



Con derecho al ambiente



MAPEO DE LAS RESERVAS DE CARBÓN EN CHILE



**#KEEP
IT
UNDER
GROUND**

Contenido

I.	Introducción.....	3
II.	Impactos climáticos, ambientales y a la salud del carbón	6
1.	Impactos de la quema de carbón: termoeléctricas	6
2.	Impacto de la extracción del carbón: la minería.....	8
III.	El carbón en Chile.....	11
1.	Las cuencas de carbón en Chile.....	11
2.	Concesiones y proyectos mineros de carbón en Chile.....	13
2.1.	Cuenca de Arauco Concepción	14
2.2.	Cuenca Valdivia-Osorno	15
2.3.	Cuenca de Magallanes	15
3.	Reservas de carbón	18
3.1.	Cuenca de Arauco - Concepción	19
3.2.	Cuenca de Valdivia-Osorno.....	21
3.3.	Cuenca de Magallanes.....	22
IV.	Equivalente en CO ₂ de las toneladas de carbón disponibles.....	25
V.	Reflexiones finales	29
VI.	Bibliografía.....	34

I. Introducción¹

Actualmente enfrentamos una crisis ecológica y climática global sin precedentes. El reciente informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en adelante, “IPCC”, por sus siglas en inglés), en que se indican nuevas estimaciones acerca del panorama mundial sobre el cambio climático, fue categórico en declarar que, de no implementarse políticas de mitigación que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero (en adelante “GEI”), de manera inmediata, rápida y a gran escala, limitar el calentamiento global a cerca de 1,5°C o incluso a 2°C –como se acordó con el Acuerdo de París— será un objetivo inalcanzable², con daños profundos e irreparables para el planeta. Considerando lo anterior, la urgencia a la hora de decidir e implementar políticas públicas orientadas a la mitigación y adaptación al cambio climático se torna evidente; siendo especialmente relevante para Chile debido a su vulnerabilidad frente al cambio climático (el país cuenta con 7 de los 9 criterios de vulnerabilidad definidos por el IPCC³).

En Chile, la actividad que más contribuye a la emisión de GEI –y por tanto al cambio climático– es la quema de carbón. Tanto el sector *Energía* como el subsector *Industrias de la Energía* son los que más generan GEI, con un 77%⁴ y un 39%⁵ respectivamente. A su vez, dentro del subsector *Industrias de la Energía*, la *producción de electricidad y calor como actividad principal*, que considera las emisiones de la generación eléctrica, es la principal fuente de emisiones, con un 96,7%⁶. Dentro de la categoría *producción de electricidad y calor como actividad principal*, el carbón es el que tiene mayor representatividad. De todos los combustibles (gas natural, carbón, diésel, coque y “otros”) el carbón es el que más emite GEI, con el 81% de las emisiones de la categoría⁷.

Además de contribuir al cambio climático, el carbón es uno de los combustibles fósiles más dañinos. Su uso (en termoeléctricas) y explotación (en las minas de carbón) ha estado asociado a situaciones de intensa contaminación en los territorios donde se presenta, afectando la salud

1 Documento elaborado por Nicole Mansuy, Macarena Avilés y Victoria Belemmi.

2 IPCC (2021). Comunicado de prensa. El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

3 Áreas costeras de baja altura, zonas áridas y semiáridas, y zonas de bosques; los que se caracterizan por un territorio susceptible a desastres naturales, áreas propensas a la sequía y desertificación; los que cuentan con zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica; ecosistemas montañosos; los que tienen una economía altamente dependiente del clima, en particular de los recursos hídricos. ONU (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Artículo 4, compromiso n°8. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

4 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)a. Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. p. 84. Disponible en: https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

5 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)a. p. 89.

6 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)a. p. 90.

7 Porcentaje calculado en base a datos de: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)b. Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018. p.109 Disponible en: https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe_del_Inventario_Nacional_de_GEI_serie_1990-2018.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

de la población y los ecosistemas. Ello ha llevado a denominar estos territorios como zonas de sacrificio. En la actualidad, existen al menos 5 zonas de sacrificio asociadas al carbón, debido a la concentración de termoeléctricas -y otras industrias- en ellas: Tocopilla, Mejillones, Huasco, Puchuncaví y Coronel—lugar en que además, junto con Lota, se verificó el auge de la minería del carbón durante el siglo XX—⁸.

El avance del cambio climático, las obligaciones internacionales del país —el que ha suscrito la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París, adquiriendo diversas obligaciones en materia de mitigación y adaptación al cambio climático— y la necesidad de mejorar las condiciones de las zonas de sacrificio asociadas a la utilización del carbón, ha decantado en la realización de mesas de trabajo entre el gobierno y las empresas generadoras de energía termoeléctrica, para el retiro y/o reconversión de termoeléctricas presentes en el país. En este contexto, en 2019 se elaboró un Plan de Descarbonización para el cierre o reconversión de las plantas termoeléctricas⁹; que considera el cierre de 6 termoeléctricas y la reconversión de otras 3 al 2025; debiendo sumarse las restantes 14, como máximo para el año 2040¹⁰. Esa fecha podría adelantarse 15 años si se aprueba el proyecto de ley que prohíbe la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctricas a carbón a contar del año 2025, actualmente en Segundo Trámite Constitucional, en el Senado¹¹.

A pesar de que Chile ha iniciado el camino hacia la descarbonización, trabajando en erradicar la quema de carbón, su extracción desde las minas no ha sido incorporada como factor relevante en la política pública —no está presente en los planes de descarbonización, ni en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022, ni el Proyecto de Ley Marco sobre Cambio Climático—, develando una mirada sesgada de la cadena de producción del carbón como insumo para la generación de energía, evadiendo que aunque se logre erradicar la quemar el carbón en Chile, su extracción concluirá con su quema en otro país del planeta, contribuyendo de todos modos con la crisis climática mundial.

En la actualidad, pese a la crisis climática y ecológica, la decisión de seguir explotando las minas de carbón no está asociada a medidas de política pública o legales destinadas a detener esta actividad. Por el contrario, depende exclusivamente de las variables económicas que tengan en cuenta los particulares. Muestra de ello es Mina Invierno, una mega mina de carbón a cielo abierto que desde el año 2013 se erigió como la principal explotación de carbón del país y que actualmente se encuentra en proceso de cierre por razones económicas. La mina, que se aprobó bajo la condición de utilizar mecanismos mecánicos de extracción del carbón, al poco tiempo de operación consideró necesario reemplazarlos por tronaduras. Sin embargo, el Tercer Tribunal Ambiental

8 CHILE SUSTENTABLE (2020). Vivir en una zona de sacrificio. Experiencias e historias ciudadanas de la contaminación en Chile. p.4 Disponible en: <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2020/05/Vivir-en-Zonas-de-Sacrificio.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021

9 DECRETO EXCENTO N°50 (13/02/2020) Aprueba acuerdo de retiro de centrales termoeléctricas de carbón. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/decreto_exento_n_50.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021

10 ALIANZA CHAO CARBÓN (s/f). Carbón en Chile. Disponible en: <https://chaocarbon.cl/carbon-en-chile/> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2019

11 BOLETÍN 13.196-12. Prohíbe la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctricas a carbón en todo el país, a contar de la fecha que indica. Disponible en: <https://www.camara.cl/legislacion/ProyectosDeLey/tramitacion.aspx?prmID=13743&prmBOLETIN=13196-12> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021

rechazó la incorporación de tronaduras al proyecto, lo que motivó la decisión de cerrar. El titular sostuvo que, sin las tronaduras y en el contexto económico actual, el proyecto es inviable¹².

En línea con lo anterior, el presente informe busca catastrar cuántos depósitos de carbón existen en Chile, las toneladas de reservas, y su potencialidad de emisiones de GEI, de llegar a extraerse. El objetivo es mostrar que, existiendo depósitos de carbón en Chile y conociendo la situación climática actual, es necesario, además de implementar medidas de descarbonización relacionadas con la eliminación de la quema del mineral en las termoeléctricas nacionales, que el Estado tome medidas tendientes a impedir su extracción mediante la actividad de la minería del carbón, evitando así, que la decisión de comenzar o cerrar faenas mineras de carbón dependa exclusivamente de razones económicas individuales.

Para realizar el catastro de depósitos de carbón en Chile se solicitó información vía Ley de Transparencia al Servicio Nacional de Geología y Minería (en adelante, “SERNAGEOMIN”) sobre i) las concesiones de explotación y exploración de carbón actuales y ii) los inicios de faenas de explotación o de exploración de carbón. Además, se realizó una revisión de todos los proyectos de minería a carbón ingresados al Servicio de Evaluación Ambiental. A partir de dicha información y de bibliografía relevante, se identificaron las principales cuencas de carbón en Chile y sus respectivos yacimientos. Luego de ello, con base en los lineamientos indicados por el IPCC, se calcularon las potenciales emisiones de CO₂ de explotarse las reservas de carbón existentes en el país.

¹² MUNDO MARITIMO (2019) Mina invierno, sur de Chile: Fallo adverso del Tribunal Ambiental de Valdivia que prohíbe tronaduras hace inviable el proyecto. Disponible en: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/mina-invierno-sur-de-chile-fallo-adverso-del-tribunal-ambiental-de-valdivia-que-prohíbe-tronaduras-hace-inviable-el-proyecto> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2019.

II. Impactos climáticos, ambientales y a la salud del carbón

La extracción y quema del carbón genera diversos impactos: desde la contaminación atmosférica, pasando por el impacto en el océano y el suelo adyacentes, hasta la afectación a la salud de los trabajadores y la comunidad aledaña y de las formas locales de economía como la agricultura, pesca, o turismo. A continuación describirán dichos efectos.

1. Impactos de la quema de carbón: termoeléctricas

En la actualidad, los impactos de la quema de carbón en Chile se han asociado principalmente a la actividad de las termoeléctricas.

La contaminación atmosférica producida por la quema de carbón en termoeléctricas puede clasificarse como local, que ocasiona smog; regional, que implica la generación de lluvia ácida¹³; y global, que se refiere al calentamiento global como consecuencia de la emisión de GEI. Este impacto global ha sido especialmente observado a nivel internacional, debido a que la quema de combustibles fósiles —como el carbón— es responsable, en gran parte, del cambio climático¹⁴. Los principales contaminantes emitidos por esta industria son: material particulado (MP10 y MP2.5), dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂), metales pesados como el mercurio (Hg); vanadio (V), níquel (Ni) y plomo (Pb)¹⁵.

La emisión de contaminantes produce graves impactos en el medio ambiente. Por ejemplo, la lluvia ácida altera las condiciones del suelo y del agua, acidificándolos. Esto afecta la vegetación tanto terrestre como acuática ya que disminuye su capacidad para nutrirse; y permite la infiltración de metales tóxicos que pueden llegar a aguas subterráneas¹⁶, arriesgando la disponibilidad de agua potable o de riego, y perjudicando la fauna y las formas de economía local que dependen de la tierra y el agua, como la agricultura o la pesca¹⁷.

Además, las aguas marinas y el borde costero como espacios territoriales escogidos para la instalación de termoeléctricas se ven particularmente impactados tal como puede apreciarse en la situación experimentada por la bahía de Quintero y Puchuncaví. Según la Armada de Chile, en esta bahía, sólo en 2019 ocurrieron 185 varamientos de carbón, mientras que en el año 2020

13 La lluvia ácida se produce cuando la emisión a la atmósfera de ciertos gases como el óxido de azufre y de nitrógeno, reacciona con el oxígeno y el vapor, generando ácidos que caen a la superficie terrestre mediante la lluvia.

14 IPCC (2014). Cambio climático 2014: Mitigación del Cambio Climático. Resumen para responsables de políticas, p. 7. Disponible en línea: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG3AR5_SPM_brochure_es-1.pdf

15 CORTÉS et al. (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), 102-114. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

16 MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2018) Guía de calidad del aire y educación ambiental. p. 23 Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

17 BOLADOS (2018) Informe preliminar sobre conflictos socioambientales de la región de Valparaíso: la zona de sacrificio de Puchuncaví y Quintero y la usurpación de aguas en Petorca. p.10 y ss. Disponible en: <https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=transparencia&ac=doctoInformeAsesoría&id=211> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

se registraron 120¹⁸, contaminando el territorio. La contaminación en Quintero y Puchuncaví ha determinado que incluso, recientemente, la Corte de Apelaciones de Valparaíso acogiera un recurso de protección, ordenando la suspensión del ingreso y descarga de carbón en la Bahía de Quintero¹⁹. La decisión de la Corte tomó como antecedente dos informes científicos que advierten que la introducción al medio marino de los residuos del carbón altera significativamente el ecosistema, en especial la flora y fauna, provocando también trastornos a los medios de vida locales que dependen de ellos.

El primer informe, llamado “Análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en el aire, suelo y agua, en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví” del Centro de Ecología Aplicada²⁰, concluye que, dentro de otras cosas, la bahía de Quintero tiene un alto contenido de metales pesados (aluminio, hierro, molibdeno, cobre y cromo) asociados a la actividad de las termoeléctricas²¹, que están siendo acumulados en los tejidos de la fauna y flora marina. Además, el informe sostiene que existe una carga térmica que altera las características físicas y potencialmente ecológicas de la bahía y constata descargas al mar de Residuos Industriales Líquidos (RILES) que sobrepasan los límites máximos de contaminantes establecidos en la normativa (Decreto n°90 del 2000), provocando efectos adversos significativos en ciertas especies evaluadas (microalgas, zooplancton y peces). Todo lo anterior estaría generando una disminución de la tasa de desembarque de recursos hidrobiológicos en la bahía²².

El segundo informe, llamado “El carbón mineral: comportamiento físico y químico en el medio marino” del Instituto de Geología Económica Aplicada de la Universidad de Concepción²³, señala que, al haber carbón en ambientes marinos en cantidades suficientes, ocurren cambios en la disponibilidad de luz debido a una mayor turbidez del agua. Esto provoca que los organismos bentónicos sufran obstrucción de sus órganos respiratorios y alimentarios²⁴.

A los impactos anteriores se suma la generación de desechos de combustión que contienen químicos tóxicos y metales pesados, los cuales se depositan en vertederos que frecuentemente no se sellan adecuadamente; pudiendo contaminar aguas superficiales, napas subterráneas y el océano²⁵. A su vez, el acopio del carbón o de los desechos pueden generar polvo fugitivo, debido principalmente a la acción del viento, el cual se traslada hacia otros lugares, contaminando²⁶.

18 FUNDACIÓN TERRAM (2020). Minuta relativa al registro de varamientos de carbón en caleta Ventanas año 2020. p.2 Disponible en: <https://media.elmostrador.cl/2021/07/Minuta-Varamientos-CarboCC81n-Ventanas-2020.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

19 CORTE DE APELACIONES DE VALPARAÍSO (2021) Sentencia en causa rol 18632 – 2019.

20 CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA (2013) Análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en el aire, suelo y agua, en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. Encargado por el Ministerio del Medio Ambiente.

21 En particular de la Central Térmica Ventanas (Descarga Unidad 1), Central Térmica Ventanas (Descarga Unidad 2) y Central Térmica Nueva Ventanas (Descarga Unidad 3)

22 CORTE DE APELACIONES DE VALPARAÍSO (2021) Considerando Décimo. p. 43 y ss.

23 CISTERNAS (2018) El carbón mineral: comportamiento físico y químico en el medio marino. Instituto de Geología Económica Aplicada de la Universidad de Concepción.

24 CORTE DE APELACIONES DE VALPARAÍSO (2021) Considerando Décimo. p. 43

25 END COAL (2015) El lado sucio del carbón. Los impactos del carbón en la Salud y el Medio Ambiente. p.2 Disponible en: https://endcoal.org/wp-content/uploads/2015/03/ENDCOAL_SPANISH_factsheet1_LOWRES.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

26 FUNDACIÓN TERRAM (s/f) ¿Cuáles son los problemas de la termoelectricidad? Disponible en: <https://www.terram.cl/carbon/termoelectricidad/problemas-e-impactos/> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021

Por su parte, vivir cotidianamente respirando los contaminantes emitidos por la quema del carbón, tiene gravísimos impactos en la salud, los que están ampliamente documentados por estudios científicos. Destacan consecuencias como el asma, dificultades respiratorias, daños cerebrales, problemas cardíacos, cáncer, trastornos neurológicos y muerte prematura²⁷. El efecto en los niños se acrecienta, evidenciándose alteraciones perinatales, disminución del cociente del desarrollo y cociente de inteligencia, menor desarrollo de la función pulmonar, mayor frecuencia de síntomas respiratorios (tos, sibilancias y dificultad para respirar), mayor prevalencia de neumonía, entre otros²⁸.

En la misma línea, se ha identificado que las zonas dónde están instaladas las termoeléctricas, tienen tasas considerablemente mayores de enfermedades. Un estudio del Departamento de Salud Pública de la Facultad de Medicina de la Universidad Católica realizado el 2019²⁹ sobre las zonas consideradas de sacrificio, indica que el riesgo de morir por una enfermedad cerebrovascular en Huasco es 281% mayor que el promedio nacional; que las probabilidades de desarrollar enfermedades crónicas de las vías respiratorias es un 139% más alta y que la presencia de pacientes con asma es casi cuatro veces mayor que en el resto del país. Por su parte, en Tocopilla el riesgo de fallecer a causa de tumores malignos en tráquea, bronquios y pulmón es 172% mayor que el promedio nacional. A ello se suma la constatación de episodios masivos de intoxicación, como el que ocurrió entre agosto y septiembre de 2018 en Quintero-Puchuncaví, en que hubo más de 1600 atenciones de urgencia en los servicios de salud, por síntomas náuseas, cefaleas, mareos, pérdida de sensibilidad en las extremidades e inconciencia, principalmente³⁰.

2. Impacto de la extracción del carbón: la minería

La minería del carbón también se asocia a graves problemas medioambientales. Los procesos de extracción del carbón generan contaminación del aire emitiendo material particulado (MP10 y MP2.5)³¹, metano, dióxido de carbono, nitrógeno, y también puede generar gas etano³².

La presencia de metano es particularmente preocupante. La minería de carbón es una de las cinco principales fuentes de emisión de este gas, junto con la agricultura, los vertederos, las aguas de desecho municipales y los sistemas de petróleo y gas. Se emite tanto en minas subterráneas como de superficie, ya sea que estas sean activas o estén abandonadas –aunque el potencial de

27 UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (2019) Coal power impacts. La traducción es nuestra. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/resources/coal-power-impacts> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2019

28 CORTÉS et al. (2019)

29 DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. (2019) Daños a la salud en zonas con termoeléctricas a carbón / Tocopilla / Mejillones / Huasco. Programa Chile Sustentable. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/423529076/Danos-a-la-salud-en-zonas-con-termoelectricas-a-carbon-Tocopilla-Mejillones-Huasco>

30 FUNDACIÓN TERRAM (2020) Infografía. A 2 años de las intoxicaciones masivas en Quintero y Puchuncaví. Disponible en: <https://www.terram.cl/2020/08/infografia-zonas-de-sacrificio-a-dos-anos-de-las-intoxicaciones-masivas-en-quintero-y-puchuncavi/> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

31 SISTEMA ESPAÑOL DE INVENTARIO DE EMISIONES. (s/f) Emisiones fugitivas de la minería del carbón. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sci-/0501-fugitivas-minas_tcm30-481948.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

32 ALIANZA MUNDIAL DE DERECHO AMBIENTAL (ELAW)-EE.UU. (2018) Informe en Derecho. La necesidad de análisis de impactos climáticos en la evaluación ambiental de proyectos mineros de carbón. Presentado en causa Rol R-77, sobre tronaduras de Mina Invierno, Tercer Tribunal Ambiental de Valdivia. p.17

emisiones es considerablemente más alto en las subterráneas³³. Este GEI tiene un potencial de calentamiento global 28 veces más intenso que el del CO₂³⁴; y es el segundo GEI más generado después del CO₂³⁵. Por otro lado, estudios científicos³⁶ han demostrado estimaciones de emisión de metano, por parte de una mina activa o abandonada, significativamente mayores que estudios anteriores (50% y 24% más, respectivamente). Así, de no adoptar medidas urgentes con el objeto de reducir las fuentes, se estima que las emisiones de metano podrían aumentar aproximadamente en un 45% al 2030³⁷, contribuyendo de manera significativa al cambio climático.

A ello se suman las emisiones generadas por el procesamiento, almacenamiento, tractores, excavadoras, y camiones para transportar el carbón al puerto de embarque y las de los propios buques que transportan el carbón a la termoeléctrica.

La extracción del carbón también contamina el agua. Las minas a carbón tienen residuos que incluyen agua muy ácida que contiene metales pesados como arsénico, cobre y plomo³⁸, los que pueden filtrarse a los acuíferos cercanos. Luego de extraído, el carbón debe ser lavado —con agua y químicos que eliminan sus impurezas—, y almacenado en piscinas que, aunque deben estar impermeabilizadas, no están exentas de producir filtraciones que contaminan el territorio circundante a la mina³⁹.

Por otro lado, en la minería a rajo abierto se debe remover todo el suelo y la vegetación de la zona de interés económico, lo que impacta en el ciclo hidrológico y destruye el paisaje, generando erosión, afectando la biodiversidad existente y obligando a los habitantes de la zona a relocalizarse de ser necesario⁴⁰.

33 GLOBAL METHANE INICIATIVE (2011) Metano de las Minas de Carbón: Reducción de las Emisiones, Avance de las Oportunidades de Recuperación y Utilización. p.1 Disponible en: https://www.globalmethane.org/documents/coal_fs_spa.pdf Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021

34 IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change- Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf

35 GLOBAL METHANE INICIATIVE (2011) p.1

36 KHOLOD et al. (2020) Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. Journal of Cleaner Production. Published by Elsevier Ltd. p. 9. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620305369> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

SCHWIETZKE et al. (2016) Upward revision of global fossil fuel methane emissions based on isotope database. Nature 538, 88–91. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature19797> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

MILLER et al (2013) Anthropogenic emissions of methane in the United States. PNAS 110 (50) 20018-20022 Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1314392110> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

37 GLOBAL METHANE INICIATIVE (2011) p.1

38 UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (2017) Coal and water pollution. La traducción es nuestra. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/resources/coal-and-water-pollution#.W40BWHWFNuQ> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

39 GREENPEACE (2018) El lado oscuro del carbón. p.10 Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/09/GP-El-lado-oscuro-del-carbo%CC%81n-LR.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

40 La lista de hechos de contaminación e impacto ambiental que tuvo Mina Invierno es basta: constan entre ellos la contaminación con carbón en Chorillo Invierno 2, fugas de polvillo de carbón en el embarque y derrame de aguas de lastre en el seno Otway, ruptura de un humedal, contaminación costera, superación de niveles de emisión de material particulado sedimentable. Por estos hechos hubieron 2 denuncias a la Superintendencia de Medio Ambiente, finalizando con una multa y un Plan de Cumplimiento. Cronología y detalles disponibles en: ALERTA ISLA RIESCO (s/f) Mina Invierno. https://www.alertaislariesco.cl/?page_id=3949 Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

La extracción del carbón también se asocia a impactos sobre la salud de la comunidad aledaña y de quienes trabajan en ella. En cuanto a la salud de los trabajadores, la minería a carbón se asocia con accidentes fatales, y problemas crónicos de salud como la fibrosis pulmonar o la silicosis⁴¹. Además, los trabajadores están constantemente expuestos a riesgos de derrumbes y accidentes por manipulación de explosivos.

En el caso de la comunidad aledaña, estas ven afectado y contaminado su territorio y el ecosistema (agua, aire, suelo), además de recibir la dispersión del polvo de la extracción y del transporte en camiones del producto extraído. En España existen investigaciones⁴² que muestran que vivir cerca de una mina de carbón aumenta el riesgo de morir tanto por cáncer de colon como de pulmón, en un 9,7% y 6,6% respectivamente, en comparación al resto de la población. A su vez, las minas subterráneas se asocian con mayor riesgo de cáncer de tiroides, vesícula biliar e hígado; mientras que las minas de carbón a cielo abierto, con tumores cerebrales y cáncer de estómago. En la misma línea, los impactos antes descritos también han demostrado efectos sumamente adversos para la salud en Estados Unidos⁴³ y Colombia⁴⁴.

41 GREENPEACE (2018) p.10

42 OBSERVATORI DEL DEUTE EN LA GLOBALITZACIÓ (2015) El coste real de la energía. p.23 Disponible en: http://www.nuevomodeloenergetico.org/pgs2/files/5414/4197/8825/Informe_Coste_real_energia.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

43 MÉDICOS PARA LA RESPONSABILIDAD SOCIAL (2009) El impacto del carbón en la salud humana. 2009. p.3 Disponible en: <http://www.alertaislariesco.cl/images/pdf/EnergiaenChileyTermosaCarbon/Impacto-delCarbonsobrelaSaludHumana.pdf> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

44 ACOSTA (2015) Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del Municipio de Samacá. p.79 Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4130/Final%20tesis%202016.%20biblioteca.pdf;jsessionid=11135BE66E3E87519597356F64E9EE-B9?sequence=1> Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

III. El carbón en Chile

1. Las cuencas de carbón en Chile

En la era preindustrial las sociedades dependían de la biomasa –quema de madera-, como fuente de energía, y grandes hectáreas de bosque fueron taladas con dicho fin. Ello cambió con la invención de la máquina a vapor en Inglaterra en el S. XVIII. Esta máquina, que utilizaba carbón en vez de biomasa, revolucionó las cadenas de producción, al hacer factible la mecanización y aumentar la eficiencia. Los medios de transporte como ferrocarriles y barcos incorporaron la máquina a vapor como tecnología generadora de energía, lo cual potenció su desarrollo. El impacto de la máquina a vapor fue tan grande que la utilización del carbón como combustible se tornó una práctica global, desencadenando profundas transformaciones económicas, sociales, demográficas y ambientales⁴⁵. A este periodo se le conoce como Revolución Industrial.

Chile no estuvo ajeno a estos cambios. Los ciclos del carbón han estado marcados por factores internos o externos que, por razones económicas, impulsan su auge o bien todo lo contrario, provocan una disminución de su producción⁴⁶. Conforme con ello, y pese a que en la época colonial se tenía conocimiento del carbón como mineral explotable, no fue hasta mediados del XIX -coincidente con la tendencia global- que se realizaron las primeras explotaciones a mayor escala.

La explotación del carbón en Chile se ha centrado en tres principales cuencas: Arauco Concepción, Valdivia Osorno y Magallanes.

La cuenca de Arauco-Concepción (desde Talcahuano a Lebu aproximadamente) contempla tanto yacimientos submarinos como terrestres y contiene carbón de tipo bituminoso, es decir, de alto valor calorífico⁴⁷. El proceso extractivo en Chile comenzó en esta cuenca, en los yacimientos de Lota y Schwager para proveer los altos requerimientos de carbón de los ferrocarriles, de la minería y de los barcos mercantes que navegaban por rutas entre el Pacífico y el Antártico⁴⁸.

A mediados del siglo XX el petróleo desplazó paulatinamente la utilización del carbón debido a los avances tecnológicos que, sobre todo en relación con el transporte, promovieron su uso por sobre el carbón. Esto produjo un declive de la minería de carbón a gran escala en la cuenca de Arauco-Concepción. En la década de los '90 comenzaron a cerrar las minas más relevantes de la zona: primero la mina Schwager de Coronel en 1994 y el yacimiento de Lota, en 1997. Luego, en 2006 cerró la mina Trongol de Curanilahue, y en 2008, la mina La Fortuna, de Lebu⁴⁹.

45 MINISTERIO DE ENERGÍA (s/f). El carbón como fuente energética en el mundo. Disponible en: <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-el-mundo/> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

46 Por ejemplo, la primera guerra mundial imposibilitó la importación de carbón inglés y eso aumentó el mercado interno de carbón. O bien la apertura del Canal de Panamá provocó menos tránsito de barcos mercantes por el Estrecho de Magallanes, y con ello disminución de la producción. Luego, cuando comienzan a abrir las termoeléctricas se produce otro auge.

47 UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE (s/f) What are the types of coal? Disponible en: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-types-coal?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

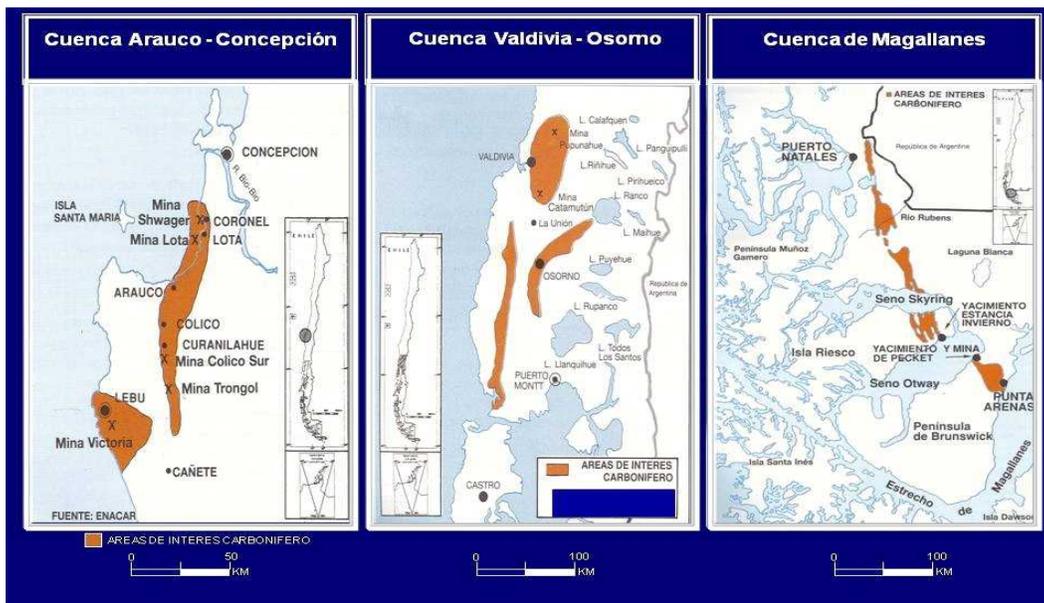
48 MINISTERIO DE ENERGÍA (s/f) El carbón como fuente energética en Chile. Disponible en: <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-chile/> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

49 SANTA CRUZ (2018). Gestión del patrimonio carbonífero en contextos recesivos: del sitio aislado a la cuenca minera. Una reflexión a partir de las experiencias de las cuencas Concepción-Arauco en Chile y Nord-Pas de Calais en Francia. EURE (Santiago), 44(132), 265-289. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612018000200265> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

Por su parte la cuenca Valdivia-Osorno cuenta con yacimientos terrestres⁵⁰ de carbón de tipo sub-bituminoso, es decir, de menor poder calorífico. Esta cuenca comenzó a explotarse de manera sistemática a partir del siglo XX, con la explotación de los yacimientos de Máfil y Pupunahue -subcuenca de Valdivia- y la creciente demanda de carbón por parte de la empresa de Ferrocarriles del Estado. En esta misma época tomó fuerza la explotación del yacimiento de Catamutún, en la subcuenca de Osorno; por parte de la Compañía San Pedro de Catamutún. Prosiguió creciente durante varias décadas, hasta la década de los '90, en que finalizó la explotación de la mina, coincidente con los cierres en la cuenca de Arauco-Concepción y al desplazamiento del carbón por el petróleo⁵¹.

Finalmente, la cuenca de Magallanes posee yacimientos terrestres de carbón de tipo sub-bituminoso. En esta cuenca, los primeros ensayos de explotación comenzaron en el siglo XIX, en la península de Brunswick, Río Verde y las costas de Isla Riesco y Tierra del Fuego⁵². Sin embargo, recién en el siglo XX comenzó una actividad extractiva de proporciones -impulsada por la inversión de Agustín Ross en el río del Valle de las Minas, cerca de Punta Arenas-, y luego también por los descubrimientos de mantos en Isla Riesco. La minería del carbón en la cuenca alcanzó un punto cúlmine en los años '40. Desde la siguiente década y por 30 años la actividad carbonífera decayó de manera crítica hasta una segunda época productiva en la década de los '80, impulsada por la explotación del sitio Pecket, en la península de Brunswick y, posteriormente, ya en los 2000, por nuevas zonas de explotación en Isla Riesco.

A continuación, se acompaña cartografía de las tres cuencas:



Fuente: www.mineriachilena.cl

⁵⁰ COMITÉ CHILENO DE LA CONFERENCIA MUNDIAL DE ENERGÍA (s/f) Recursos de Energía en Chile. p.2 y ss. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/17889/U0467.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

⁵¹ SÁEZ Y MUÑOZ (2019) La compañía carbonífera San Pedro de Catamutún y su inserción regional como estrategia político-productiva. La Unión, Valdivia. 1947-2000. Espacio Regional Vol. 1, n.º 16, Osorno, pp. 133 – 146 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350074409_La_compania_carbonifera_san_pedro_de_catamutun_y_su_insercion_regional_como_estrategia_politico-productiva_la_union_valdivia_1947-2000 Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

⁵² MINERÍA CHILENA (2008) La explotación histórica del carbón. Disponible en: <https://www.mch.cl/repor-tajes/la-explotacion-historica-del-carbon/> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

2. Concesiones y proyectos mineros de carbón en Chile

En la actualidad, de acuerdo con lo establecido en el artículo 19 N°24 de la Constitución Política de la República, el Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de todas las minas, incluyendo los depósitos de carbón. Para acceder a su exploración o explotación es necesario obtener una concesión (es decir, un derecho)⁵³ otorgada mediante resolución judicial. Para ello se debe cumplir con el requisito de existir un interés público que justifique su otorgamiento. Además, desde la dictación de la Ley 19.300 de Bases Generales del Medio Ambiente, los proyectos con una capacidad de extracción mayor a 5.000 toneladas mensuales de mineral deben ingresar al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (en adelante, “SEIA”) y obtener una Resolución de Calificación Ambiental (en adelante, “RCA”) para operar⁵⁴.

Como se adelantó, la extracción del carbón en Chile ha disminuido y la mayoría de las minas se encuentran en proceso de cierre. Sin embargo, de acuerdo con la información entregada por SERNAGEOMIN y constatable en la página web del SEIA, aún es posible identificar concesiones y autorizaciones ambientales válidamente otorgadas (que pueden dar origen a la operación de faenas⁵⁵), como concesiones en trámite para explorar o extraer carbón que podrían, eventualmente, ser obtenidas y utilizadas.

53 Para HERVÉ, una de las principales características de las concesiones que es que la autoridad administrativa no está obligada a su otorgamiento, y en ese sentido se trataría de un acto discrecional, en que se debe tomar en cuenta el interés público presente. A su vez, se puede delimitar el contenido de las facultades que otorga la concesión y puede poner fin en cualquier momento, siempre que el interés público así lo aconseje. En: HERVÉ (2019) Policy Brief. Justicia ambiental y recursos naturales. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. Disponible en: <https://www.cr2.cl/policy-brief-observatorio-ley-de-cambio-climatico-justicia-ambiental-y-recursos-naturales/> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

54 REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (2013) Artículo 3. Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/dto-40_12-ago-2013.pdf Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

55 De acuerdo con el artículo 3 letra i) de la Ley 20.551 que Regula el cierre de faenas e instalaciones mineras se entiende por faena minera “el conjunto de instalaciones y lugares de trabajo de la industria extractiva minera, tales como minas, plantas de tratamiento, fundiciones, baterías, equipamiento, ductos, oleoductos y gasoductos de hidrocarburos, maestranzas, talleres, casas de fuerza, puertos de embarque de productos mineros, campamentos, bodegas, lugares de acopios, pilas de lixiviación, depósitos de residuos masivos mineros, depósitos de relaves, de estériles, rípios de lixiviación y, en general, la totalidad de las labores, instalaciones y servicios de apoyo e infraestructura que existen respecto a una mina o establecimiento de beneficio para asegurar el funcionamiento de las operaciones mineras”.

2.1. Cuenca de Arauco Concepción

De acuerdo con la información obtenida de SERNAGEOMIN, en la cuenca de Arauco-Concepción se identifican un total de 94 concesiones constituidas y 56 en trámite, concentrándose la mayoría de ellas en las comunas de Arauco, Lebu y Curanilahue, como se aprecia en la siguiente tabla:

Cuenca de Arauco-Concepción			
Comuna	Concesiones		
	Constituida	En trámite	Total
-			
Arauco	41	13	54
Coronel	12	2	14
Curanilahue	26	18	44
Lebu	5	19	24
Los Álamos	0	2	2
Los Ángeles	3	1	4
Lota	1	0	1
Mulchén	2	1	3
Penco	2	0	2
Tomé	2	0	2
Total	94	56	150

Fuente: Tabla elaborada con base en la información obtenida de SERNAGEOMIN a través de una solicitud de acceso a la información pública. La información fue recibida con fecha 06 de agosto de 2021 y no distingue entre concesiones de exploración y explotación.

En la comuna de Curanilahue, 61% de las concesiones en trámite son de la empresa Parque Eólico Vientos del Pacífico SpA, y en Lebu, 73% de las concesiones en trámite son de la empresa Inversiones Bosquemar Ltda (empresa de propiedad de Consorcio Eólico S.A.).

Por su parte, para la región del Bío Bío, SERNAGEOMIN cuenta con el registro de 40 faenas mineras de carbón de explotación y ninguna de exploración, con registros desde 2004 hasta el presente año, de las cuales 19 son minas y 21 pirquenes⁵⁶. Las reservas proyectadas a extraer en todas las faenas suman 3.385.405 de toneladas; no constando ninguna con una cantidad a extraer mayor a 5000 toneladas mensuales de mineral. Cabe señalar que de la información entregada por SERNAGEOMIN se advierte que más de la mitad de dichas faenas tienen actas de fiscalización de cierre, dentro de las cuales se encuentra Mina Oro Negro, una de las faenas principales de explotación en la Región de Bio Bio – junto a Mina Trinidad—según consta en el Anuario de Minería del año 2020 del mismo organismo⁵⁷.

⁵⁶ Un pirquén es un “contrato en que una persona, llamada pirquinero, explota por su cuenta y para sí todo o parte de una pertenencia ajena, con la obligación de pagar a su titular un porcentaje de los minerales extraídos o de su valor. En: MINISTERIO DE MINERÍA (s/f) Glosario Minero. Disponible en: <https://www.minmineria.cl/glosario-minero-p/pirquen/> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

⁵⁷ SERNAGEOMIN (2020) Anuario Minería. p.166-167 Disponible en: https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

Finalmente, al revisar los proyectos ingresados al Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental —que como se mencionó, corresponden a aquellos que proyectan una capacidad de extracción mayor a 5.000 toneladas mensuales de mineral— no figuran proyectos de minas a carbón.

2.2. Cuenca Valdivia-Osorno

En el caso de la cuenca Valdivia-Osorno la información entregada por SERNAGEOMIN muestra que existirían **sólo 9 concesiones mineras constituidas en la región de Los Ríos**, en específico en la comuna de Máfil, todas pertenecientes a Antofagasta Minerals S.A. Por su parte, en la región de Los Lagos, existen 4 concesiones mineras carboníferas constituidas en la comuna de Los Muermos, todas de propiedad de la Compañía Carbón San Pedro de Catamutún, mientras que, en la comuna de Río Negro, se advierten 6 concesiones constituidas y 2 en trámite, todas de la empresa Cliffs Inversiones Chile Ltda.

En cuanto a proyectos ingresados al SEIA, el único que consta es un proyecto de las empresas Carbon Energy (compañía Australiana) y Antofagasta Minerals. Cuenta con RCA favorable de 2010⁵⁸ y su objeto fue estudiar la factibilidad técnica y económica de la producción de gas de mediante la gasificación subterránea de carbón, en el yacimiento Mulpún.⁵⁹ En la RCA del proyecto se detalla que existirían reservas ascendentes a 70 millones de toneladas de carbón. Las faenas se encuentran actualmente cerradas, según consta en acta de fiscalización de cierre de faenas de SERNAGEOMIN del año 2016.

La información entregada por SERNAGEOMIN sobre las principales faenas mineras de exploración o explotación muestra que solo constan dos proyectos. Uno en Valdivia (el proyecto de Carbon Energy y Antofagasta Minerals, antes mencionado) y otro en Llanquihue (Osorno), el que tampoco se encontraría en operación. Ello, ya que, de acuerdo con el mismo organismo, para el año 2020 no se registró actividad minera a carbón ni en Los Ríos ni en Los Lagos⁶⁰.

2.3 Cuenca de Magallanes

La información entregada por SERNAGEOMIN identifica un total de 39 concesiones carboníferas constituidas y 92 en trámite para la región de Magallanes, concentrándose la mayoría de ellas en la comuna de Río Verde, como se aprecia en la siguiente tabla:

Cuenca de Magallanes			
Comuna	Concesiones		
	Constituidas	En trámite	Total
-			
Natales	3	15	18
Punta arenas	17	3	20
Río Verde	19	74	93
Total	39	92	131

Fuente: Tabla elaborada con base en la información obtenida de SERNAGEOMIN a través de una solicitud de acceso a la información pública. La información fue recibida con fecha 06 de agosto de 2021 y no distingue entre concesiones de exploración y explotación.

⁵⁸ RCA N°96 (2010) Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/archivos/RCA_N__0096_Proj_Mulpun.pdf Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2021.

⁵⁹ SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE (2014) Informe de Fiscalización Ambiental . Inspección Ambiental. Mulpún. Disponible en: <https://snifa.sma.gob.cl/v2/General/Descargar/1404180448> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021.

⁶⁰ SERNAGEOMIN (2020)

En Río Verde, comuna que cuenta con el 80% de las concesiones en trámite, la Sociedad Minera Isla Riesco S.A. es titular del 78% de ellas, mientras que en Natales todas las concesiones en trámite son del titular Chabunco S.A.

En cuanto a los proyectos mineros de exploración y/o explotación, cabe mencionar que esta cuenca se divide en 4 principales zonas de interés carbonífero: Rubens-Natales, Skyring-Río Verde, Isla Riesco y Península de Brunswick. Por Decreto del Ministerio de Economía N°976 de 1945, el Estado reservó para sí parte de estas zonas, en virtud del artículo 219 del antiguo Código de Minería, que disponía que “El Presidente de la República podrá observar para el Estado determinados terrenos carboníferos”⁶¹. Debido a esta reserva, el procedimiento para autorizar la exploración y explotación en estas zonas debía ser la adjudicación de una licitación, y no la concesión.

Así, tras un proceso de licitación, las pertenencias de la zona de interés ubicada en Isla Riesco denominadas Estancia Invierno, Eduardo y Elena fueron adjudicadas en 2007 a Minera Isla Riesco S.A.⁶², de propiedad de las empresas Copec y Ultramar. A partir de dicha licitación estas empresas proyectaron la explotación de carbón en cinco minas a cielo abierto: Mina Invierno, Mina Río Eduardo, Mina Elena, Mina Oeste y Mina Adela⁶³.

Mina Invierno fue la primera mina proyectada y obtuvo RCA favorable para funcionar en el año 2010. Los 12 años de vida útil del proyecto se calcularon en función de las reservas medidas, que ascienden a 73 millones de toneladas, estimándose la extracción de 6 millones de toneladas al año. La RCA menciona que el carbón explotado permitirá abastecer de combustible, principalmente, al mercado termoeléctrico nacional. Mina Invierno comenzó a operar en 2013, pero su explotación no alcanzó a llegar a lo proyectado. La mina producía alrededor de 2.5 millones de toneladas al año y a marzo de 2017 alcanzó una producción del orden de 659 mil toneladas⁶⁴. Actualmente está en proceso de cierre debido a una decisión económica del titular, al no poder utilizar tronaduras en la extracción del carbón.

Hasta el momento no existen más proyectos ingresados al SEIA en Isla Riesco. A su vez, la explotación de Mina Invierno es el único proyecto en la Isla Riesco que consta en la información entregada por SERNAGEOMIN acerca de las faenas mineras de carbón.

Por otro lado, la zona de interés ubicada en la Península de Brunswick también fue licitada. En 1982, mediante decreto del Ministerio de Minería se otorgó a la Compañía de Carbones (CO-CAR) la explotación carbonífera del Yacimiento Pecket, por un plazo de cincuenta años. La compañía inició sus operaciones en 1987, y utilizando el sistema de explotación a rajo móvil logró la mayor capacidad productiva del país, con 1,2 MMton/año⁶⁵. En 1997 COCAR dio por finalizada

61 CÓDIGO DE MINERÍA (1932) Artículo 219. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=6128>

62 La explotación de dichos yacimientos se tuvo que licitar y no seguir el curso “normal” de concesión vía sentencia judicial, en tanto como se comentó anteriormente, en 1945 el Presidente los reservó para el Estado mediante decreto, pasando a ser CORFO la propietaria.

63 MESA CIUDADANA DE ENERGÍA PARA MAGALLANES. (2018) Propuesta de Ciudadana de Energía para Magallanes. Fundación Heinrich Böll, Oficina Regional para Cono Sur. p.42 Disponible en: https://cl.boell.org/sites/default/files/paginas_propuesta_ciudadana_de_energia_para_magallanes_ok_160518.pdf Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

64 MESA CIUDADANA DE ENERGÍA PARA MAGALLANES. (2018) p.42

65 CONSULTORA MASENERGÍA Ltda. (2011) Informe Matriz Energética Magallanes, Comisión Nacional de Energía. p.24 Disponible en: https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/07/Informe_Final_Matriz_Energética_Magallanes.pdf

su explotación, y arrendó el yacimiento a Ingeniería Civil Vicente S. A., y posteriormente a la empresa Ingeniería del Sur S.A.⁶⁶

Desde la creación del SEIA, se han presentado sucesivamente una serie de proyectos asociados a este yacimiento, a saber:

- En 1997 la empresa Ingeniería del Sur S.A. obtuvo RCA favorable⁶⁷ para modificar la mina de rajo abierto a una mina subterránea, proyectando la explotación de reservas por 8.450.000 en el manto 6;
- En 2005, Ingeniería del Sur S.A. obtuvo RCA favorable⁶⁸ para la extracción de carbón en una nueva mina a cielo abierto en el mismo yacimiento, Mina Norte. El proyecto contemplaba una producción máxima de 40.000 toneladas por mes, y una vida útil de 4 años, lo que en total implicaba la extracción de cerca de 2 millones de toneladas. En la RCA se señala que el destino de estos embarques sería el mercado termoeléctrico nacional. Este proyecto se modifica en 2008⁶⁹ ampliando la explotación hasta el manto 6, sin claridad de cuántas toneladas más de extracción se proyectaron.
- En 2011, Ingeniería del Sur obtuvo RCA favorable⁷⁰ para la extracción en una nueva mina, Mina a cielo abierto Norte Tres. El proyecto estaba planificado para una vida útil de entre 10 – 12 años con una producción mensual entre 50.000 y 100.000 toneladas. Las reservas estimadas con la ampliación del área a explotar ascendían a 10 millones de toneladas.

Desde el cambio del titular de los proyectos, la producción se redujo, aunque persistió en un rango considerable en tanto el destino de los embarques del carbón producido suministraba a termoeléctricas nacionales, en especial Guacolda y Electroandina⁷¹. En 2014 se presentó oficialmente un plan de cierre temporal del yacimiento.⁷² Así es que en el Anuario de Minería de SERNAGEOMIN 2020, Pecket no figura como faena en explotación.

⁶⁶ MARTINIC (2004) La minería del carbón en Magallanes entre 1868-2003. Instituto de Historia, Pontificia Universidad Católica de Chile, HISTORIA No 37, Vol. I, enero-junio 2004: 129-167, ISSN 0073-2435. p.160 y ss.

⁶⁷ RCA N°22 (1997) Modificación método de extracción de carbón en Mina Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=1031 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.

⁶⁸ RCA N°23 (2005) Mina a cielo abierto Pecket- Norte, Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=627465 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.

⁶⁹ RCA N° 143 (2008) Mina a cielo abierto Norte Dos – Ampliación campo Mina Norte Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=3048407 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.

⁷⁰ RCA N°63 (2011) Mina a cielo abierto Norte Tres – Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=4936067 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.

⁷¹ MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (2007) Infraestructura para la competitividad. Sector Minería. p.42 Disponible en: http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/documentosgenerales/Documents/Plan_de_Competitividad/Plan_Competitividad_2007_2012_Mineria.pdf Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021

⁷² PRENSA AUSTRAL (2014) Mina Pecket presentó oficialmente plan de cierre temporal de faenas a Sernageomin. Disponible en: https://archivo.laprensaaustral.cl/suplementos/economia_35.pdf Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021

Respecto de las reservas en otros sectores de la Península de Brunswick, existe menor información, por cuanto ella se limita a sondajes y afloramientos puntuales; no obstante, sí cabe mencionar la Mina Bitsch, que primero perteneció a la empresa Minera Oatway S.A. y luego a la empresa Chabunco S.A. La explotación de este yacimiento cuenta con la siguiente cronología en base a los proyectos ingresados al SEIA:

- En 2004⁷³ y 2005⁷⁴, Minera Oatway S.A. obtuvo dos RCA favorables para dos proyectos presentados con el objeto de explotar la Mina Bitsch Norte, con reservas probadas ascendentes a 450.000 toneladas. En la primera RCA se menciona que el objeto es abastecer el Mercado Termoeléctrico Nacional.
- En 2005, el proyecto pasó a manos de Chabunco S.A, y se obtuvo RCA favorable⁷⁵ para explotar una nueva mina, Bitsch Sur, que proyectaba reservas potenciales estimadas de 344.000 toneladas.
- Un tercer proyecto, también a nombre de Chabunco S.A., se aprobó en 2008⁷⁶, referido a la explotación de las Minas Loayza y mina Laguna, cercanas a la explotación de Bitsch Norte y Sur. Las reservas probadas este proyecto eran del orden de las 8.000.000 toneladas de carbón in situ (4 millones de toneladas en cada mina).

Según información entregada por SERNAGEOMIN, ninguno de los proyectos mineros mencionados se encuentra actualmente activo. Por otro lado, no constan, ni en el SEIA ni de la información de SERNAGEOMIN, proyectos en las zonas de interés de Rubens-Natales⁷⁷ ni en Skyring.

3. Reservas de carbón

El carbón de las cuencas de Arauco-Concepción, Valdivia-Osorno y Magallanes no ha sido extraído en su totalidad, existiendo aún grandes depósitos de este mineral fósil. Como se advirtió previamente, las decisiones sobre detener o aumentar la extracción del carbón en Chile responden a razones económicas, asociadas al contexto interno y externo sobre la demanda del carbón, de modo que, de no mediar medidas públicas potentes tendientes a detener su consumo y extracción, los vaivenes económicos podrían volver a posicionar este combustible fósil como uno

73 RCA N°34 (2004) Mina a cielo abierto de carbón sub-bituminoso. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=124563 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021

74 RCA N°20 (2005) Modificación DIA Proyecto a cielo abierto de carbón sub bituminoso Punta Arenas. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=588664 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021

75 RCA N°57 (2005) Modificación II DIA Proyecto Mina a cielo abierto de carbón sub bituminoso. Mina Bitsch-Sur Modificación II – DIA Proyecto Mina Bitsch. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=900019 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021

76 RCA N° 91 (2007) Explotación a cielo abierto, minas de carbón Laguna y Loayza. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2505520 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.

77 En esta zona hubo un proyecto ingresado al SEIA, “Proyecto Tranquilo” de Chabunco S.A, no obstante, tuvo Término Anticipado. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=ficha&id_expediente=2131917637

rentable. En lo sucesivo se expondrán las cifras de estimación de reservas encontradas para cada una de las cuencas. Con ello se busca mostrar el potencial carbonífero del país en estas cuencas y el riesgo existente de extracción de este.

3.1. Cuenca de Arauco - Concepción

Fuentes de información Cuenca Arauco-Concepción

1. Los depósitos de carbón de Argentina y Chile: Importancia en la matriz energética y alternativas de uso; por Liliana Castro y Guillermo Alfaro (2011)⁷⁸
2. Carbón Protagonista del pasado, presente y futuro, por Hernán Danús Vasquez y Susana Vera Iturra (2010)⁷⁹
3. Recursos de Carbón en Chile. Informe Preliminar; de la Comisión Nacional de Energía (1980)⁸⁰
4. Programa de acción CORFO. Zona del carbón VIII Región; de la Corporación de Fomento de la Producción (1992)⁸¹.

Los principales sectores en dónde se encuentra el carbón en la cuenca Arauco-Concepción son, de norte a sur: Lota, Coronel, Arauco, Curanilahue y Lebu. Las estimaciones de reservas de carbón son disímiles. Las fuentes de información difieren probablemente por diferencias sobre el concepto de reservas, el que puede entenderse de manera genérica o relacionado con un análisis respecto de la factibilidad económica para la extracción del carbón.

En el año 1980 la Comisión Nacional de Energía (en adelante, “CNE”) realizó un informe sobre el carbón en la zona, clasificando las estimaciones en tres tipos: **i) reservas**, que es la categoría más certera, en cuanto existe un grado real de conocimiento geológico y de factibilidad económica **ii) recursos-reservas**, que tienen un grado menor de certidumbre que las reservas; y, por último, **iii) recursos**, que se refieren a la materia mineral útil conocida sólo desde un punto de vista hipotético y que por tanto cuentan con un alto grado de incertidumbre. Considerando esta clasificación la CNE estimó que, en los yacimientos de Lota, Schwager, Colico Sur, Victoria de Lebu y Trongol, habría 74 millones de toneladas en reservas; en el sector de Carampangue, 32.5 millones de toneladas de recursos-reservas (Horizonte Lota y Cólico); y, 194.5 millones de toneladas de recursos en zonas de interés en el Horizonte Lota, Horizonte Colico y Piso Trihueco.

78 CASTRO Y ALFARO (2011) Los depósitos de carbón de Argentina y Chile: Importancia en la matriz energética y alternativas de uso. Geotemas num 20. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299537244_Los_depositos_de_carbon_de_Argentina_y_Chile_Importancia_en_la_matriz_energetica_y_alternativas_de_uso Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

79 DANÚS Y VERA (2010) Carbón Protagonista del pasado, presente y futuro. Ril Editores. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=blQe9zvzHIYC&lpq=PA136&ots=yix2pJ4i0o&dq=los%20pirquineros%20representan%2066%25&hl=es&pg=PA119#v=onepage&q=los%20pirquineros%20representan%2066%25&cf=false> Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2021

80 COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (1980) Recursos de Carbón en Chile. Informe Preliminar Disponible en: Biblioteca CORFO.

81 CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (1992) Programa de acción CORFO. Zona del carbón VIII Región. Disponible en: Biblioteca CORFO.

Por su parte, en 1992 CORFO también realizó un estudio en la cuenca, estimando lo siguiente:

Campo	Reserva (kton)	Recurso (kton)	Total
Mina Lota	9.500	25.000	34.000
Mina Colico Sur	312	120	432
Mina Trongol Norte	773	1.227	2.000
Mina Schwager	1.136	6.776	8.912
Mina Victoria de Lebu Chulita	4.063	7.000	11.063
Sureste Colico Sur	-	3.145	3.145
Carampangue	-	32.500	32.500
Escuadrón (N. Schwager)	-	25.000	25.000
Quirihue	-	30.000	30.000
Total	16.784	130.768	147.552

La cifra total de este estudio se asemeja a lo planteado por Danús y Vera en un reciente estudio del año 2010. Ellos estiman recursos por 140 millones de toneladas, repartidas entre Lota, Schwager, Colico, Trongol y Lebu⁸². Ahora bien, como se mencionó anteriormente, se debe considerar que el concepto de “recurso” contempla un alto grado de incertidumbre, al consistir sólo en “áreas hipotéticas”.

Finalmente, la estimación más reciente, de Castro y Alfaro (2011), considera reservas de máximo 50 millones de toneladas⁸³.

⁸² DANÚS Y VERA (2010), p.119

⁸³ CASTRO Y ALFARO (2011), p.22

En la siguiente tabla se resumen los datos señalados en todas las fuentes encontradas:

Sector	Fuente	Recursos (ton)	Recursos-reserva (ton)	Reserva (ton)
Cuenca Arauco-Concepción	Castro y Alfaro (2011)	-		50.000.000
Lota, Shwager, Colico, Trongol y Lebu	Danus y Vera (2010)	140.000.000	-	100.000.000
Lota, Schwager, Colico Sur, Victoria de Lebu y Trongol,	CNE (1980)	-	-	74.000.000
Carampangue (Lota y Colico)	CNE (1980)	-	32.500.000	-
“zonas de interés” (Lota, Colico y Trihueco)	CNE (1980)	194.500.000	-	-
Lota, Colico Sur, Trongol Norte, Schwager, Victoria de Lebu, Sureste Colico, Carampangue, Escuadrón, Quirihue	CORFO (1992)	130.768.000	-	16.784.000

3.2. Cuenca de Valdivia-Osorno

Fuentes de información Cuenca de Valdivia-Osorno
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los depósitos de carbón de Argentina y Chile: Importancia en la matriz energética y alternativas de uso; por Liliana Castro y Guillermo Alfaro (2011) 2. Carbón Protagonista del pasado, presente y futuro, por Hernán Danús Vasquez y Susana Vera Iturra (2010) 3. La Nueva Mina de Carbón de Mulpún, por Guillermo Alfaro y Eduardo Gantz (1997)⁸⁴.

Los principales yacimientos de carbón de la subcuenca de Valdivia son Arrau (comuna de Mariquina), Millahuillín y Mulpún (comuna de Máfil) y Pupunahue (comuna de Los Lagos). Por su parte, en la subcuenca de Osorno el principal yacimiento es Catamutún (comuna de La Unión)⁸⁵.

En cuanto a la estimación de recursos y/o reservas Danús y Vera⁸⁶ en un estudio de 2010 estiman reservas por 500 millones toneladas; por su parte, Castro y Alfaro (2011), siguiendo lo

⁸⁴ ALFARO Y GANTZ (1997). La nueva mina de carbón de Mulpún. VIII Congreso Geológico Chileno. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Católica del Norte. Vol II, sesión temática 5. Disponible en: https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/8457pp832_836.pdf Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2021.

⁸⁵ CASTRO Y ALFARO (2011), p.20.

⁸⁶ DANÚS Y VERA (2010), p.119.

señalado por Alfaro (2003) y Hackley, et al. (2006)⁸⁷ estiman recursos, “desde un punto de vista geológico”, por 1 billón de toneladas. Finalmente, Alfaro y Gantz⁸⁸, específicamente para el yacimiento Mulpún, la principal fuente de reservas de la subcuenca de Valdivia, estiman reservas que ascenderían a 18 millones de toneladas *in situ*.

En la siguiente tabla se resumen todas las estimaciones encontradas:

Sector	Fuente	Recursos (ton)	Reserva (ton)
Cuenca Valdivia-Osorno	Danús y Vera. (2010)	-	500.000.000
Cuenca Valdivia-Osorno	Castro y Alfaro (2011)	1.000.000.000	-
Mulpún	Alfaro y Gantz (1997)	-	18.000.000

Por tanto, esta cuenca es aquella en que se cuenta con menos fuentes, y respecto de ella no se encontraron estudios específicos de CORFO o de la CNE, que si han estudiado las otras dos cuencas.

3.3. Cuenca de Magallanes

Fuentes de información Cuenca de Magallanes
1. Prospección y estudio del yacimiento carbonífero de Estancia Invierno en Isla Riesco - XII Región, del Comité de Carbones de la CORFO (1981) ⁸⁹
2. Licitación del Yacimiento Carbonífero Pecket Magallanes, de la CORFO y la CNE (1980) ⁹⁰
3. La minería del carbón en Magallanes entre 1868-2003, de Mateo Martinic ⁹¹ (2004).
4. Los depósitos de carbón de Argentina y Chile: Importancia en la matriz energética y alternativas de uso, por Liliana Castro y Guillermo Alfaro (2011).

La cuenca de Magallanes se extiende entre Puerto Natales y Punta Arenas, abarcando también, en menor medida, territorio de Isla Tierra del Fuego. Martinic, siguiendo a lo señalado por Juan Pedrals en un estudio denominado “Energía 1979-1990” y elaborado para Fundación BHC, estima que en esta cuenca existen reservas por 5.400 millones de toneladas y considerando una relación entre los recursos posibles y las reservas explotables de 100 a 7 a nivel mundial, estima que las reservas explotables en esta cuenca serían del orden de 360 millones⁹².

⁸⁷ ALFARO (2003) Recursos carboníferos en Magallanes. INGESUR, internal report, 77 p. Santiago de Chile y HACKLEY et al. (2006) Word Coal Quality Inventory: Chile. Open File Report, En: CASTRO Y ALFARO (2011), p.18.

⁸⁸ ALFARO Y GRANTZ (1997). La nueva mina de carbón de Mulpún. VIII Congreso Geológico Chileno. Universidad Católica del Norte. Disponible en: https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/datafiles/8457pp832_836.pdf

⁸⁹ CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (1981) Prospección y estudio del yacimiento carbonífero de Estancia Invierno en Isla Riesco - XII Región, del Comité de Carbones. Disponible en: Biblioteca de CORFO.

⁹⁰ CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (1980) Licitación del Yacimiento Carbonífero Pecket Magallanes. Disponible en: Biblioteca de CORFO.

⁹¹MARTINIC (2004). Para las cifras relativas a las reservas de carbón, Martinic a su vez se basa en: PEDRALS (1990) Energía 1979-1990, Fundación BHC para el Desarrollo, Santiago.

⁹² MARTINIC (2004) p. 130-131.

Como se mencionó anteriormente, la cuenca de Magallanes se divide en 4 zonas principales: Rubens-Natales, Skyring- Río Verde, Isla Riesco y Península de Brunswick.

Para el caso de la zona Rubens – Natales, Martinic estima que los recursos posibles son de 550 millones de toneladas de carbón⁹³; y considerando la relación de 100 a 7 entre recursos posibles y reservas explotables planteada por Pedrals, sostiene que 38.5 millones de toneladas de carbón serían explotables.

En segundo lugar, para la zona Norte Seno Skyring los recursos posibles de 150 millones, y aplicando el porcentaje del 7% referido a las reservas explotables, estas ascenderían a 10.5 millones de toneladas⁹⁴.

Para Isla Riesco se estiman los mayores recursos de carbón de la cuenca de Magallanes y del país. Martinic, estima que los recursos posibles de carbón en esta zona serían de 3.250 millones de toneladas⁹⁵; y considerando el porcentaje del 7%, 227.5 millones de toneladas serían explotables. Al ritmo de explotación del proyecto Mina Invierno descrito anteriormente, estas reservas durarían más de 300 años⁹⁶.

En Isla Riesco hay 4 yacimientos principales: Estancia Invierno, Eduardo, Elena y Adela. En 1981 CORFO realizó estudios de las reservas de carbón en Estancia Invierno, estimando 670 millones de toneladas de interés económico (ubicadas en la formación Loreto), de las cuales 281 millones son probadas y el resto probables⁹⁷.

Por último, en la Península de Brunswick existen diversos sectores de interés, siendo el más prospectado el de Pecket. En cuanto a las reservas o recursos, por un lado, Martinic, siguiendo lo mencionado por Pedrals, estima la existencia de recursos posibles ascendentes a 1.450 millones de toneladas de carbón, y aplicando la tasa del 7% para estimar las reservas explotables, éstas ascenderían a 101.5 millones de toneladas. Por el otro, la CORFO y la CNE realizaron estudios en el yacimiento Pecket en 1980, en que concluyen que las reservas probadas en 2 mantos de los 13 identificados ascenderían a 113,6 millones de toneladas.⁹⁸

93 MARTINIC (2004) p. 130.

94 MARTINIC (2004) p. 130.

95 MARTINIC (2004) p. 130.

96 CONSULTORA MASENERGÍA Ltda. (2011) p.26

97 CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (1981)

Los estudios realizados en Eduardo concluyeron que geológicamente podría tener los mismos mantos que Invierno, y que al contar con una extensión del 70% de Invierno, es muy probable que haya importantes reservas de carbón.

98 CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (1980)



Fuente: Martinic (2003)

La siguiente tabla resume las cifras relativas a las toneladas de carbón, para cada sector descrito:

Cuenca	Sector	Sub sector	Recursos (ton)	Reservas (ton)
Magallanes	-	-	5.400.000.000 Martinic (2003)	360.000.000 Martinic (2003)
	Rubens-Natales	-	550.000.000 Martinic (2003)	38.500.000 (7%)
	Skyring - Río Verde	-	150.000.000 Martinic (2003)	10.500.000 (7%)
	Isla Riesco	-	3.250.000.000 Martinic (2003)	227.500.000 (7%)
		Estancia Invierno	-	-
	Península de Brunswick	-	-	1.450.000.000 Martinic (2003)
Pecket		-	-	113.600.000 CORFO y CNE (1980)

IV. Equivalente en CO₂ de las toneladas de carbón disponibles

Considerando la cantidad de reservas de carbón existentes en Chile, en este apartado se muestra la estimación de emisiones de dióxido de carbono posibles, en caso de que el carbón existente llegue a quemarse para la producción de energía.

Para realizar el cálculo, en primer lugar, se proyectó de forma aproximada el total de reservas de carbón para Chile. Dado que para cada cuenca existen diferentes fuentes —las que son disímiles en cuanto a su estimación— se eligió como criterio de selección la fuente más reciente en que se especifique si la cifra estimada es un recurso o si bien es una reserva, para la cuenca en general. El resultado de esa elección se muestra en la siguiente tabla⁹⁹:

Cuenca	Recursos (ton)	Reservas (ton)
Arauco-Concepción	140.000.000 Danús y Vera (2010)	100.000.000 Danús y Vera (2010)
Valdivia-Osorno	1.000.000.000 Castro y Alfaro (2011)	500.000.000 Danús y Vera (2010)
Magallanes	5.400.000.000 Martinic (2003)	360.000.000 Martinic (2003)
Total	6.540.000.000	960.000.000

Luego, se procedió a realizar el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero siguiendo las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, donde se presentan tres niveles metodológicos que varían según los datos necesarios para los cálculos y la exactitud de los resultados obtenidos.

El método Nivel 1 contempla cálculos más simples y que requieren la menor cantidad de datos a nivel nacional (específicamente, solo la masa de combustible utilizado) de los tres niveles. Los métodos Nivel 2 y Nivel 3, por su parte, requieren de mayor tiempo, pericia y datos específicos del país como, por ejemplo, factores de emisión de gases de efecto invernadero para cada combustible a nivel nacional¹⁰⁰. Considerando que para el sector energía no se cuenta con factores de emisión específicos del país que permitan reemplazar los factores por defecto sugeridos por el IPCC, y en línea con la metodología utilizada en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero¹⁰¹, se utiliza la metodología Nivel 1 de estimación presentada para la combustión estacionaria en las industrias energéticas¹⁰².

⁹⁹ Cabe hacer notar que, de acuerdo al factor de estimación indicado por Martinic (2003), que se remite a un 7% de los recursos para dar con un aproximado de las reservas extraíbles, la estimación llevada a cabo en este informe arroja un 7.4% como factor, lo cual se aproxima de buena manera al 7% de referencia.

¹⁰⁰ IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Preparado por el Programa de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 2, Capítulo 1. pp. 1.5-1.9. Disponible en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

¹⁰¹ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2019). Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile serie 1990-2016. Santiago, Chile. p.56 Disponible en https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/512879_Chile-BUR3-1-2018_NIR_CL.pdf

¹⁰² IPCC (2006) Volumen 2, Capítulo 2: Combustión Estacionaria. pp 2.16-2.17. Disponible en: https://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

Las emisiones de gases de efecto invernadero se obtienen tras la multiplicación del consumo de combustible (*fuel consumption*, en Terajoules) por el factor de emisión (*emission factor*) asociado a cada gas de efecto invernadero (ej. CO₂, CH₄, N₂O, etc.) y al combustible utilizado (e.g. Planta termoeléctrica a carbón, refinería de petróleo, etc):

$$\text{Emisiones}_{\text{GEI,combustible}} = \text{Consumo combustible}_{\text{combustible}} \cdot \text{Factor de emisión}_{\text{GEI,combustible}}$$

Dado que el consumo de combustible se encuentra en unidades de energía (TJ), es necesario convertir las unidades físicas (e.g masa de combustible) a unidades energéticas, lo que se realiza a partir del poder calorífico del combustible¹⁰³.

Respecto del poder calorífico es preciso distinguir entre el poder calorífico superior (aquél que considera la energía obtenida de la combustión de un combustible y, adicionalmente, la condensación del agua producida tras la combustión) e inferior (que considera únicamente la energía obtenida tras la combustión del combustible). En este caso, se considera el poder calorífico inferior (PCI) de manera conservadora y en línea con la metodología seguida para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero¹⁰⁴, asumiendo que el calor producido por la condensación de agua no es aprovechado en todas las centrales energéticas.

A continuación, se presentan los datos utilizados para la conversión de unidades, además de los factores de emisión por defecto sugeridos por el IPCC:

Combustible	Poder Calorífico Inferior [TJ/Gg]	Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero [kg GEI/TJ]	
Otro carbón bituminoso	25,8	CO ₂	94.600
		CH ₄	1,0
		N ₂ O	1,5
Carbón sub-bituminoso	18,9	CO ₂	96.100
		CH ₄	1,0
		N ₂ O	1,5

Así, y a modo de ejemplo, para obtener la energía producida tras la combustión de una tonelada de carbón sub-bituminoso, se tiene:

$$1 \text{ [t]} \cdot 18,9 \left[\frac{\text{TJ}}{\text{Gg}} \right] \cdot \frac{1[\text{Gg}]}{1000[\text{t}]} = 0,0189 \text{ [TJ]}$$

¹⁰³ El poder calorífico de un combustible corresponde a la energía que es posible obtener tras la combustión de este.

¹⁰⁴ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2019) p.96.

Con esto, las emisiones de CO₂ asociadas a la combustión de una tonelada de carbón sub-bituminoso se calculan de la siguiente manera:

$$0,0189 \left[\frac{\text{TJ}}{\text{t}} \right] \cdot 96.100 \left[\frac{\text{kg CO}_2}{\text{TJ}} \right] = 1.816 \text{ [kgCO}_2\text{]}$$

Una vez obtenidas las emisiones para cada gas de efecto invernadero, se utiliza el Potencial de Calentamiento Global (PCG) para estimar las emisiones totales en unidades de CO₂ equivalente. Lo anterior se resume en la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones}_{\text{CO}_2\text{eq,combustible}} = \sum_{\text{GEI}} \text{Emisiones}_{\text{GEI,combustible}} \cdot \text{PCG}_{\text{GEI}}$$

Las cifras utilizadas para el término asociado al potencial de calentamiento global para los gases metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) son reportadas en el Quinto Informe de Evaluación del IPCC sobre Cambio Climático (AR5)¹⁰⁵ y se muestran a continuación:

Gas de Efecto Invernadero	Potencial de Calentamiento Global
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido Nitroso (N ₂ O)	265

Considerando, como se mencionó anteriormente, que el carbón de la cuenca Arauco-Concepción es de tipo bituminoso y que el carbón de las cuencas Valdivia-Osorno y Magallanes son de tipo sub-bituminoso se obtiene la siguiente estimación de emisiones de CO₂:

	Emisiones (Mt CO ₂ eq)	
	Recursos	Reservas
Arauco-Concepción	343,23	245,17
Valdivia-Osorno	1.824,33	912,17
Magallanes	9.851,39	656,76
Total	12.018,96	1.814,09

Como se puede apreciar, considerando las reservas –que como se explicó previamente corresponden a las estimaciones más certeras sobre los depósitos de carbón desde un punto de vista geológico y de factibilidad económica— en Chile es posible estimar que de extraerse el carbón estimado las emisiones de dióxido de carbono equivalente ascenderían a 1.814,09 millones de toneladas (Mt CO₂eq). Por su parte, si se considera como base a los recursos, es decir, a la materia mineral útil conocida desde un punto de vista hipotético, ese monto asciende a 12.018,96 Mt CO₂eq.

Para ilustrar la envergadura de aquello, podemos volver al ejemplo de Mina Invierno. Si aplicamos

105 IPCC (2014) p.87.

la misma metodología previamente descrita a este proyecto, se obtiene que esta emite 10,9 MtCO₂eq anuales, lo que implica emisiones de 133,2 MtCO₂eq totales tras los 12 años de operación que contempló en su RCA. A partir de ello es posible afirmar que las emisiones totales de GEI asociadas a la combustión del carbón provenientes del total de las reservas probadas son equivalentes a lo que emitiría la combustión de las toneladas de carbón extraídas por aproximadamente 13 proyectos de la envergadura de Mina Invierno (considerando una operación por 12 años). Dicha equivalencia asciende a 90 proyectos de la envergadura de la Mina Invierno, en caso de considerar los recursos en vez de las reservas.

Otro ejemplo ilustrativo que permite dimensionar la magnitud de las potenciales emisiones calculadas es la comparación con las emisiones totales del país en los últimos años. De acuerdo con el Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático, en el inventario de Gases de Efecto Invernadero del año 2018 se contabilizó la emisión de 112,313 MtCO₂eq¹⁰⁶. A partir de lo anterior, es posible afirmar que las emisiones calculadas para las reservas y recursos de carbón equivalen a 16 y 107 veces las emisiones de Chile en el año 2018, respectivamente.

En la tabla a continuación se pueden observar las proporciones de las emisiones asociadas a las reservas y recursos de carbón, respecto a las emisiones por sector a nivel nacional, lo que se calcula dividiendo los valores de las emisiones derivadas de la combustión de los recursos posibles o las reservas probadas (según corresponda), con las emisiones del sector que se quiere comparar.

Sector	Emisiones GEI (Mt-CO ₂ eq)	Emisiones Reservas/Emisiones sector	Emisiones Recursos/Emisiones sector
Energía	86,95	20,86	138,22
IPPU (Sector Procesos Industriales y Usos de Productos)	6,61	274,39	1.817,94
Agricultura	11,79	153,87	1.019,47
Residuos	6,96	260,74	1.727,46
Transporte Terrestre	28,62	63,40	420,02
Generación eléctrica	32,65	55,57	368,14
Emisiones totales de GEI Chile	112,31	16,15	107,01

Es preciso destacar que la estimación de emisiones de este informe se remite únicamente a la combustión del carbón y no considera todas las operaciones asociadas al resto de su ciclo de vida, como por ejemplo la extracción de materias las etapas de distribución, entre otras. Como se mencionó en el apartado introductorio, el proceso de explotación del mineral está asociado a la emisión de gas metano, GEI que tiene un potencial de calentamiento global 28 veces mayor que el CO₂. Con lo anterior, es posible afirmar que se trata de un cálculo subestimado y que, al considerar todas las operaciones del ciclo de vida del carbón, el impacto sería aún mayor.

¹⁰⁶ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020). Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Santiago, Chile. p.56 Disponible en https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf

Chile en sus Contribuciones Nacionales Determinadas del año 2016 se comprometió a “reducir sus emisiones de CO₂ por unidad de PIB en un 30% con respecto al nivel alcanzado en 2007, para el año 2030” y a incrementar dicha disminución hasta el 40% en caso de obtener aportes monetarios internacionales¹⁰⁷. Asimismo, en la actualización del año 2020 planteó que incluso, en ciertas condiciones, podría lograr una reducción de emisiones de un 45% para el año 2030, lo que complementó con compromisos específicos relacionados con el carbono negro¹⁰⁸, una forma de aerosol que afecta intensamente los ecosistemas y la salud de la población y que se produce en condiciones de quema incompleta de combustibles que contienen carbono como el carbón, el gas, el petróleo y la leña¹⁰⁹. Considerando aquello, y las emisiones estimadas en este informe, la posible extracción y quema del carbón disponible en Chile podría atentar contra los objetivos y compromisos de mitigación del país. La apertura de nuevas minas de carbón significaría un retroceso frente a los avances que el país ha realizado y que debe profundizar en pos de los ecosistemas, de las personas y del planeta en general.

V. Reflexiones finales

Luego del mapeo de las reservas de carbón en Chile y su cuantificación en tanto potenciales emisiones; se advierte que en el país existen grandes reservas de carbón que podrían, eventualmente, ser explotadas, contribuyendo a la utilización de este combustible fósil en Chile o en otro país y con ello, a la crisis climática global.

Pese a lo anterior, las políticas de descarbonización en Chile solo se han enfocado en la generación de electricidad (quema de carbón) obviando los problemas asociados a su extracción (minería) y el engranaje global existente con los combustibles fósiles, que determina que las emisiones generadas en un país afecten a los demás.

Una visión integral que busque un real compromiso con disminuir los impactos del cambio climático y con las metas del Acuerdo de París, debería contemplar todos los eslabones de la cadena de producción, buscando tanto la eliminación del uso del carbón en la generación de energía, como la eliminación de la actividad extractiva del mismo. Ello, no solo atendiendo a los esfuerzos globales contra el cambio climático, sino también a los esfuerzos por evitar los impactos que la industria del carbón genera en las comunidades locales y los ecosistemas y que ha llevado a reconocer la existencia de zonas de sacrificio vinculadas al carbón.

La idea de migrar hacia un cierre de las minas a carbón no es ajena al panorama mundial. Globalmente se están llevando acciones de desincentivo a la minería a carbón o de incentivo a su cierre. En efecto, en 2010, el Consejo de la Unión Europea adoptó la decisión N°787¹¹⁰ relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas de carbón no competitivas. Esta decisión permitió a los Estados seguir dando apoyo económico a la industria del carbón únicamente

¹⁰⁷ Gobierno de Chile (2015). Contribución Nacional Determinada (INDC), p. 12. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/05/2015-INDC-web.pdf>

¹⁰⁸ Gobierno de Chile (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC): actualización 2020, p. 33. Disponible en: https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf

¹⁰⁹ CR2 (2019). ¿Por qué debemos preocuparnos del carbono negro u hollín? Disponible en: <https://www.cr2.cl/por-que-debemos-preocuparnos-del-carbono-negro-u-hollin/>

¹¹⁰ CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2010) Decisión del Consejo de la Unión Europea n°787, relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas de carbón no competitivas. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0787&from=ES> Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2021.

cuando el financiamiento estuviese destinado al cierre de una mina, debiendo cerrar éstas máximo en 2018.

En la misma línea se impulsan iniciativas como la de la Agencia Internacional de Energía, que enfatiza en las condiciones esenciales para que el sector energético mundial alcance emisiones netas cero de CO₂ en 2050, entre las cuales se encuentra el cierre de las minas a carbón^{111,112}; o bien el posicionamiento en la agenda pública de un Tratado de no Proliferación de Combustibles Fósiles, que busque que el carbón y otros combustibles fósiles dejen de ser utilizados, poniendo fin a todas las nuevas exploraciones y a su producción, con el fin de lograr un desarme global y una transición pacífica y justa.¹¹³

A nivel de estados, también existen avances en la materia. En 2017 Francia dictó una ley por la cual se prohibió la exploración y explotación de combustibles fósiles, dentro de los que se incluye el carbón¹¹⁴. Asimismo, el presente año Rumania dictó un Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia en que se aborda el abandono del carbón para 2032, y en que se proyecta la dictación de una ley que promulgue el cierre de las minas a carbón¹¹⁵. Por último, Ucrania cuenta con un programa estatal para la transformación de las regiones mineras del carbón hasta 2030, en el que se prevé el cierre de minas de carbón¹¹⁶. Polonia avanza en la misma línea¹¹⁷.

111 INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2021) Net Zero by 5050. A roadmap for the Global Energy Sector. p. 99. Disponible en: https://iea.blob.core.windows.net/assets/beceb956-0dcf-4d73-89fe-1310e3046d68/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2021.

112 A mayor abundamiento, en informe del relator especial de la ONU sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible, se insta a los Estados desarrollados a prohibir que se continúen explorando combustibles fósiles adicionales, “ya que no es posible quemar todas las reservas existentes y cumplir al mismo tiempo las obligaciones previstas en el Acuerdo de París.” BOYD (2019) Informe del Relator Especial sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente seguro, limpio, saludable y sostenible, Nº A/74/161. Disponible en: <https://undocs.org/A/74/161> Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2021.

113 A la iniciativa ya han adherido 13 ciudades y sub gobiernos nacionales; 12.251 individuos, ente los cuales más de 1.300 científicos y académicos; y más de 600 organizaciones. En: FOSSIL FUEL TREATY (s/f) Disponible en: <https://fossilfuel treaty.org/esp> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

114 LEY 1839 (2017), pone fin a la exploración y explotación de hidrocarburos y contiene diversas disposiciones relativas a la energía y el medio ambiente. Francia. Disponible en: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORF-TEXT00003633939> Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2021.

115 EURACTIV (2021) Romania commits to phase out coal by 2032 Disponible en: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/romania-will-phase-out-coal-by-2032/> Fecha de consulta 20 de septiembre de 2021. / Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

MINISTERIO DE INVERSIONES Y PROYECTOS EUROPEOS DE RUMANIA (2021) Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia <https://mfe.gov.ro/pnrr/> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

BALKAN GREEN ENERGY NEWS (2021) Romania tells EU it would close all coal mines by 2032. Disponible en: <https://balkangreenenergynews.com/romania-tells-eu-it-would-close-all-coal-mines-by-2032/> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

116 AURORA ENERGY RESEARCH (2021). The economic implications of phasing out coal in Ukraine by 2030. Para Heinrich Böll Foundation, Kyiv Office – Ukraine. Disponible en: <https://ua.boell.org/en/2021/07/15/economic-implications-phasing-out-coal-ukraine-2030> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

117 MINING TECHNOLOGY (2021) Poland pledges to phase out coal by 2049. Disponible en: <https://www.mining-technology.com/news/poland-pledges-to-phase-out-coal-by-2049/> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

CLIMATE HOME NEWS (2020) Poland agrees coal mining phase out with unions by 2049 Disponible en: <https://www.climatechangenews.com/2020/09/25/poland-agrees-coal-mining-phase-unions-2049/> Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021.

En Chile eliminar el uso de carbón de toda la cadena de producción no es imposible. La Constitución Política otorga al Estado el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de las minas de carbón y, como se mencionó anteriormente, el régimen por el que los privados pueden explorar o explotar las minas, es el de las concesiones vía resolución judicial. Es el Estado el que decide sobre el otorgamiento de las concesiones, debiendo considerar, en dicha decisión, el interés público; el que, en la actualidad, dado el escenario nacional e internacional, coincide con las nociones de justicia ambiental y con los objetivos de mitigación del cambio climático. Considerando lo anterior y el reconocimiento de la función social de la propiedad, el Estado podría establecer limitaciones o prohibiciones sobre la explotación del carbón, direccionando el camino que el país tome al respecto y, evitando así, que sean las decisiones económicas individuales las que determinen el futuro climático y ambiental del país.

Bibliografía

1. ACOSTA (2015) Impactos ambientales de la minería de carbón y su relación con los problemas de salud de la población del Municipio de Samacá. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4130/Final%20tesis%202016.%20biblioteca.pdf;jsessionid=11135BE66E3E87519597356F64E9EEB9?sequence=1>
2. ALERTA ISLA RIESCO (s/f) Mina Invierno. https://www.alertaislariesco.cl/?page_id=3949
3. ALFARO Y GANTZ (1997). La nueva mina de carbón de Mulpún. VIII Congreso Geológico Chileno. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Católica del Norte. Vol II, sesión temática 5. Disponible en: https://biblioteca.sernageomin.cl/opac/data-files/8457pp832_836.pdf
4. ALIANZA MUNDIAL DE DERECHO AMBIENTAL (ELAW)-EE.UU. (2018) Informe en Derecho. La necesidad de análisis de impactos climáticos en la evaluación ambiental de proyectos mineros de carbón. Presentado en causa Rol R-77, sobre tronaduras de Mina Invierno, Tercer Tribunal Ambiental de Valdivia.
5. ALIANZA CHAO CARBÓN (s/f). Carbón en Chile. Disponible en: <https://chaocarbon.cl/carbon-en-chile/>
6. AURORA ENERGY RESEARCH (2021). The economic implications of phasing out coal in Ukraine by 2030. Para Heinrich Böll Foundation, Kyiv Office – Ukraine. Disponible en: <https://ua.boell.org/en/2021/07/15/economic-implications-phasing-out-coal-ukraine-2030>
7. BALKAN GREEN ENERGY NEWS (2021) Romania tells EU it would close all coal mines by 2032. Disponible en: <https://balkangreenenergynews.com/romania-tells-eu-it-would-close-all-coal-mines-by-2032/>
8. BOLADOS (2018) Informe preliminar sobre conflictos socioambientales de la región de Valparaíso: la zona de sacrificio de Puchuncaví y Quintero y la usurpación de aguas en Petorca. Disponible en: <https://www.senado.cl/appsenado/index.php?mo=transparencia&ac=doctoInformeAsesoría&id=211>
9. BOLETÍN 13.196-12. Prohíbe la instalación y funcionamiento de centrales termoeléctricas a carbón en todo el país, a contar de la fecha que indica. Disponible en: <https://www.camara.cl/legislacion/ProyectosDeLey/tramitacion.aspx?prmID=13743&prm-BOLETIN=13196-12>
10. BOYD (2019) Informe del Relator Especial sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionadas con el disfrute de un medio ambiente seguro, limpio, saludable y sostenible, N° A/74/161. Disponible en: <https://undocs.org/A/74/161>
11. CASTRO Y ALFARO (2011) Los depósitos de carbón de Argentina y Chile: Importancia en la matriz energética y alternativas de uso. Geotemas num 20. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/299537244_Los_depositos_de_carbon_de_Argentina_y_Chile_Importancia_en_la_matriz_energetica_y_alternativas_de_uso
12. CLIMATE HOME NEWS (2020) Poland agrees coal mining phase out with unions by 2049 Disponible en: <https://www.climatechangenews.com/2020/09/25/poland-agrees-coal-mining-phase-unions-2049/>

13. CENTRO DE ECOLOGÍA APLICADA (2013) Análisis de riesgo ecológico por sustancias potencialmente contaminantes en el aire, suelo y agua, en las comunas de Concón, Quintero y Puchuncaví. Encargado por el Ministerio del Medio Ambiente.
14. CHILE SUSTENTABLE (2020). Vivir en una zona de sacrificio. Experiencias e historias ciudadanas de la contaminación en Chile. Disponible en: <http://www.chilesustentable.net/wp-content/uploads/2020/05/Vivir-en-Zonas-de-Sacrificio.pdf>
15. CISTERNAS (2018) El carbón mineral: comportamiento físico y químico en el medio marino. Instituto de Geología Económica Aplicada de la Universidad de Concepción.
16. CÓDIGO DE MINERÍA (1932) Artículo 219. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=6128>
17. COMITÉ CHILENO DE LA CONFERENCIA MUNDIAL DE ENERGÍA (s/f) Recursos de Energía en Chile. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/17889/U0467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
18. COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (1980) Recursos de Carbón en Chile. Informe Preliminar Disponible en: Biblioteca CORFO.
19. CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA (2010) Decisión del Consejo de la Unión Europea n°787, relativa a las ayudas estatales destinadas a facilitar el cierre de minas de carbón no competitivas. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010D0787&from=ES>
20. CONSULTORA MASENERGÍA Ltda. (2011) Informe Matriz Energética Magallanes, Comisión Nacional de Energía. Disponible en: https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2015/07/Informe_Final_Matriz_Energética_Magallanes.pdf
21. CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (1992) Programa de acción CORFO. Zona del carbón VIII Región. Disponible en: Biblioteca CORFO.
22. CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN (1981) Prospección y estudio del yacimiento carbonífero de Estancia Invierno en Isla Riesco - XII Región, del Comité de Carbones.
23. CORPORACIÓN DE FOMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (1980) Licitación del Yacimiento Carbonífero Pecket Magallanes.
24. CORTÉS et al. (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), 102-114. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.32641/rchped.v90i1.748>
25. CR2 (2019). ¿Por qué debemos preocuparnos del carbono negro u hollín? Disponible en: <https://www.cr2.cl/por-que-debemos-preocuparnos-del-carbono-negro-u-hollin/>
26. DANÚS Y VERA (2010) Carbón Protagonista del pasado, presente y futuro. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile. Ril Editores. Disponible en: <https://books.google.cl/books?id=blQe9zvzHIYC&lpg=PA136&ots=yix2pJ4i0o&dq=los%20pirquineros%20representan%2066%25&hl=es&pg=PA119#v=onepage&q=los%20pirquineros%20representan%2066%25&f=false>
27. DECRETO EXCENTO N°50 (13/02/2020) Aprueba acuerdo de retiro de centrales termoeléctricas de carbón. Disponible en: https://energia.gob.cl/sites/default/files/decreto_exento_n_50.pdf
28. DECRETO SUPREMO N° 1 (1992) Ministerio de Defensa Nacional. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=7232>

29. DEPARTAMENTO DE SALUD PÚBLICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE. (2019) Daños a la salud en zonas con termoeléctricas a carbón / Tocopilla / Mejillones / Huasco. Programa Chile Sustentable. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/423529076/Danos-a-la-salud-en-zonas-con-termoelectricas-a-carbon-Tocopilla-Mejillones-Huasco>
30. END COAL (2015) El lado sucio del carbón. Los impactos del carbón en la Salud y el Medio Ambiente. Disponible en: https://endcoal.org/wp-content/uploads/2015/03/ENDCOAL_SPANISH_factsheet1_LOWRES.pdf
31. EURACTIV (2021) Romania commits to phase out coal by 2032 Disponible en: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/romania-will-phase-out-coal-by-2032/>
32. FOSSIL FUEL TREATY (s/f) Disponible en: <https://fossilfueltreaty.org/esp>
33. FUNDACIÓN TERRAM (2020). Minuta relativa al registro de varamientos de carbón en caleta Ventanas año 2020. p.2 Disponible en: <https://media.elmostrador.cl/2021/07/Minuta-Varamientos-CarboCC81n-Ventanas-2020.pdf>
34. FUNDACIÓN TERRAM (2020) Infografía. A 2 años de las intoxicaciones masivas en Quintero y Puchuncaví. Disponible en: <https://www.terram.cl/2020/08/infografia-zonas-de-sacrificio-a-dos-anos-de-las-intoxicaciones-masivas-en-quintero-y-puchuncavi/>
35. FUNDACIÓN TERRAM (s/f) ¿Cuáles son los problemas de la termoelectricidad? Disponible en: <https://www.terram.cl/carbon/termoelectricidad/problemas-e-impactos/>
36. GLOBAL METHANE INICIATIVE (2011) Metano de las Minas de Carbón: Reducción de las Emisiones, Avance de las Oportunidades de Recuperación y Utilización. Disponible en: https://www.globalmethane.org/documents/coal_fs_spa.pdf
37. GREENPEACE (2018) El lado oscuro del carbón. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/09/GP-El-lado-oscuro-del-carbo%C-C%81n-LR.pdf>
38. HERVÉ (2019) Policy Brief. Justicia ambiental y recursos naturales. Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. Disponible en: <https://www.cr2.cl/policy-brief-observatorio-ley-de-cambio-climatico-justicia-ambiental-y-recursos-naturales/>
39. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (2021) Net Zero by 5050. A roadmap for the Global Energy Sector. Disponible en: https://iea.blob.core.windows.net/assets/beceb956-0dcf-4d73-89fe-1310e3046d68/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf
40. IPCC (2021). Comunicado de prensa. El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
41. IPCC (2014) Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change- Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
42. IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Preparado por el Programa de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

43. KHOLOD et al. (2020) Global methane emissions from coal mining to continue growing even with declining coal production. Journal of Cleaner Production. Published by Elsevier Ltd. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620305369>
44. MARTINIC (2004) La minería del carbón en Magallanes entre 1868-2003. Instituto de Historia, Pontificia Universidad Católica de Chile, HISTORIA No 37, Vol. I, enero-junio 2004: 129-167, ISSN 0073-2435.
45. MÉDICOS PARA LA RESPONSABILIDAD SOCIAL (2009) El impacto del carbón en la salud humana. Disponible en: <http://www.alertaislariesco.cl/images/pdf/EnergiaenChileyTermosaCarbon/ImpactodelCarbonsobrelaSaludHumana.pdf>
46. MESA CIUDADANA DE ENERGÍA PARA MAGALLANES. (2018) Propuesta de Ciudadana de Energía para Magallanes. Fundación Heinrich Böll, Oficina Regional para Cono Sur. Disponible en: https://cl.boell.org/sites/default/files/paginas_propuesta_ciudadana_de_energia_para_magallanes_ok_160518.pdf
47. MILLER et al. (2013) Anthropogenic emissions of methane in the United States. PNAS 110 (50) 20018-20022 Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1314392110>
48. MINA INVIERNO (2016) Disponible en: https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/08/10.-GABRIEL-RODRIGUEZ_MINA-INVIERNO.pdf
49. MINERÍA CHILENA (2008) La explotación histórica del carbón. Disponible en: <https://www.mch.cl/reportajes/la-explotacion-historica-del-carbon/>
50. MINING TECHNOLOGY (2021) Poland pledges to phase out coal by 2049. Disponible en: <https://www.mining-technology.com/news/poland-pledges-to-phase-out-coal-by-2049/>
51. MINISTERIO DE ENERGÍA (s/f). El carbón como fuente energética en el mundo. Disponible en: <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-el-mundo/>
52. MINISTERIO DE ENERGÍA (s/f) El carbón como fuente energética en Chile. Disponible en: <https://www.aprendeconenergia.cl/el-carbon-como-fuente-energetica-en-chile/>
53. MINISTERIO DE INVERSIONES Y PROYECTOS EUROPEOS DE RUMANIA (2021) Plan Nacional de Recuperación y Resiliencia <https://mfe.gov.ro/pnrr/>
54. MINISTERIO DE MINERÍA (s/f) Glosario Minero. Disponible en: <https://www.min-mineria.cl/glosario-minero-p/pirquen/>
55. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)a. Cuarto Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático. Disponible en: https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/574160_Chile-BUR4-1-Chile_4th%20BUR_2020.pdf
56. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2020)b. Informe del Inventario Nacional de Chile 2020: Inventario nacional de gases de efecto invernadero y otros contaminantes climáticos 1990-2018. Disponible en: https://snichile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/06/Informe_del_Inventario_Nacional_de_GEI_serie_1990-2018.pdf
57. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2019). Informe del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Chile serie 1990-2016. Santiago, Chile. Disponible en https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/512879_Chile-BUR3-1-2018_NIR_CL.pdf

58. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2018) Guía de calidad del aire y educación ambiental. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-para-Docentes-Sobre-Calidad-del-Aire-003.pdf>
59. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (2007) Infraestructura para la competitividad. Sector Minería. Disponible en: http://www.dirplan.cl/centrodedocumentacion/documentosgenerales/Documents/Plan_de_Competitividad/Plan_Competitividad_2007_2012_Mineria.pdf
60. MUNDO MARITIMO (2019) Mina invierno, sur de Chile: Fallo adverso del Tribunal Ambiental de Valdivia que prohíbe tronaduras hace inviable el proyecto. Disponible en: <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/mina-invierno-sur-de-chile-fallo-adverso-del-tribunal-ambiental-de-valdivia-que-prohíbe-tronaduras-hace-inviable-el-proyecto>
61. OBSERVATORI DEL DEUTE EN LA GLOBALITZACIÓ (2015) El coste real de la energía. Disponible en: http://www.nuevomodeloenergetico.org/pgs2/files/5414/4197/8825/Informe_Coste_real_energia.pdf
62. ONU (1992). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Artículo 4, compromiso n°8. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
63. PRENSA AUSTRAL (2014) Mina Pecket presentó oficialmente plan de cierre temporal de faenas a Sernageomin. Disponible en: https://archivo.laprensaaustral.cl/suplementos/economia_35.pdf
64. RCA N°96 (2010) Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/archivos/RCA_N__0096_Proj._Mulpun.pdf
65. RCA N°22 (1997) Modificación método de extracción de carbón en Mina Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=1031
66. RCA N°23 (2005) Mina a cielo abierto Pecket- Norte, Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=627465 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.
67. RCA N° 143 (2008) Mina a cielo abierto Norte Dos – Ampliación campo Mina Norte Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=3048407 Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2021.
68. RCA N°63 (2011) Mina a cielo abierto Norte Tres – Yacimiento Carbonífero Pecket. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=4936067
69. RCA N°34 (2004) Mina a cielo abierto de carbón sub-bituminoso. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=124563
70. RCA N°20 (2005) Modificación DIA Proyecto a cielo abierto de carbón sub bituminoso Punta Arenas. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=588664
71. RCA N°57 (2005) Modificación II DIA Proyecto Mina a cielo abierto de carbón sub bituminoso. Mina Bitsch-Sur Modificación II – DIA Proyecto Mina Bitsch. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=900019

72. RCA N° 91 (2007) Explotación a cielo abierto, minas de carbón Laguna y Loayza. Disponible en: https://seia.sea.gob.cl/expediente/ficha/fichaPrincipal.php?modo=normal&id_expediente=2505520
73. REGLAMENTO DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (2013) Disponible en: https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/dto-40_12-ago-2013.pdf
74. SÁEZ Y MUÑOZ (2019) La compañía carbonífera San Pedro de Catamutún y su inserción regional como estrategia político-productiva. La Unión, Valdivia. 1947-2000. Espacio Regional Vol. 1, n.º 16, Osorno, pp. 133 – 146 Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350074409_La_compania_carbonifera_san_pedro_de_catamutun_y_su_insercion_regional_como_estrategia_politico-productiva_la_union_valdivia_1947-2000
75. SANTA CRUZ (2018). Gestión del patrimonio carbonífero en contextos recesivos: del sitio aislado a la cuenca minera. Una reflexión a partir de las experiencias de las cuencas Concepción-Arauco en Chile y Nord-Pas de Calais en Francia. EURE (Santiago), 44(132), 265-289. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612018000200265>
76. SCHWIETZKE et al. (2016) Upward revision of global fossil fuel methane emissions based on isotope database. Nature 538, 88–91. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/nature19797>
77. SERNAGEOMIN (2020) Anuario Minería. Disponible en: https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf
78. SISTEMA ESPAÑOL DE INVENTARIO DE EMISIONES. (s/f) Emisiones fugitivas de la minería del carbón. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/0501-fugitivas-minas_tcm30-481948.pdf
79. SUPERINTENDENCIA DEL MEDIO AMBIENTE (2014) Informe de Fiscalización Ambiental. Inspección Ambiental. Mulpún. Disponible en: <https://snifa.sma.gob.cl/v2/General/Descargar/1404180448>
80. UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (2019) Coal power impacts. La traducción es nuestra. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/resources/coal-power-impacts>
81. UNION OF CONCERNED SCIENTISTS (2017) Coal and water pollution. La traducción es nuestra. Disponible en: <https://www.ucsusa.org/resources/coal-and-water-pollution#.W40BWHWFNuQ>
82. UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE (s/f) What are the types of coal? Disponible en: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-types-coal?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products