

Informe Especial



Análisis económico del cambio climático: Impactos en la actividad y desafíos para la descarbonización

Sergio Lehmann
Economista Jefe
Corporación Bci

Francisca Pérez
Economista
Principal

Antonio Moncado
Economista
Senior

Juan Ángel San Martín
Economista
Senior

María Isidora Undurraga
Economista

1

El cambio climático ha seguido avanzando, lo que traduce en una tendencia alza en las temperaturas promedio globales, cambios en los patrones de lluvia, mayor propensión a incendios forestales y alteración en los ecosistemas, entre otros impactos. Se reconoce que la acción del hombre ha sido determinante para exacerbar el ciclo climático. En respuesta, se ha ido tomando conciencia de la necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono, de forma de contener este proceso.

2

Se estableció como objetivo global, en el marco del Acuerdo de París, alcanzar una emisión neta cero de dióxido de carbono al 2050. Ello permitiría que hacia esa fecha la temperatura promedio suba cerca de un grado, con efectos de todas formas relevantes, pero más acotados. El propósito de este documento es revisar los avances en descarbonización que vemos en Chile, los efectos económicos que se anticipan y los desafíos en términos de inversión en energías limpias y eficiencia de procesos.

3

En Chile, el sector energía, debido a la generación eléctrica en base a combustibles fósiles, es el mayor emisor de carbono, con cerca de 30% del total. Le sigue de cerca transporte, con 26% de peso de las emisiones, para luego pasar a la industria, con 22% del total. La absorción de carbono de parte de bosques permite al día de hoy reducir en torno al 55% de la emisión de contaminantes.

4

Se encuentra que un grado de incremento en la temperatura promedio hacia las próximas décadas llevará a un deterioro relevante en el crecimiento del sector agrícola. Se reconocen, además, efectos de primer orden en manufacturas. Sobre otros sectores los impactos son más acotados, pero de todas formas relevantes. Se tiene que la economía crecería entre tres a cuatro décimas menos hacia las próximas décadas por efectos del calentamiento global.

5

De modo de avanzar se reconocen oportunidades. En materia de inversión, se debe a) sustituir completamente el componente contaminante de la matriz energética por generación verde; esto es solar, eólica o hídrica, b) reemplazar completamente el parque vehicular contaminante por una alternativa limpia; esto es eléctrica o combustible verde y c) avanzar en una mayor eficiencia en el uso de la energía en el ámbito de la industria, minería, comercio y hogares.

6

El ejercicio empírico que se desarrolla en el informe apunta a que la inversión requerida al 2050 para alcanzar el objetivo de emisión neta cero de dióxido de carbono, concentrada en energía y transporte, llegaría a casi US\$ 420 mil millones. Si se suman inversiones para ganancias de eficiencia en minería, debemos invertir en Chile 5,3% del PIB promedio en los próximos 25 años en tecnologías verdes.



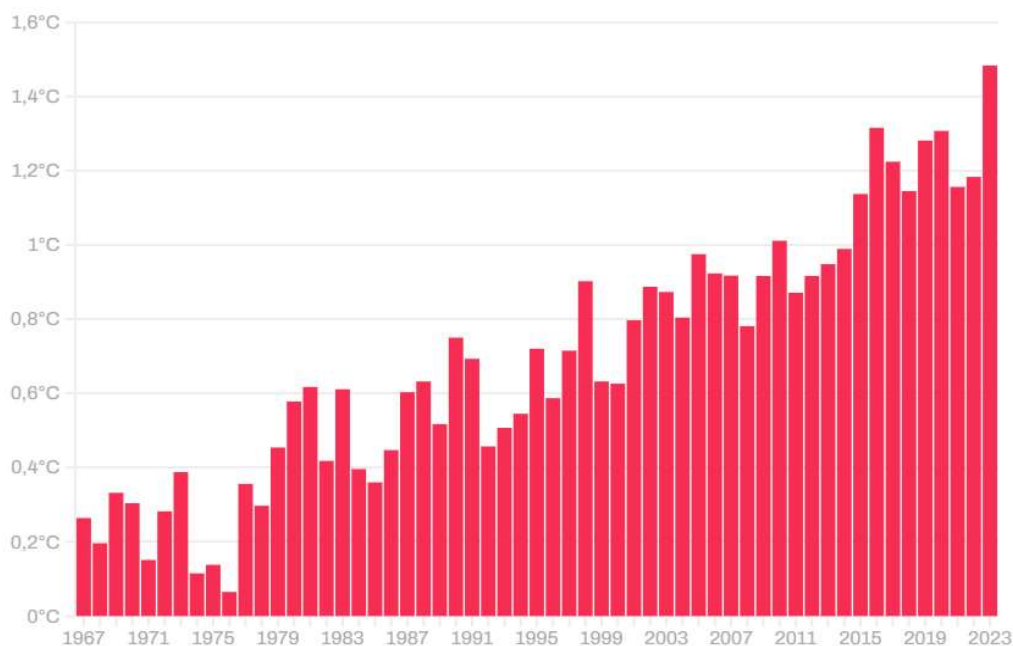
1. Introducción

El cambio climático ha seguido avanzando, lo que traduce en una tendencia alza en las temperaturas promedio globales, cambios en los patrones de lluvia, mayor propensión a incendios forestales y alteración en los ecosistemas, entre otros impactos. En 2023, las lecturas promedio de los termómetros marcaron 1,4 grados por sobre el registro del finales del siglo XIX y 0,6 grados mayor al de los últimos 30 años, alcanzando un máximo histórico. En el Valle de la Muerte, en California, o la Depresión de Turfán, al oeste de China, se anotaron temperaturas en torno a 53 grados Celsius, que en exposición prolongada es mortal para el ser humano.

Frente a esta evidencia, se reconoce que la acción del hombre ha sido determinante para exacerbar el ciclo climático. En respuesta, se ha ido tomando conciencia de la necesidad de reducir las emisiones de dióxido de carbono, de forma de contener este proceso. De no mediar acción, se estima que de aquí al año 2050 la temperatura promedio de la tierra habrá subido otros dos grados Celsius, agudizando los impactos medioambientales de los que hoy somos testigos.

Se estableció, entonces, como objetivo global, recogido en el Acuerdo de París en 2015, al que ha adherido en torno al 95% de los países del mundo, alcanzar una emisión neta cero de dióxido de carbono al 2050. Ello permitiría que hacia esa fecha la temperatura promedio suba cerca de un grado, con efectos de todas formas relevantes, pero más acotados. El propósito de este documento es revisar los avances en descarbonización que vemos en Chile en los últimos años, de forma comparada con una selección de países, los efectos económicos que se anticipan para nuestro país producto del cambio climático y, finalmente, los desafíos en términos de inversión en energías limpias o eficiencia de procesos que enfrentamos. Nos hemos puesto objetivos exigentes en materia medioambiental y ello implica enfrentar tareas de gran envergadura, que aún no reconocen avances suficientes.

Figura 1. Temperatura superficial global: aumento por encima de los registros en la era pre-industrial (1850-1900)



Fuente: Servicio Climático Copernicus

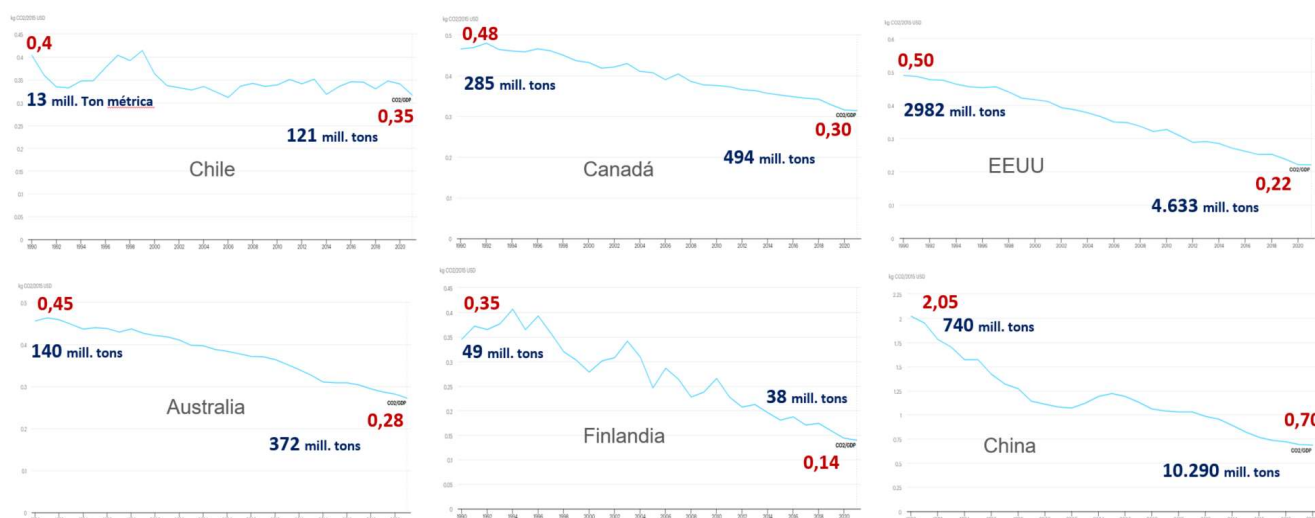
2. Diagnóstico global: alzas en temperaturas y emisiones de dióxido de carbono

Si bien se puede reconocer ciclos globales en materia climática, no hay duda de que ello se ve exacerbado marcadamente por las emisiones de dióxido de carbono de parte del hombre. El gráfico de la figura 1 muestra la evolución en el incremento de las temperaturas a la época pre-industrial, que se ve acelerado en los últimos veinte años, de la mano con la mayor emisión de contaminantes. Al mismo tiempo, se registran en los últimos años una tendencia creciente en eventos atmosféricos inusuales e impactos de las altas temperaturas, como son los incendios o condiciones climáticas extremas.

La figura 2 revela, para una muestra muy acotada pero representativa de países, que si bien el mundo más desarrollado ha avanzado en eficiencia energética, el crecimiento de la actividad económica ha llevado a incrementos sustantivos en la emisión de dióxido de carbono. Como se aprecia en el conjunto de gráficos, China ha multiplicado por 14 en tan solo 10 años sus emisiones, siendo la principal fuente de contaminantes a nivel mundial. En EEUU, en tanto, si bien se reconocen avances en eficiencia, se advierte un incremento relevante en las emisiones. En Chile, por su parte, no hay mejoras relevantes hasta ahora en eficiencia y la emisión de carbono se multiplica por nueve en los últimos 30 años. En la muestra de países que se analiza, solo en el caso de Finlandia vemos una reducción en contaminantes, fruto de un uso sustantivamente más eficiente de la energía.

Es evidente de la gráfica también que, a excepción de China, todos los países que se muestran han hecho una mejor tarea que Chile en materia de eficiencia. Entendiendo que Australia y Canadá son países que tienen una base de materias primas muy importante, como también vemos en Chile, miraremos estos países como referentes en materia de eficiencia.

Figura 2. Eficiencia en el uso de la energía y emisión total de carbono
(Kg de CO₂ / PIB en USD y Millones de Toneladas)



Nota: Las cifras en rojo dentro de los gráficos representa la lectura de emisión de dióxido de carbono por unidad de PIB medida en dólares. Las cifras en azul corresponde la totalidad de la emisión.

Fuente: Agencia Internacional de Energía.

3. Mapa de Chile de sectores emisores de carbono

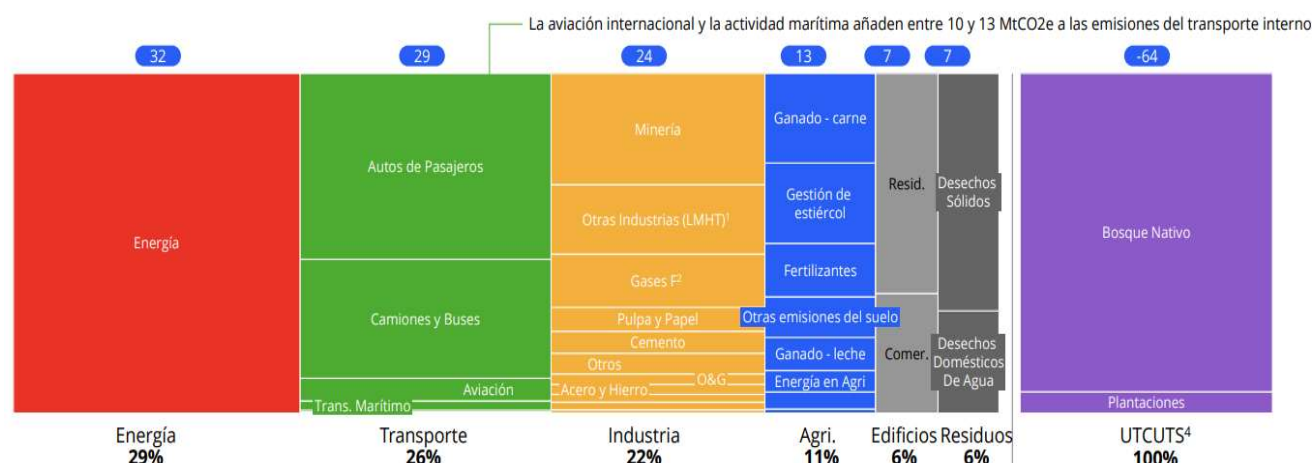
Para entender la actual posición de Chile en lo referido a la emisión de contaminantes, se ha elaborado el mapa que se presenta en la figura 3. Allí se identifican aquellos sectores de la economía que reconocen las mayores oportunidades para reducir las emisiones de dióxido de carbono y avanzar en el objetivo de llegar a un valor neto cero al 2050.

Como se puede apreciar, el sector energía, debido a la generación eléctrica en base a combustibles fósiles, es el mayor emisor de carbono, con cerca de 30% del total. Le sigue de cerca transporte, con 26% de peso de las emisiones, para luego pasar a la industria, con 22% del total. En el mismo mapa se reconoce el factor de absorción de carbono de parte de los bosques y otras plantaciones, que permite reducir en torno al 55% de la emisión de contaminantes, de acuerdo a mediciones al 2018. Las cifras a hoy día no serían muy diferentes.

Bajo la premisa que se incrementa solo marginalmente la superficie de bosques en Chile, coherente con la evidencia más reciente, tenemos que la emisión total de carbono no debería superar las 64 millones de toneladas anuales al 2050, de forma de alcanzar el objetivo de emisión neta cero a ese entonces.

Una primera mirada a la matriz sugiere que las mayores oportunidades para lograr la meta propuesta vienen del lado de la energía, con ajustes importantes en la matriz, transporte, con cambios en la tecnología de los vehículos, y ganancias de eficiencias en industria.

Figura 3. Mapa de la emisión de carbono en Chile



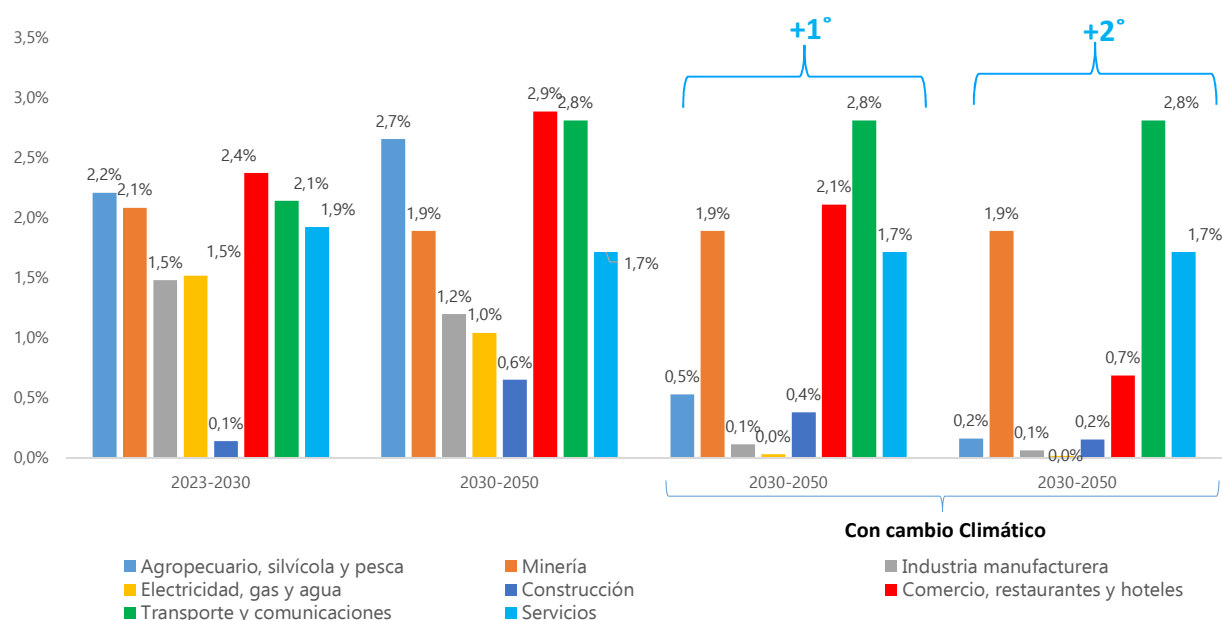
Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero 2018, Ministerio de Medio Ambiente Chile.

4. Impacto económico en Chile del calentamiento global

Para efectos de reconocer el efecto de las mayores temperaturas sobre los distintos sectores económicos, nos anclamos en un modelo desarrollado por Hernández y Madeira (2021)¹. Siguiendo el ejercicio que ellos desarrollan, se advierte dónde vemos los principales impactos, simulando la actividad sectorial sobre la base del incremento de temperaturas. Se entiende que en caso de que el mundo no avance en su meta de descarbonización, el escenario de mayor incremento de temperaturas es el que aplica, con naturalmente efectos económicos más nocivos. Aún en el escenario más benigno, en donde se alcanza la meta de emisión neta cero de carbono al 2050, habrá un incremento de temperaturas de 1 grado Celsius.

La figura 4 ilustra los resultados del desarrollo, pivotando sobre un escenario base sin cambio climático, que nos muestra el crecimiento más probable por sector económico promedio 2023 a 2030 y 2030 a 2050. La separación entre esos rangos de tiempo obedece a la necesidad de distinguir la evolución de la actividad más propia de las políticas recientes de la perspectiva de largo plazo. Se tiene que en los próximos cinco años el crecimiento será liderado por comercio, restaurantes y hoteles, seguido por servicios y minería. En las siguientes décadas toma mayor protagonismo el sector transporte y comunicaciones. Minería reconoce un crecimiento impulsado por la favorable demanda que se prevé hacia delante para el cobre, empujada por electromovilidad, energías verdes e inteligencia artificial, además del rol más protagónico que iría tomando el litio. Se tiene que el potencial de largo plazo, obtenido como la suma ponderada de los crecimientos sectoriales, llega a 1,9%.

Figura 4. Crecimiento por sector económico con distintos escenarios de temperatura (porcentaje)



¹“The impact of climate change on economic output in Chile: past and future”, Documento de Trabajo 933, Banco Central de Chile, diciembre 2021.

Al contemplar un incremento de 1 grado en la temperatura promedio se advierte un fuerte impacto sobre el crecimiento del sector agrícola, entendiendo que se debe lidiar con menor disponibilidad de agua, eventos extremos de temperaturas y menor rendimiento de los cultivos. Esto podría ser parcialmente compensado con mayor tecnología. Se reconocen además impactos de primer orden en manufacturas, que se asociaría especialmente a efectos sobre la producción de celulosa, salmón y agroindustria. Sobre otros sectores los impactos son más acotados, pero de todas formas relevante. Se tiene que en promedio, bajo este escenario de calentamiento global, la economía crecería entre tres a cuatro décimas menos; esto es cerca de 1,6% en las próximas décadas.

En caso de verse dos grados de incremento en la temperatura promedio del planeta, que se registraría de no mediar esfuerzos más importantes por contener el cambio climático, sin avances suficientes en el objetivo de emisión neta cero de carbono al 2050, el impacto económico sería más potente. El crecimiento económico promediaria 1,4% en las próximas décadas, reconociendo ajustes más profundos en los sectores agrícola y manufacturas especialmente.

Se proyecta que el PIB de Chile sin cambio climático de aquí a 25 años, expresado en dólares de hoy, llegaría a US\$ 702 mil millones, pivotando en un valor actual de US\$ 310 mil millones. Si asumimos que no hacemos nada para contener la actual tendencia en emisiones de carbono, el PIB llegaría a esa misma fecha a US\$ 642 mil millones. Es claro que detrás de ello se reconoce un impacto económico muy potente, que tiene evidentes efectos sobre el bienestar social y en los esfuerzos por reducir la pobreza. En caso de que se tomen acciones que permitan llevar la emisión neta de carbono a cero en el mundo, el PIB de Chile alcanzará 671 mil millones al 2050. Vemos de cualquier forma un costo económico relevante asociado al cambio climático, aún adoptado medidas mitigadoras.

5. Evolución de las emisiones de carbono sin acción correctiva

De forma de comprender los resultados, se analiza a continuación la evolución prevista de las emisiones por sector económico, sobre la base de un crecimiento de 1,6%, pero sin contemplar acciones en Chile que nos permitan alcanzar el objetivo en materia de emisiones de carbono que se ha definido. Con ese propósito, utilizando la información de emisión de carbono por sector económico que se presenta en la tabla de la figura 5, además de las proyecciones de crecimiento sectorial, se construye la dinámica de emisiones hacia los próximos 25 años.

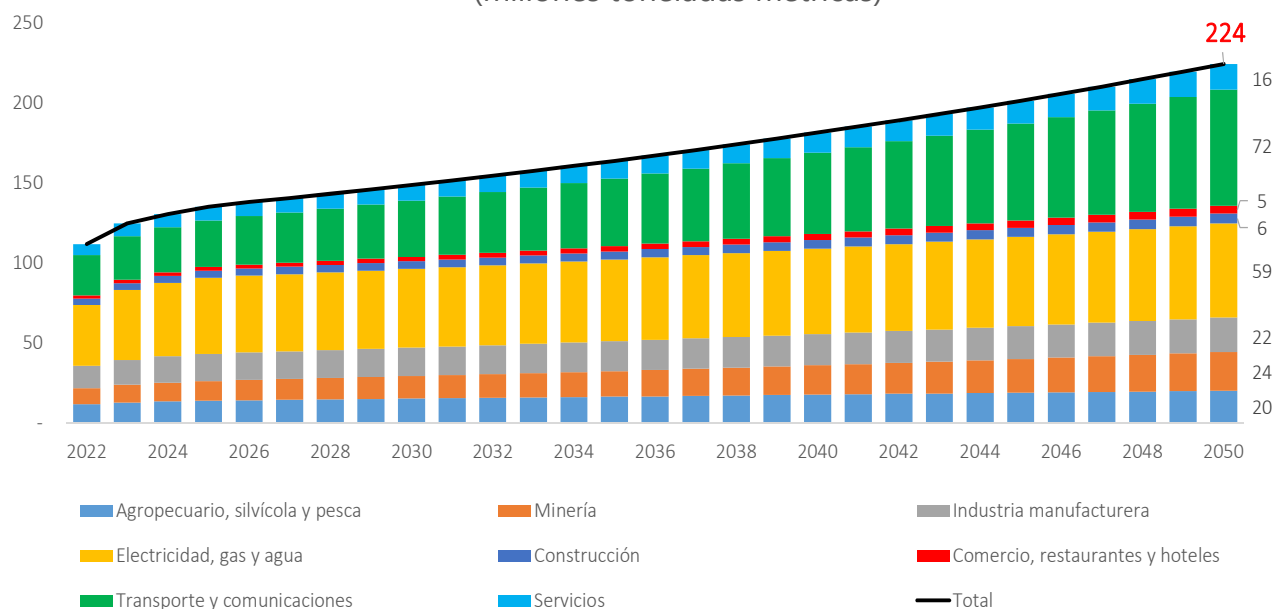
Lo primero a considerar, sobre la base del ejercicio de proyección que se desarrolla, dice relación con el exponencial crecimiento en la emisión de contaminantes que se observa hacia los próximos años. Se tiene que el monto de dióxido de carbono que se emitiría a la atmósfera se más que duplica en 25 años, pasando a 224 millones de toneladas métricas, muy por sobre la meta que nos hemos fijado, y que no debería sobrepasar de las 64 millones de toneladas métricas como ya se ha indicado, a ser compensados por los bosques y plantas, sumideros de carbono.

Figura 5. Emisión de CO2 por Sector Económico

	Emisiones CO2 (Mill. Toneladas métricas)
Total	112
Total Sin minería (**)	102
Agricultura	12
Minera	10
Manufactura	14
EGA	38
Construcción	4
Comercio	2
Transporte	25
Servicios	7

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente Chile

Como se puede apreciar de la figura 6, transporte consolidaría su posición como el sector que más contribuye a las emisiones, seguido por el componente generación eléctrica del sector EGA, entendiéndose que detrás de esa cifra no se reconoce un eventual cambio en la matriz energética. La generación de electricidad a partir de combustibles fósiles es una fuente clave de contaminación. Efectos más secundarios se advierten para industria, minería y comercio, donde es urgente adoptar medidas que elevan la eficiencia energética.

Figura 6. Emisión de CO2 por sector económico con cambio climático (+1°C)
(millones toneladas métricas)

6. Oportunidades

De modo de avanzar en la emisión neta cero de carbono que nos hemos definido, entregando un aporte a la contención del calentamiento global, se reconocen oportunidades a partir del análisis anterior. En primer término se plantea alcanzar gradualmente los niveles de eficiencia energética de Australia, que se utiliza como referencia dada su condición de país desarrollado y productor de *commodities*.

Sobre esa base, podríamos redibujar la figura 6, dando cuenta de una emisión de contaminantes más contenida. Acorde con ello, el nivel de emisión de contaminantes llega a 187 millones de toneladas métricas. Se tiene, en consecuencia, que el objetivo al 2050 es reducir respecto al registro que se tiene de la tendencia en 120 millones de toneladas métricas la emisión de carbono. Una tarea extremadamente desafiante, que es abordable a través de cambios estructurales, concentrados en los sectores energía y transporte, las mayores fuentes de emisión como ya se ha mostrado, pero avanzando además en usos más eficientes de la energía.

Figura 7. Parámetros por Sector Económico

	Productividad (*)	Inversión (% PIB sector)	Stock de Capital (\$MM)
Total	-0,4	24,1	588.594
Total Sin minería (**)	0,3	19,6	474.229
Agricultura	2,3	17,1	9.600
Minería	-5,9	79,7	114.365
Manufactura	-0,3	28,2	38.917
EGA	0,2	71,8	51.106
Construcción	-2,7	13,0	7.883
Comercio	1,0	11,9	23.647
Transporte	1,0	40,5	53.718
Servicios	0,2	16,3	289.358

(*) Promedio 2010.2019

(**) Elaboración propia

Nota: El Stock de Capital y el ratio Inversión a PIB corresponden a 2022 y 2023 respectivamente.

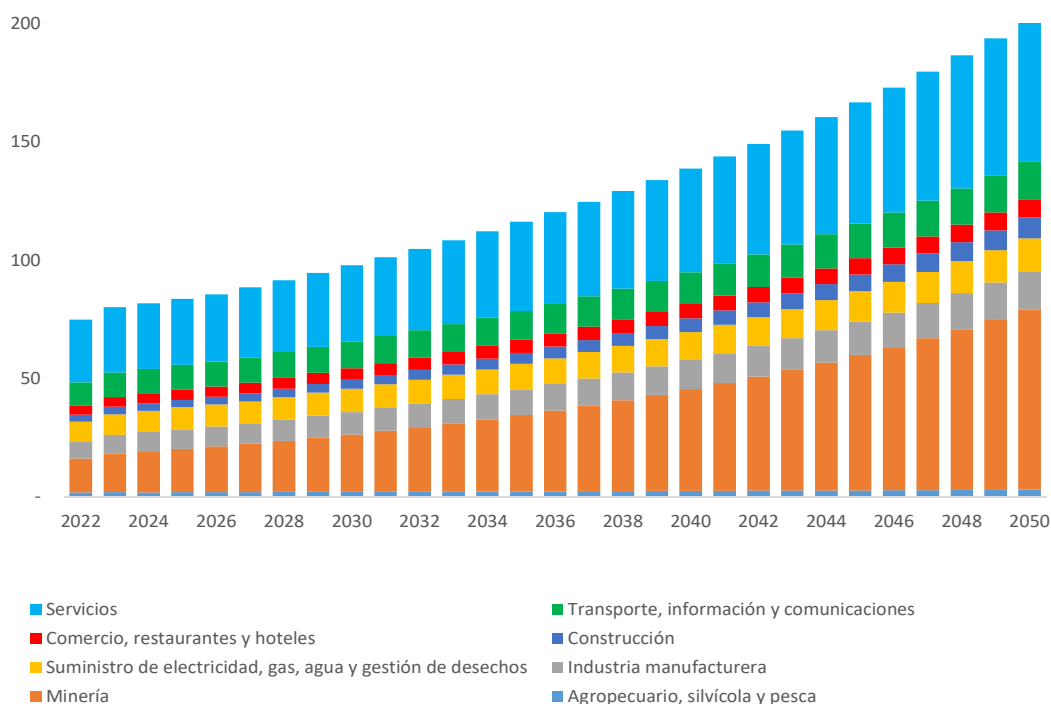
Fuente: Banco Central de Chile.

Para efectos de determinar los esfuerzos en materia de inversión que exige esta tarea, se determina la evolución de la formación bruta de capital fijo por sector económico. Se utiliza, con ese propósito, el crecimiento proyectado por cada sector. Basado en ello, y suponiendo una función de producción *Cobb-Douglas*, se incorpora la productividad estimada de cada sector económico y la evolución del factor trabajo suponiendo para esta variable una evolución coherente con la tendencia histórica. El ejercicio desarrollado permite, entonces, obtener la inversión por sector económico alineada con la proyección de crecimiento que se ha obtenido para cada uno de ellos, exhibido en la figura 4. Se utiliza como base un incremento de 1 grado en la temperatura promedio para efectos del crecimiento sectorial.

El cuadro de la figura 7 resume la información por sector económico que nos permite construir la dinámica para la inversión.

Los resultados del ejercicio se muestran en la figura 8, donde se recoge que la inversión en Chile alcanzaría a los US\$ 200 mil millones en 2050, marcado por un rol central de minería y servicios. En lo primero, tenemos evidentes ventajas comparativas, al tiempo que es necesario ir abordando el envejecimiento de los yacimientos con nuevas inversiones. Los servicios, en tanto, en la medida que la economía avanza en su desarrollo, van ganando mayor espacio. Se entiende que economías más sofisticadas reconocen un mayor peso de actividades de carácter recreativo, salud, educación y provisión general de servicios que van de la mano con la búsqueda de un mayor bienestar.

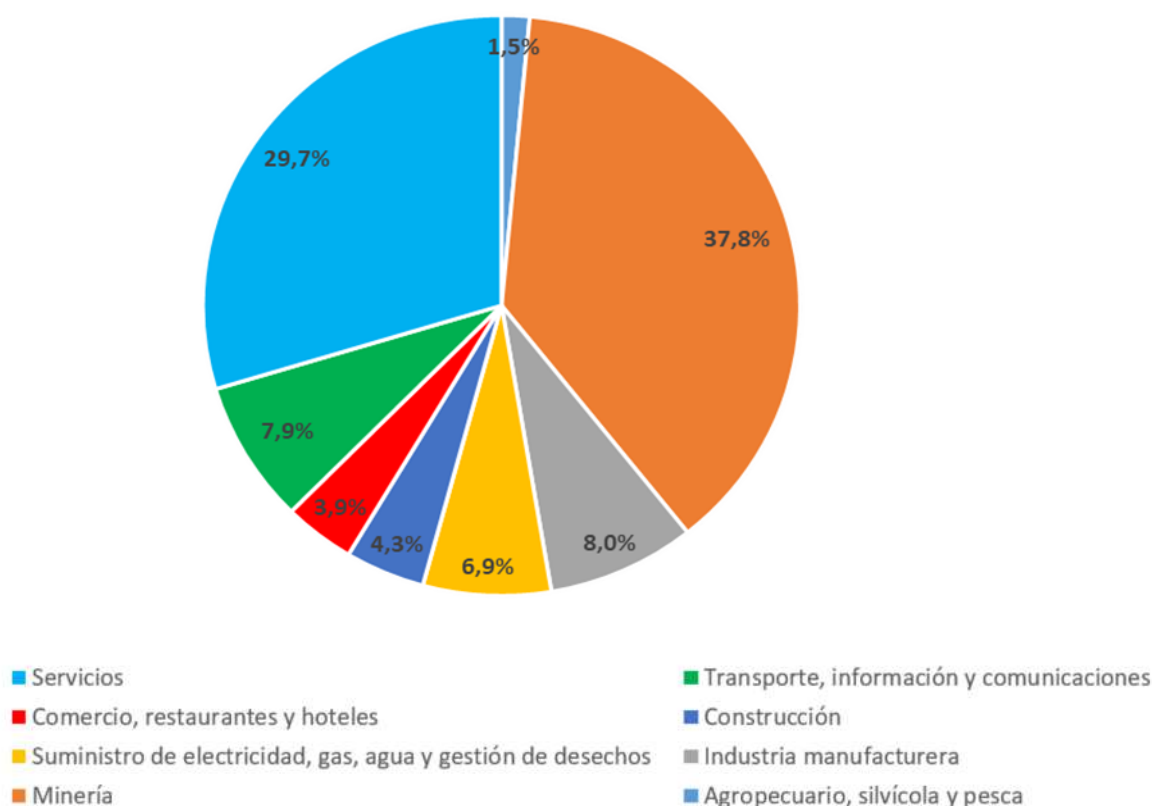
Figura 8. Perspectivas sectoriales para la inversión
(USD miles de millones)



Fuente: Bci Estudios.

De la estimación, tenemos que acumulado en los próximos 25 años, que se presenta en la figura 9, se invertirán US\$ 3.520 miles de millones medido en moneda de 2023. En el peso de cada sector, destaca que cerca del 38% se asocia a minería, casi 30% a servicios y 7% a energía y agua.

Figura 9. Participación por Sector en la Inversión acumulada al 2050
(% el Total de Inversión)



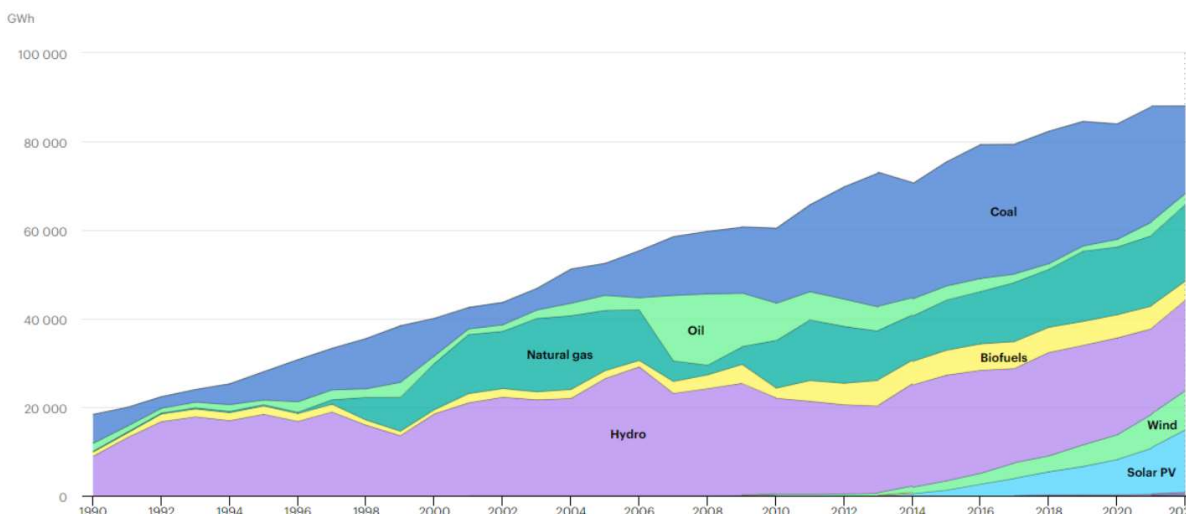
Fuente: Bci Estudios.

Es claro que para avanzar en el objetivo de cero emisión de carbono se debe poner el foco en aquellos sectores más contaminantes de cara al 2050. Alcanzar una emisión de carbono de 64 millones de toneladas métricas, coherente con el objetivo definido, obliga a:

a) Sustituir completamente el componente contaminante de la matriz energética por generación verde; esto es solar, eólica o hídrica. Tal como se deduce de la figura 10, se ha avanzado de forma relevante en ese objetivo en los últimos 19 años, pero aún tenemos una tarea exigente por delante. Disponemos en Chile las condiciones geográficas y climáticas, en el extremo sur y extremo norte, para cumplir la meta propuesta. Pero para esos efectos es fundamental generar los incentivos para aprovechar las enormes ventajas de nuestro país en esta materia.

b) Reemplazar del todo el parque vehicular contaminante por una alternativa limpia; esto es eléctrica o combustible verde. Se ha ido avanzando muy tímidamente en esta línea, que exige además disponer de una red de carga potente. Las brechas en esta materia, por tanto, se reconocen aún enormes.

Figura 10. Matriz energética de Chile
(producción GWh)



Fuente: Ministerio de Energía, Chile.

c) Avanzar en una mayor eficiencia en el uso de la energía en el ámbito de la industria, minería, comercio y hogares. Para esto se podría adoptar, a modo de ejercicio, llegar a las eficiencias actuales de un país desarrollado como Australia. Como se lee del gráfico de la figura 2, con datos al 2022, la emisión de carbono por PIB de Chile es 0,35 Kg/US\$. El registro equivalente para Australia es 0,28 Kg/US\$. Por tanto reconocemos una brecha en materia carbonización de 20%, que es urgente cerrar. A modo de referencia, en Finlandia, un país reconocido por su cuidado medioambiental, como se mostró mas arriba, la brecha es de 60%.

Del punto a) se deduce entonces que el total de la inversión en energía en los próximos 25 años debe ser orientada a energías renovables. Esto implica, asumiendo que el 45% de la inversión EGA es generación eléctrica, siguiendo el patrón de la última década, que la inversión en generación eólica, solar e hídrica hasta 2050 debería alcanzar los US\$ 120 mil millones.

Del siguiente punto, en tanto, se reconoce que la inversión en transporte no contaminante debe llegar a US\$ 158 mil millones. Esto se asocia del lado de las cuentas nacionales a consumo de hogares. Para determinar la inversión en eficiencia energética se debe considerar que, de acuerdo a la evidencia que se recoge de economías avanzada, en torno a 20% de la inversión se debe destinar a ese propósito (deducido de informe del IIF, 2021/2. Entendiendo que ello se aplica a los sectores industria, comercio, agricultura y transporte telecomunicaciones, se contemplan US\$ 140 mil millones de aquí al 2050.

En consecuencia, se tiene que la inversión requerida al 2050 para alcanzar el objetivo de emisión neta cero de dióxido de carbono, lo que incluye gastos asociados a consumo de hogares, llegaría a US\$ 418 mil millones. Esto equivale a cerca de 22% del total de la inversión no minera que se desarrollará hasta ese entonces. Si estimamos también que 20% de la inversión en minería se orienta a ganancias de eficiencia, tenemos entonces que para avanzar en descarbonización debemos invertir en Chile 5,3% del PIB en tecnologías que apunten a ese objetivo.

/2. Financing the green transition: from planning to practice, IIF , 2021

7. Reflexiones finales

Es responsabilidad de cada uno de nosotros enfrentar los desafíos que nos propone el cambio climático. Veremos incrementos en las temperaturas hacia los próximos años, con efectos relevantes en la dinámica económica. Para efectos de mitigar estos efectos, es clave contener las emisiones de carbono. Con ese propósito, a nivel país hemos adquirido el compromiso de emisión neta cero al 2050. Bci ha adoptado el mismo compromiso, así como también otras empresas, de forma de ir avanzando hacia ese objetivo.

Es importante tomar conciencia que, además de los efectos negativos en bienestar inmediato que trae el cambio climático, conlleva efectos sobre la actividad económica, que nos termina pegando a todos de una u otra forma, en materia de empleo, oportunidades de crecimiento y desarrollo. Para abordar el objetivo que nos hemos propuesto, es importante que las iniciativas en materia de inversión estén alineadas con ese propósito.

Se desprende del análisis desarrollado que de aquí al 2050, 22% de la inversión no minera debe estar orientada a bajar las emisiones de carbono, con un foco principal en energía y transporte, cuya contribución al calentamiento global es, por sector económico, marcadamente la más importante. Si sumamos además la necesidad de elevar la eficiencia en el uso de la energía, que es clave también en el objetivo medioambiental, tenemos que hacia los próximos 25 años debemos invertir en Chile cerca de US\$ 420 mil millones. Una cifra muy relevante, que da cuenta del enorme desafío que tenemos por delante.

Para efectos de alcanzar esa meta, es fundamental que la tramitación de los proyectos sea ágil. La burocracia, tiempo, discrecionalidad en los procesos de aprobación y costos involucrados, son aún una barrera difícil de sobrellevar, que compromete la decarbonización del país.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización de Bci Estudios.

Este informe ha sido preparado con el objeto de brindar información a los clientes de la División de Banco de Crédito e Inversiones denominada, Bci Corporate & Investment Banking. No es una solicitud ni una oferta para comprar y vender ninguno de los instrumentos financieros que en él se mencionan. Esta información y aquella en la que está basado, ha sido obtenida en base a información pública de fuentes que estimamos confiables. Sin embargo, esto no garantiza que ella sea exacta ni completa. Las recomendaciones y estimaciones que emite este Departamento de Estudios respecto de las inversiones o expectativas responden exclusivamente al estudio de los fundamentos y el entorno de mercado en que se desenvuelven las compañías. No obstante, esto no garantiza que las proyecciones previstas se cumplan. Todas las opiniones emitidas en este informe pueden ser modificadas sin previo aviso. Bci Corporate & Investment Banking y/o cualquier sociedad o persona relacionada con el Banco, puede en cualquier momento tener una posición en cualquiera de los activos o instrumentos financieros mencionados en este informe y podría invertir o vender en esos mismos activos. El resultado de cualquier operación financiera, realizada con apoyo de la información que aquí se presenta, es de exclusiva responsabilidad de la persona que la realiza.

