdf>

35 OECD (2024). Evaluación del Desempeño Ambiental de la OCDE: Chile 2024. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/03/Traducción-versión-abreviada-EDA-Chile-2024-1.pdf>

36 Cortés, Sandra; Yohannessen, Karla; Tellerías, Lydia y Ahumada, Ericka (2019). “Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?”, Revista Chilena de Pediatría, 90(1), <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>

a 1,5°C³⁷. De lo contrario, bajo los compromisos actuales el mundo estaría encaminado hacia un aumento de la temperatura de entre 2,6°C y 3,1°C a lo largo de este siglo, con todas las consecuencias que ello conllevaría para el medio ambiente y las personas³⁸.

De esta forma, **es imperante que la NDC 3.0 de Chile aumente la ambición de la meta nacional de mitigación al 2030**, no sólo al 2035 como se ha propuesto en el anteproyecto, de modo que sea posible alcanzar la carbono neutralidad incluso antes del 2050. Ello además debe considerar el establecimiento de un presupuesto sectorial de emisiones de GEI alineado con la Estrategia Climática de Largo Plazo.

2.3. Vinculatoriedad y no regresión

El proceso de descarbonización en Chile inició con un compromiso voluntario establecido entre las empresas generadoras y el Ministerio de Energía en 2019. Si bien el cronograma fijado en aquella instancia planteaba el cierre de ciertas centrales al 2024, algunas empresas han ido comprometiendo cierres y reconversiones para el año 2025 sin certeza alguna. Aquello ha permitido que 8 centrales se mantengan sin compromiso de cierre hasta la fecha³⁹. Además, al ser voluntario no existen mayores repercusiones por dilaciones en los plazos de cierre, materializando las preocupaciones destacadas por la sociedad civil desde el inicio.

En esta línea, el país ha presenciado intentos de hacer vinculante la descarbonización como una forma de asegurar avances y evitar retrocesos en esta materia. Aquello se ha reflejado por ejemplo en la presentación de un proyecto de ley que buscó prohibir la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctricas a carbón a contar del 31 de diciembre de 2025. La intención tras este proyecto era precisamente corregir la primera iniciativa consensuada por el Gobierno y las empresas, que originalmente promovía una transición de carácter voluntario con un plazo de 20 años⁴⁰. Seguidamente, la Ley Marco de Cambio Climático de 2022 desaprovechó la oportunidad de hacer vinculante en el proceso como un medio de cumplimiento de la meta de mitigación de carbono neutralidad al 2050.

En vista de lo anterior, la adopción del Plan de Descarbonización como una política pública que fijaría un cronograma acelerado de cierre de las centrales termoeléctricas, estableciendo fechas de cierre y/o reconversión y garantías mínimas de transición socioecológica justa, hubiese sido un hito hacia el fortalecimiento de las metas del proceso de descarbonización. Sin embargo, la ausencia de mención alguna respecto al cronograma de cierre, además de no representar avances, significa perpetuar el carácter indicativo bajo el cuál se han consolidado los reducidos avances en descarbonización hasta la fecha. De esta forma, y frente a la necesidad de aumentar la ambición este año, es clave primero **establecer un compromiso vinculante para la aceleración y definición del cronograma de cierre de las centrales y sus respectivos planes de reconversión o abandono**.

37 United Nations Environment Programme (2024). Emissions Gap Report 2024: No more hot air...please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairobi: <https://doi.org/10.59117/20.500.1822/46404>

38 United Nations Environment Programme (2024). Emissions Gap Report 2024: No more hot air...please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairobi: <https://doi.org/10.59117/20.500.1822/46404>

39 Larraín, Sara y Melej, Gonzalo (2023). “Retiro del Carbón al 2030 Avances y tareas pendientes en el cronograma de descarbonización en Chile”, Chile Sustentable, <https://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2023/08/avances-de-descarbonizacion-web-1.pdf>

40 Durán, V (2020). Proyecto que adelanta el cierre de termoeléctricas avanza en el Congreso Nacional. Disponible en: <https://derecho.uchile.cl/centro-de-derecho-ambiental/columnas-de-opinion/cdaenlosmedios-v-duran-y-proyecto-de-cierre-de-termolectricas>

Adicionalmente, existen otras medidas complementarias que pueden ser clave para cristalizar los avances del país en materia de transición energética. Reconociendo que hoy resulta económico y políticamente inaceptable la instalación de nuevas plantas termoeléctricas a carbón, así como la extracción de dicho mineral en el territorio nacional, es clave para apalancar el consenso alcanzado sobre la transición de la matriz energética, **el establecimiento de una moratoria por ley a estas actividades**. Junto con ello, se requiere ponderar la suscripción de instrumentos internacionales de transición energética, particularmente aquellos que presentan modelos innovadores. Entre ellos destaca la iniciativa del Tratado de No Proliferación de Combustibles Fósiles, cuya propuesta para solicitar al Presidente de la República que Chile se haga parte de su promoción ha sido recientemente aprobada por el Consejo. En concreto, lo que busca es empujar el abandono progresivo de producción y uso de combustibles fósiles de forma justa y equitativa, con foco en limitar la expansión de nueva infraestructura fósil a escala global.

2.4. Aprovechar la oportunidad de descentralización del sistema energético

La generación distribuida, al facilitar la integración de energías limpias en la red, es una medida clave para la descarbonización y la mitigación que ha sido reconocida en varios instrumentos nacionales. Se ha incorporado como principio transversal en la Agenda de Energía 2022-2026, y como desafío prioritario en la Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027, que promueve las fuentes renovables tanto a gran escala como a nivel distribuido. Además, el Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación de Energía 2024 destaca la producción descentralizada, como la instalación de paneles fotovoltaicos en edificaciones, permitiendo a los ciudadanos generar su propia energía y con ello reducir el

consumo de la red eléctrica y disminuir los costos de la energía.

Sin embargo, esta perspectiva no se ha integrado al Plan de Descarbonización. La propuesta actual no promueve medidas para facilitar el desarrollo de sistemas energéticos descentralizados adaptados a las particularidades locales desaprovechando consigo los múltiples beneficios que la descentralización supone y contradiciendo a otros instrumentos.

En este sentido, es necesario incorporar incentivos para el desarrollo de redes locales, así como fomentar la incorporación de energías renovables en comunidades más pequeñas. Los sistemas energéticos descentralizados, como las microrredes, permiten una generación y distribución de energía localizada, lo que reduce significativamente las emisiones de GEI y mejora la seguridad energética⁴¹. Además de ofrecer estabilidad frente a las energías fósiles. Pese a ello, los estudios de estimación de capacidad de generación distribuida sugieren que las redes actuales de Chile podrían alojar hasta 5 veces más energía a través de proyectos fotovoltaicos residenciales que los que actualmente se alojan⁴².

En consecuencia, es crucial **incorporar una planificación que favorezca la descentralización de la generación energética para avanzar hacia la descarbonización, cuyas medidas habilitantes han de ser abordadas en el corto plazo**. Para ayudar al cumplimiento de estas metas un avance significativo sería que la NDC integre compromisos e indicadores explícitos referidos a potenciar la generación distribuida, como una medida capaz de aportar a la instalación de energías renovables y reducir las vulnerabilidades del sistema energético descarbonizado⁴³. Ello debe incluir un fortalecimiento del almacenamiento, de modo que también sirva de respaldo para el sistema frente a adversidades, en reemplazo de propuestas que sugieren el uso del gas natural como reserva de emergencia.

41 Schnidrig, J., Chuat, A., Terrier, C., Maréchal, F., & Margni, M. (2024). "Power to the people: on the role of districts in decentralized energy systems". *Energies*, 17(7), 1718. <https://doi.org/10.3390/en17071718>

42 ACESOL (2023). Reporte de capacidad instalada y generación 2023. <https://acesol.cl/noticias/reporte-capacidad-instalada-y-generaci%C3%B3n-2023.html>

43 Nadeem, Talha; Siddiqui, Mubashir; Khalid, Muhammad y Asif, Muhammad (2023). "Distributed energy systems: A review of classification, technologies, applications, and policies", *Energy Strategy Reviews*, 48 <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101096>

2.5. La incorporación de una perspectiva de transición socioecológica justa como un principio transversal y preventivo

Chile ha avanzado en integrar la transición socioecológica justa en sus políticas públicas. Un hito clave fue la inclusión del pilar social de la NDC de 2020, buscando un desarrollo que minimice los impactos sobre grupos vulnerables, garantice igualdad de oportunidades y proteja el medio ambiente. Además, en 2021 creó la Estrategia de Transición Justa en el sector energético como un marco para lograr la carbono neutralidad con enfoque en justicia.

No obstante, ni el proceso de descarbonización en Chile y tampoco el Plan de Descarbonización han establecido medidas claras que permitan coordinar estos instrumentos para asegurar efectivamente que la transición sea justa. Pese a que la transición justa y el respeto de los derechos humanos representan condiciones habilitantes clave, no han sido abordadas como tal. En este sentido, tanto el retiro de centrales termoeléctricas a carbón con sus planes de cierre y reconversión, como el proceso de instalación de tecnologías de energías renovables no convencionales, deben incorporar necesariamente esta perspectiva. Aquello pues el proceso requiere de la instalación de tecnologías que no son inoquias a los impactos sociales y ambientales.

De esta manera, que los planes de cierre y reconversión tengan en cuenta a las comunidades aledañas e incluyan planes de reconversión laboral son la única forma de cumplir con esta perspectiva. El descuido de este eje por parte del Plan de Descarbonización resulta preocupante, y el establecimiento de conexiones directas con la Estrategia de Transición Socioecológica Justa es imperante para el proceso de descarbonización. Para ello se deben incorporar medidas e indicadores que consideren los impactos sobre comunidades locales, pueblos indígenas y grupos vulnerables, garantizando así el cumplimiento de normativas como el Convenio 169 de la OIT y el Acuerdo de Escazú.

Por otro lado, el proceso de descarbonización no puede significar una profundización de la degradación ambiental. Chile, ha reconocido en su Constitución el Derecho Humano a vivir en un medio ambiente libre de contaminación⁴⁴. Para cumplir con ello, es imprescindible el cierre de las centrales termoeléctricas carbón en funcionamiento, que los planes de cierre se hagan cargo de los pasivos ambientales que el retiro de las unidades supone, y que los proyectos de inversión en energías renovables sean coherentes con el cuidado del medio ambiente, la biodiversidad y las metas climáticas del país.

En esta línea, es inapropiado que el Plan de Descarbonización sugiera que los proyectos de instalación de energías renovables están exentos de impactos ambientales, pues estos no son inocuos y conllevan riesgos sociales y ambientales que es preciso mitigar. Ello hace necesario cumplir siempre con la normativa de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) que precisamente se hace cargo de determinar el nivel de impacto ambiental en pos de establecer medidas para su mitigación.

Del mismo modo, el proceso de descarbonización debe respetar el compromiso que Chile ha adquirido de proteger la biodiversidad, a través por ejemplo de la ratificación del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Por ello, los proyectos que sustentan la descarbonización deben contar con el informe del Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas (SBAP), que debe pronunciarse sobre obras estratégicas ubicadas en los territorios bajo protección⁴⁵. Su informe es crucial para garantizar el cumplimiento de las normativas de protección de la biodiversidad y evitar que se mitiguen las emisiones de GEI, pero se generen impactos ambientales como el uso intensivo de suelos y agua, o la afectación de la biodiversidad.

De esta forma, resulta evidente la necesidad de ajustar la perspectiva de transición socioecológica justa e incorporarla al proceso de descarbonización como elemento transversal. En este

44 Constitución Política de la República de Chile, Artículo 19º, inciso 8)

45 Ley N° 21.600 Crea el Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Artículo 5º, i)

sentido, su cumplimiento ha de ser una responsabilidad no solamente atribuida al Ministerio del Medio Ambiente, como se ha propuesto en el Plan de Descarbonización, sino una tarea compartida a nivel gubernamental.

Sobre ello, aunque las NDC incorporan un eje de Transición Socioecológica Justa, es necesario que la perspectiva adoptada sea también preventiva a los posibles impactos de las nuevas tecnologías sobre el territorio. En esta línea, se deben incorporar medidas concretas como la mejora de los estándares de participación en el desarrollo de políticas de transición energética y en los procesos de cierre y reconversión de termoeléctricas. Para ello también es urgente **establecer vinculaciones directas entre la Estrategia de Transición Socioecológica Justa y el proceso de descarbonización**. A su vez, dado que la NDC debe ponerse en línea con el Balance Global, se debe necesariamente **incorporar una meta referida a la capacidad de energías renovables instaladas que permita alcanzar el objetivo global de triplicar su instalación al 2030, y ello debe considerar medidas e indicadores concretos que aseguren una perspectiva de transición socioecológica justa**.

2.6. La necesidad de abordar la descarbonización a partir de la meta de eficiencia energética

La eficiencia energética se basa en reducir la intensidad de la demanda energética a través del uso de menor energía para realizar las mismas tareas. En la práctica ofrece un potencial considerable para la descarbonización, que puede podrían “suponer más de un tercio de todas las reducciones de CO₂ de aquí a 2030, en una trayectoria alineada al objetivo de carbono neutralidad al 2050”⁴⁶. A su vez, la Agencia Internacional de

la Energía (AIE) ha señalado que puede contribuir en un 40% a la reducción de las emisiones necesarias para cumplir el Acuerdo de París⁴⁷. Pero, esta medida no es sólo clave en este sentido, sino que también es el método más costo-eficiente para la reducción de las emisiones y cuenta con repercusiones significativamente positivas sobre la justicia energética⁴⁸.

En esta línea, aunque la eficiencia energética ha sido una prioridad destacada en varias políticas públicas en Chile, no se ha integrado adecuadamente en el Plan de Descarbonización. En concreto, ha sido impulsada en el Plan Sectorial de Mitigación y Adaptación en Energía, en la Agenda de Energía 2022-2026 y la Planificación Energética de Largo Plazo 2023-2027, pero el Plan la ha omitido como eje para el desarrollo energético. Asimismo, el Plan tampoco se concide con el Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026 que establece una meta de reducción progresiva de la intensidad energética hasta alcanzar un 35% para 2050, en comparación con los niveles de 2019⁴⁹.

De esta manera, las reducidas menciones a la eficiencia energética en el Plan de Descarbonización son sobre todo una oportunidad desaprovechada para la descarbonización del país y también demuestran una desconexión entre los instrumentos de política climática en Chile. En este sentido, es relevante incorporar medidas específicas para fomentar la eficiencia energética en el consumo. Aquello incluye políticas que incentiven el ahorro de energía y la disminución de la demanda, como el servicio de demanda controlable que permita a los usuarios reducir su consumo durante las horas punta a cambio de compensaciones⁵⁰, contribuyendo así a un sistema energético más eficiente y menos dependiente de fuentes contaminantes.

46 IEA (2024). “Energy Efficiency 2024”. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>, p. 10

47 Fischer, Alyssa (2021). How energy efficiency will power net zero climate goals. International Energy Agency. Disponible en: <https://www.iea.org/commentaries/how-energy-efficiency-will-power-net-zero-climate-goals>

48 Finley-Brook, Mary y Holloman, Erica (2016). “Empowering Energy Justice”, International Journal of Environmental Research and Public Health, 13, 926. <https://doi.org/10.3390/ijerph13090926>, p. 10

49 Ministerio de Energía (2022). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026. https://energia.gob.cl/sites/default/files/eficiencia-energetica_16-nov.pdf

50 Hizkiel, Abraham (2024). Recent advancement in demand side energy management system for optimal energy utilization, Energy Reports, 11, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.05.028>

Para lograr un avance sustancial es necesario que la NDC sea clara en el aumento de la ambición. Así, la actual propuesta de “establecer una meta de eficiencia energética a 2035” resulta insuficiente. Además de no dar respuesta al acuerdo global de duplicar la eficiencia energética para 2030 establecido en la COP28, dado el retraso en los objetivos de carbono neutralidad, no se condice con las intenciones de avanzar en la ambición de mitigación y descarbonización. Es por ello que la NDC debe alinearse con el Balance Global, definiendo una meta clara de eficiencia energética que permita duplicar este indicador para el 2030.

Conclusión

El proceso de descarbonización en Chile enfrenta desafíos no resueltos y promesas incumplidas. Desde sus inicios, sus avances han estado limitados por su carácter voluntario, y los resultados son claros: las emisiones de GEI continúan en aumento. En este contexto, la actualización de las NDC representa una oportunidad concreta para elevar la ambición de cara a la COP30. En este año clave, para revertir la creciente tendencia de las emisiones en el país y mitigar los impactos nocivos sobre las personas y los ecosistemas, aún queda mucho por hacer y las áreas de mejora son evidentes. Los avances dependen de la adopción de un enfoque integral de descarbonización, centrado en la eliminación

de las emisiones de carbono a la atmósfera. Para ello, es necesario el establecimiento de compromisos vinculantes enfocados en asegurar y acelerar el proceso de cierre de las centrales termoeléctricas, con planes de cierre efectivos y participativos, y el aprovechamiento de las oportunidades que la generación distribuida y la eficiencia energética presentan para aumentar la resiliencia de la matriz energética del país. Todo esto debe desarrollarse bajo una perspectiva de transición socioecológica justa como condición habilitante, hasta la fecha presente en lo narrativo, pero ausente en la práctica.

Referencias

- ACESOL (2023). Reporte de capacidad instalada y generación 2023. <https://acesol.cl/noticias/reporte-capacidad-instalada-y-generacion-2023.html>
- Benavides, Carlos (2025). Compromisos climáticos de Chile y descarbonización. Revista Electricidad. Disponible en: <https://www.revistaei.cl/columnas/compromisos-climaticos-de-chile-y-descarbonizacion/>
- Boletín N° 13196-12, https://tramitacion.senado.cl/appsenado/templates/tramitacion/index.php?boletin_ini=13196-12
- Chile Sustentable (2019). Plan de descarbonización y retiro de centrales termoeléctricas a carbón en Chile. <https://chilesustentable.net/publicacion/plan-de-descarbonizacion-y-retiro-de-centrales-termoelectricas-a-carbon-en-chile/>
- Consejo de Derechos Humanos Naciones Unidas (2024). A/HRC/55/43/Add.1 “Informe del Relator Especial sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionados con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible, David R. Boyd. <https://docs.un.org/es/A/HRC/55/43/Add.1>
- Cortés, Sandra; Yohannessen, Karla; Tellerías, Lydia y Ahumada, Ericka (2019). “Exposición a contaminantes provenientes de termoeléctricas a carbón y salud infantil: ¿Cuál es la evidencia internacional y nacional?”, Revista Chilena de Pediatría, 90(1), <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>, pp. 102-114
- CR2 (2019) ¿Qué es la descarbonización? [En línea] publicado el 2 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://www.cr2.cl/que-es-la-descarbonizacion/>
- Finley-Brook, Mary y Holloman, Erica (2016). “Empowering Energy Justice”, International Journal of Environmental Research and Public Health, 13, 926, <https://doi.org/10.3390/ijerph13090926>,
- Global Energy Monitor (2023). “Auge y Caída del Carbón. Monitoreo de la Generación Eléctrica Mundial en base a Carbón”, <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2023/04/Boom-Bust-Coal-2023-Spanish.pdf>
- Hizkiel, Abraham (2024). Recent advancement in demand side energy management system for optimal energy utilization, Energy Reports, 11, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.05.028>
- IEA (2024). Energy Efficiency 2024. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f304f2ba-e9a2-4e6d-b529-fb67cd13f646/EnergyEfficiency2024.pdf>
- IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways,, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H., O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Pèan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds)]. In Press

Ministerio de Energía (2015). Energía 2050: Política Energética de Chile. https://www.energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf

Ministerio de Energía (2022). Plan Nacional de Eficiencia Energética 2022-2026. https://energia.gob.cl/sites/default/files/eficiencia-energetica_16-nov.pdf

Ministerio de Energía (2022). Política Energética Nacional Actualización 2022. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pen_2050_-_actualizado_marzo_2022_0.pdf

Ministerio de Energía (2023). Planificación Energética de Largo Plazo. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/pelp2023-2027_informe_final.pdf

Ministerio de Energía (2024). Borrador para Consulta Pública Plan de Descarbonización. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20241108_plan_descarbonizacion.pdf

Ministerio de Energía (2024). Plan de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de Energía. https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/20241213_proyecto_definitivo_plan_sectorial_energia_13_dic.pdf, p. 24

Ministerio del Medio Ambiente (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%C3%B1ol-1.pdf

Ministerio del Medio Ambiente (2024). 1er Informe Bienal de Transparencia y 5ta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/1IBT_INFORME_final_Errata.pdf

MMA (2022). Estrategia Climática de Largo Plazo. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>

MMA (2024). Documento del inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Serie 1990-2022. https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2025/03/2024_DIN_CL.pdf

MMA (2025). Anteproyecto Actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional. <https://consultaciudadanas.mma.gob.cl/storage/consultation/rQzTcVk9qDkmjV2GP7ddKtpD-MgdJ9qAUx7PQbYWY.pdf>

Myhre, G., D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura and H. Zhang, 2013: Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, https://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf, p. 731.

Nadeem, Talha; Siddiqui, Mubashir; Khalid, Muhammad y Asif, Muhammad (2023). “Distributed energy systems: A review of classification, technologies, applications, and policies”, Energy Strategy Reviews, 48 <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101096>

OECD (2024). Evaluación del Desempeño Ambiental de la OCDE: Chile 2024. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2024/03/Traducion-version-abreviada-EDA-Chile-2024-1.pdf>

Rekhraj, S., & Hasini, H. (2024). "Numerical analysis of flow and combustion of Coal-Ammonia blend in coal-fired furnace". *Engineering Research Express*, 6. <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad299b> ; Voniati, G., Dimaratos, A., Koltsakis, G., & Ntziachristos, L. (2023). "Ammonia as a Marine Fuel towards Decarbonization: Emission Control Challenges". *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su152115565> ; Ahmad, A., Darmanto, P., & Juangsa, F. (2023). "Thermodynamic analysis of ammonia co-firing for low-rank coal-fired power plants". *International Journal of Sustainable Energy*, 42, 527 - 544. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2208689>

Ripple, W; Wolf, C; Gregg, J; Rockström, J; Mann, M; Oreskes, Ni; Lenton, T; Rahmstorf, S; Newsome, T; Jens-Christian, C; Pereira, C; Law, B y Crowther, T (2024). "The 2024 state of the climate report: Perilous times on planet Earth", *BioScience*, 74 (12), pp. 812-924 <https://doi.org/10.1093/biosci/biae087>

Schnidrig, J., Chuat, A., Terrier, C., Maréchal, F., & Margni, M. (2024). "Power to the people: on the role of districts in decentralized energy systems". *Energies*, 17(7), 1718. <https://doi.org/10.3390/en17071718>

United Nations Environment Programme (2022). "Is Natural Gas a Good Investment for Latin America and the Caribbean? From Economic to Employment and Climate Impacts of the Power Sector". <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/40923>

United Nations Environment Programme (2024). "Emissions Gap Report 2024: No more hot air... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments". Nairobi: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>

Yang, Yu; Xia, Siyou; Huang, Ping y Qian, Junxi (2024). "Energy transition: Connotations, mechanisms and effects", *Energy Strategy Review*, 25, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2024.101320>