

Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto

Autores:

Ramón E. López
Simón Accorsi O.
Gino Sturla Zerene

Santiago, Octubre de 2016

Análisis sectorial de la huella de carbono para la economía chilena: un enfoque basado en la matriz insumo-producto¹

Autores: Ramón E. López, Simón Accorsi O. y Gino Sturla Zerene

Departamento de Economía, Facultad de Economía y Negocios, U. de Chile

Octubre 24, 2016

¹ Estudio desarrollado con el auspicio del Centro de Líderes Empresariales contra el Cambio Climático (CLG Chile).

Abstract

This study develops and applies for the first time to the Chilean economy a method to calculate sectorial carbon footprint based on the input-output matrix. This methodology captures in a better way the net emissions attributable to each sector considering sectoral interlinks.

We compare the results using this method with those obtained using the conventional methodologies based only on the direct sectoral fuel uses. This comparison shows that the results are dramatically different. It shows that certain sectors which using the conventional approach appear to be quite mild in terms of emissions, are much dirtier (e.g., the mining industry) while other sectors traditionally considered high emitters revealed to be much less dirty (e.g., electricity and gas). These differences entail large implications for carbon reducing policies as the carbon tax burden would have to be quite different depending on the methodology used to estimate sectoral emission footprints.

Based on this methodology we analyze the effectiveness of carbon taxes to reduce the CO₂ emissions and compared with an alternative regulatory framework that induces a “cleaner” composition of the energy matrix.

An international comparison puts Chile as a relatively clean economy but with a trend showing an increase in the emissions per unit of output, mainly due to the use of carbon intensive fuels.

Keywords: *Carbon footprint, Input-output tables, Greenhouse emissions*

JEL Classification: *O13, Q01, Q42, Q56*

Resumen

El presente estudio desarrolla y aplica por primera vez para la economía chilena, un método para calcular la huella de carbono sectorial en base a la matriz insumo-producto. Esta metodología captura de una mejor forma las emisiones netas atribuibles a cada sector ya que considera las interacciones sectoriales.

Se comparan los resultados usando este método con aquellos obtenidos usando una metodología convencional basada sólo en el uso directo de combustibles. Esta comparación muestra que los resultados son dramáticamente diferentes. Ciertos sectores que aparecen con niveles leves de emisiones al usar la metodología convencional, resultan ser más sucios (por ejemplo, minería), mientras que otros sectores tradicionalmente considerados con altos niveles de emisión revelan ser mucho menos sucios (por ejemplo electricidad y gas). Estas diferencias conllevan importantes implicancias para las políticas

de reducción de emisiones, ya que el monto total de impuesto pagado dependerá de la metodología utilizada para estimar las emisiones sectoriales.

A partir de las nuevas estimaciones se analiza la efectividad de un impuesto al carbono para reducir las emisiones de CO₂ y se compara con un marco regulatorio alternativo que induce una composición más “limpia” de la matriz eléctrica.

Una comparación con otros países de interés, posiciona a Chile como una economía relativamente limpia pero con una tendencia en que se observa un aumento de las emisiones por unidad de producto, principalmente debido al uso de combustibles intensivos en carbono.

Palabras clave: *Huella de carbono, Matriz insumo-producto, Emisiones de gases de efecto invernadero.*

Clasificación JEL: *O13, Q01, Q42, Q56*

Contenido

1	INTRODUCCIÓN	6
2	DEFINICIÓN Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO ..	8
2.1	Metodología Balance Nacional Energético (BNE)	10
2.2	Metodología Matriz Insumo-Producto (MIP)	10
2.2.1	Estimación de emisiones por método directo	12
2.2.2	Estimación de emisiones por método de responsabilidad del productor	12
2.3	Consideraciones respecto al Inventario Nacional de Emisiones (2008).....	13
3	HUELLA DE CARBONO: NIVEL AGREGADO Y SECTORIAL.....	15
3.1	Emisiones a nivel agregado	15
3.2	Emisiones sectoriales	17
3.3	Comparación de resultados entre metodología MIP Y BNE.....	20
3.4	Análisis de la composición de emisiones.....	21
3.5	Industria Siderúrgica e industria Papel-Celulosa.....	22
4	ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES FRENTE A UN ALZA DEL IMPUESTO Y UN CAMBIO EN LA MATRIZ ELÉCTRICA.....	24
4.1	Alza en el impuesto a las emisiones de CO2	24
4.1.1	Reducción del de las emisiones de CO2 producto de un aumento del impuesto	24
4.1.2	Recaudación sectorial asociada al impuesto a las emisiones	25
4.2	Efectos de un cambio en la composición de la matriz eléctrica	26
4.3	Impuesto a la Emisiones y Cambio en Matriz Eléctrica.....	30
4.4	Comparación de Escenarios.....	31
5	COMPARACIÓN CON OTRAS ECONOMÍAS	33
5.1	Comparación Estática	33
5.2	Comparación Dinámica.....	38
5.2.1	Evolución temporal de las emisiones de CO2.....	38
5.2.2	Crecimiento y Emisiones de CO2.....	39
6	IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PÚBLICO-PRIVADAS PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO2.....	42
6.1	Aspectos generales respecto a estrategias para mitigar emisiones de CO2.....	42

6.2	Discusión en torno a la aplicación de la metodología MIP para gravar las emisiones de CO ₂	46
6.3	Un ejemplo de política energética exitosa: La <i>Energiewende</i> alemana.....	48
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
8	ANEXOS.....	52
8.1	Ejemplo de cálculo mediante metodología MIP.....	52
8.2	Composición de la matriz eléctrica SIC y SING.....	60
8.3	Comparación metodología MIP v/s BNE.....	61

1 INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este estudio es calcular la huella de carbono para la economía chilena a través de una metodología que permite identificar las interacciones entre los diferentes sectores productivos. A lo largo de este estudio esta metodología la denominaremos metodología MIP (Matriz Insumo Producto) o indistintamente como “enfoque de responsabilidad del productor”. Además, se utiliza una variante de la metodología basada en los consumos o usos finales de combustibles por sector, llamada en este estudio “Metodología BNE” o “Metodología de Balance Energético” a objeto de comparar los resultados con la MIP. La metodología utilizada genera estimaciones sectoriales de la huella de carbono diferentes lo cual puede tener importantes implicaciones sobre el diseño de mecanismos de mitigación a las emisiones de carbono. Por ejemplo, como se demuestra en este estudio, la distribución sectorial de la carga tributaria de un impuesto a las emisiones de carbono varía drásticamente dependiendo de la metodología utilizada para medir la huella de carbono.

Una adecuada contabilización y asignación de las emisiones corresponde a un elemento fundamental para diseñar una estrategia que permita efectivamente disminuir los niveles de emisiones de GEI considerando los efectos de las interacciones sectoriales. El enfoque MIP no solo implica una metodología “novedosa” comparada a las tradicionales sino que su uso se justifica ya que permite medir las emisiones netas originadas de una industria en particular incluyendo no solo las emisiones directas sino que también emisiones netas producidas en otros sectores que se originan para satisfacer las demandas de insumos de dicha industria. Esto permite una atribución mucho más ajustada sobre la verdadera contribución de cada industria a las emisiones netas de carbono, lo cual tiene implicancias significativas para la asignación de los costos de un impuesto al carbono entre las diferentes industrias.

El informe se ha estructurado en 8 capítulos además de la presente introducción y los anexos digitales. En el capítulo 2 se presentan las definiciones conceptuales necesarias para el trabajo y se detallan las metodologías a utilizar; se presentan además algunas consideraciones respecto al Inventario Nacional de Emisiones del año 2008. En el capítulo 3 se procede a aplicar las dos metodologías a nivel agregado y sectorial comparando los resultados. Se realiza además una descomposición que permite identificar el origen de las emisiones para un sector determinado, esto es, cuantas emisiones del sector A provienen del mismo sector A y de los demás sectores B, C, D, etc. Es necesario aclarar que un sector generará emisiones producto de los combustibles utilizados directamente (emisiones directas) y de los insumos provenientes de su mismo sector y otros sectores (emisiones indirectas). En el capítulo 4 se analiza la reducción en las emisiones considerando un aumento del impuesto de 5 a 26 US\$/Ton CO₂, mediante la metodología MIP; se presenta también una simulación que ilustra las diferencias en la recaudación sectorial con un

impuesto de US\$ 5/Ton CO₂, considerando la metodología MIP y BNE. Se cuantifica la reducción de las emisiones sectoriales debido a un cambio en la matriz eléctrica, considerando que ésta se torna menos intensiva en emisiones de CO₂; finalmente se analizó el efecto conjunto de limpieza de la matriz y la aplicación de un impuesto de 26 US\$/Ton CO₂ mediante la metodología MIP. En el capítulo 5 se efectúan comparaciones con otras economías, en el agregado y a nivel sectorial, en base a los reportes de emisiones de CO₂ del Banco Mundial, se efectúa un análisis estático para el año 2012, y un análisis dinámico donde se aprecia la evolución de Chile respecto a los demás países. En el capítulo 6 se identifican las principales estrategias que han sido consideradas por algunos países en pos de lograr una economía con un menor nivel de emisiones; se analizan de manera concreta para Chile las diferencias entre aplicar un impuesto a las emisiones de CO₂ basado en una metodología tipo BNE o considerando la responsabilidad del productor e interacciones intersectoriales, MIP; se discuten las implicancias de política pública de esta nueva forma de medición, con especial énfasis en los posibles efectos de herramientas fiscales como impuestos o subsidios; finalmente se presenta un ejemplo de política energética exitosa, la “Energiewende Alemana”.

El capítulo 8 presenta los anexos, donde se presenta el cálculo completo de las emisiones sectoriales mediante la metodología MIP, además se muestra la comparación de emisiones sectoriales entre MIP y BNE para todos los años considerados.

Se incluye un anexo digital, en el cual se encuentra toda la información utilizada, el detalle de todos los cálculos y todos los gráficos y tablas, que no han sido incluidos en el informe. Para ilustrar varios resultados se ha utilizado el año 2013 como referencia, en estos anexos está el cálculo para los 6 años de estudio.

2 DEFINICIÓN Y METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono (HC) en términos genéricos se entiende como “el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) causados por un sistema previamente definido, expresados en masa de CO₂ equivalente”². Se considera como una medida del impacto de las actividades humanas en el medioambiente, en términos del total de gases de efecto invernadero producidos, medidos en toneladas de CO₂ equivalente. A lo largo de este estudio cada vez que se haga referencia a emisiones de CO₂ se debe entender que corresponden a emisiones de CO₂ equivalente.

Este estudio tiene por objetivo implementar una metodología robusta para el cálculo sectorial de la huella de carbono en la economía chilena, que sirva de sustento técnico para establecer estrategias público-privadas para afrontar los requerimientos de largo plazo que impone el Cambio Climático.

La metodología implementada es inédita para el caso chileno y tiene la gran ventaja de investigar no sólo los efectos directos de los usos de los diferentes combustibles para cada sector productivo, sino que incorpora también los efectos indirectos capturados por la interacción entre los diferentes sectores económicos.

Tradicionalmente el cálculo de la huella de carbono se ha basado en la estimación de las emisiones del sector Energía (quema de combustibles fósiles) y del sector de Procesos Industriales: Cemento, Cal y Acero. Para las emisiones del sector Energía se utilizan comúnmente dos métodos definidos por el IPCC, el de consumos aparentes o balance energético y el de usos finales o consumos finales; éstas fueron las metodologías utilizadas en el Inventario Nacional de Emisiones (Poch Ambiental, 2008), para el cálculo de emisiones de CO₂ equivalente. Si bien difieren en algunos aspectos, ambas metodologías se basan en el Balance Nacional de Energía (BNE), ya sea cuantificando el carbono contenido en el uso total de combustibles en el país o bien imputando los usos de los diferentes tipos de combustibles en cada sector (la electricidad es un combustible). Cada tipo de combustible es convertido en términos de emisiones en CO₂ equivalente y con ello se obtiene el nivel de emisiones (huella de carbono) en el sector específico o a nivel agregado.

La metodología propuesta en el presente estudio también recoge las emisiones asociadas al BNE y de los procesos industriales; pero además se utiliza la información contenida en la Matriz Insumo Producto (MIP) de la economía chilena. Esto permite tomar en cuenta las interacciones entre los sectores económicos y en consecuencia obtener una estimación más sectorial de las emisiones de CO₂ equivalente; es necesario recalcar que ninguna de las

² Para una discusión más completa acerca del concepto, ver Wiedmann y Minx (2008)

metodologías expuestas en el párrafo anterior considera la interacción entre los sectores económicos. La metodología MIP considerará por cierto el Balance Nacional de Energía, pero las emisiones asociadas a cada sector corresponderán a las emisiones directas (quemado de combustibles fósiles y procesos industriales en el caso del sector Industria) más las emisiones indirectas (emisiones contenidas en insumos provenientes de otros sectores económicos). Se comparan las estimaciones basadas en la metodología BNE y MIP, para 6 sectores de la economía chilena, en el periodo 2008-2013.

La energía asociada al BNE se presenta en dos formas, energía primaria y energía secundaria, la diferencia radica en que el segundo tipo de energía considera los combustibles en estado apto para su consumo final, en este caso por los sectores de la economía. Los combustibles primarios son procesados por los centros de transformación y convertidos en combustibles secundarios, los que luego son utilizados por los distintos sectores de la economía. Entonces, para efectos del balance energético total se considera el uso de cada sector de combustibles secundarios y además el uso de combustible por parte de los centros de transformación; éste último uso corresponde a la energía requerida para obtener los combustibles secundarios, la cual en el BNE se asocia al sector energía (sector del balance, no de la matriz insumo-producto), el cual ha sido imputado al sector Electricidad y Gas de la economía (MIP).

Para efectos de este estudio el BNE se utilizará de dos formas: (i) para imputar uso de energía (combustibles sin considerar la electricidad y el gas) a los 12 sectores de la MIP y así efectuar el cálculo mencionado en el párrafo anterior y (ii) para calcular la huella de carbono de los 12 sectores en base a la estructura de usos establecida en el BNE y efectuar una comparación con los resultados en base a la metodología propuesta. Se debe agregar que para cada caso (MIP) o (BNE), se ha considerado las emisiones que no provienen directamente de combustibles fósiles, las cuales representan en promedio un 8% del total y provienen de procesos industriales: Cemento, Cal y Acero. Los 12 sectores de la economía chilena asociados a la MIP corresponden a:

1. Agropecuario-silvícola
2. Pesca
3. Minería
4. Industria manufacturera
5. Electricidad, gas y agua
6. Construcción
7. Comercio, hoteles y restaurantes
8. Transporte y comunicaciones
9. Intermediación financiera y servicios empresariales
10. Servicios de vivienda
11. Servicios personales
12. Administración pública

2.1 Metodología Balance Nacional Energético (BNE)

Se ha definido un procedimiento para el cálculo de las emisiones sectoriales (sectores de la MIP) en base al balance nacional de energía. Este cálculo es propio de este estudio, no corresponde a un cálculo “estándar”, aunque de todas maneras es asimilable a la metodología del IPCC llamada “usos finales” o “consumos finales”. El procedimiento del cálculo sigue las siguientes fases:

- 1) Cálculo de las emisiones totales en base al Consumo Final de combustibles y los Factores de Conversión.
- 2) En base a la desagregación del consumo en el BNE, se calcula la energía (sólo combustibles fósiles) asociada cada uno de los 12 sectores definidos en la MIP.
- 3) Pese a que en el BNE considera la electricidad como combustible para cada sector, esta metodología no la utiliza, tampoco el gas, ya que corresponden a un sector de la economía: Electricidad y Gas. Esto asegura que no haya doble contabilidad de emisiones en los sectores ni en el agregado.
- 4) Se imputan las emisiones asociadas a procesos industriales (cemento, cal y acero), al sector Industria.
- 5) En base a lo anterior se determinan las emisiones sectoriales que provienen de los combustibles utilizados, utilizando los Factores de Conversión de para expresar unidades de combustible en unidades de CO₂ equivalente.

2.2 Metodología Matriz Insumo-Producto (MIP)

Para el cálculo o estimación de la HC existen dos tipos de enfoques, el enfoque bottom-up que se basa en el ciclo de vida de un determinado producto y el enfoque top-down que se basa en el uso de información agregada contenida en la matriz insumo producto (MIP) de un determinado país. En el presente estudio la metodología utilizada se basará en el segundo enfoque (top-down) utilizando como base la información de la MIP de la economía chilena para el periodo 2008-2013 y además utilizando información acerca de la matriz energética de la economía chilena. Para aplicaciones similares en otros países se puede consultar el trabajo de Cruz (2009) y de Mayer y Flachmann (2011). Para otras aplicaciones consultar Minx et al (2012).

De acuerdo a Munksgaard et al (2009), para proceder con el cálculo de la huella de carbono basándose en la MIP se requiere la siguiente información:

- 1) Una tabla input-output (insumo-producto) que indique las transacciones monetarias ocurridas al interior de una economía, que debe contener:

- a. Un vector x de dimensión $[n \times 1]$ de producción doméstica, por sector industrial.
 - b. Un vector y de dimensión $[n \times 1]$ de demanda final por sector industrial, incluyendo exportaciones.
- 2) Una matriz A , de dimensión $[n \times n]$ indicando los requerimientos de inputs del sector j por bienes intermedios del sector i , por unidad monetaria producida en el sector j .
 - 3) Una matriz de uso de energía, denominada E_{ind} , de dimensión $[m \times n]$ indicando el uso de combustible del k -ésimo tipo por unidad de output en el sector industrial j .
 - 4) Una matriz de uso de energía, denominada E_{fd} , de dimensión $[m \times n]$ que contiene el uso por parte de los hogares del k -ésimo tipo de combustible por unidad monetaria de la demanda final de bienes del sector j .
 - 5) Un vector c , de emisiones de CO₂ por unidad de combustible usado del k -ésimo tipo.

La información requerida para construir los vectores y matrices antes descritos se encuentra disponible en el Balance Nacional de Energía (Ministerio de Energía) y la Matriz Insumo-Producto (Banco Central). Los factores de conversión por tipo de combustible han sido obtenidos del IPCC. La energía imputada a cada sector, corresponde a energía secundaria, esto es, combustibles disponibles para su uso final (por los sectores de la economía). En ningún caso hay doble contabilidad de energía (o emisiones), puesto que los combustibles utilizados para generar energía eléctrica y todo el combustible asociado al gas, han sido considerados solamente en el sector Electricidad y Gas. Esto último también ha sido considerado en el "Método del Balance de Energía", con el objetivo de que ambas estimaciones sean comparables.

A continuación se definen los dos métodos de cálculo, siendo el segundo el utilizado en este estudio, pues considera las interacciones entre los sectores. En el capítulo de anexos, en la sección 9.1, se presenta en detalle el cálculo mediante esta metodología, además se presentan los 17 combustibles utilizados y sus factores de conversión a toneladas de CO₂ equivalente. Se recomienda leer este capítulo de los anexos, previo al capítulo 3, para comprender de mejor manera el sustento de los resultados y análisis presentados.

2.2.1 Estimación de emisiones sin interacciones sectoriales

Una forma de contabilizar las emisiones de CO₂, enfocado desde el punto de vista de la producción³, consiste en sumar las emisiones de las diferentes industrias (sectores) que denominaremos δ_{ind}^{PR} y las emisiones asociadas a la demanda final, δ_{fd} .

Las emisiones de los diferentes sectores, δ_{ind}^{PR} , se obtiene pre-multiplicando el vector x por el vector c' y por la matriz E_{ind} , esto es:

$$\delta_{ind}^{PR} = c'E_{ind}x \quad (1)$$

La primera parte de la pre-multiplicación ($c'E_{ind}$) nos entrega el CO₂ necesario para producir una unidad monetaria de cada sector. Al multiplicarlo por el vector x obtenemos el total de emisiones de CO₂ por sector.

De forma similar se obtiene δ_{fd} :

$$\delta_{fd} = c'E_{fd}y \quad (2)$$

De esta manera sumando (1) y (2) tenemos el total de emisiones producidas en forma directa, Ω_{δ} :

$$\Omega_{\delta} = \delta_{ind}^{PR} + \delta_{fd} = c'E_{ind}x + c'E_{fd}y \quad (3)$$

2.2.2 Estimación de emisiones por metodología MIP

En los modelos que consideran emisiones directas e indirectas, denominaremos Ω_{σ} al total de emisiones basándonos en el enfoque de responsabilidad del productor, el que se obtiene sumando las emisiones directas e indirectas de los diferentes sectores (σ_{ind}) y las emisiones directas asociadas a la demanda final (δ_{fd}) tal como se calculó en la ecuación (2).

Por lo tanto σ_{ind} se puede escribir como:

$$\sigma_{ind} = c'E_{ind}(I - A)^{-1}y \quad (4)$$

³ Ver Lenzen, et al. (2007)

Donde $(I - A)^{-1}$ es la Matriz inversa de Leontief (También llamada simplemente Matriz de Leontief o Matriz de requerimientos totales) obtenida a partir de la matriz insumo producto. Cada elemento b_{ij} de la Matriz de Leontief nos muestra la cantidad de producción del sector i necesaria para satisfacer una unidad de demanda final del sector j -ésimo. Al ser una constante, este elemento nos indica la variación en el valor de la producción del sector i -ésimo inducida por una variación en la demanda final del sector j -ésimo, (Schuschny. A, 2005).

Lo relevante de los elementos de la Matriz de Leontief es que condensan en un solo número los efectos multiplicativos directos e indirectos ya que los cambios de producción en un sector impactan también sobre los demás sectores que lo utilizan como insumo.

Combinando las ecuaciones (2) y (4) se obtiene una expresión que permite obtener las emisiones directas e indirectas en CO2 equivalente basado en el enfoque de responsabilidad del productor, esto es:

$$\Omega_{\sigma} = \delta_{fd} + \sigma_{ind} = c' E_{fd} y + c' E_{ind} (I - A)^{-1} y \quad (5)$$

El *total* de emisiones estimadas a través de las expresiones (3) y (5) es idéntico, pero difieren en su interpretación: mientras que el resultado obtenido en (3) contabiliza las emisiones sólo basándonos en el uso directo de combustible de cada sector, el resultado de (5) se ha obtenido a través de reasignar las emisiones usando la inversa de Leontief y por ende captura los efectos indirectos de las emisiones de CO2 a través del proceso productivo.

2.3 Consideraciones respecto al Inventario Nacional de Emisiones (2008)

En el estudio efectuado por POCH Ambiental S.A. (2008)⁴ a solicitud de Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y el Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas (PNUD), para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (entre ellos CO2) para tres sectores: Energía, Industrial y Uso de Solventes. El sector Energía en este estudio corresponde a todos los combustibles utilizados y representa un 92% de las emisiones de CO2 equivalente. El sector Industrial corresponde a los procesos industriales que generan CO2, los cuales corresponden a la producción de Cemento, Cal y Acero; representando el 8% de las emisiones restantes. El Uso de Solventes no tiene repercusiones sobre las emisiones de CO2 equivalente. El estudio estipula que las emisiones totales de

⁴ “Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero” (2008)

CO₂ para estos sectores han crecido un 190% entre 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor final de 68.572 Gg de CO₂ equivalente.

Para determinar las emisiones de GEI del sector energético nacional se siguieron las metodologías señaladas por el IPCC, las cuales se agrupan entre aquellas emisiones producto de la combustión, y aquellas que se generan como fugas de diferentes procesos productivos. La primera de ellas cuantifica las emisiones de CO₂ basándose en dos métodos de cálculos específicos, el de consumos aparentes o balance energético, y el de usos finales o consumos finales.

La metodología IPCC 1996 define el Método de los Consumos Aparentes para estimar las emisiones de CO₂ generadas a partir de la quema de combustibles que, como parte fundamental de su estructura química, contienen carbono; así una vez oxidados el carbón y el hidrógeno presente en ellos reaccionan con el oxígeno, produciendo CO₂ y H₂O. A su vez la metodología de Consumos Finales o Usos Finales estima las emisiones de CO₂ generadas a partir del uso de combustibles especificado por sector de consumo o sector económico.

En el presente estudio se ha definido explícitamente la “Metodología de Balance Nacional de Energía” o “Metodología BNE”, la cual es asimilable a la metodología IPCC de Consumos Finales o Usos Finales, pues se asignan los combustibles a cada sector económico, incluyendo la electricidad y los procesos industriales. Se deja en claro que la Metodología BNE no es exactamente la misma que se ha usado en el estudio de POCH (2008).

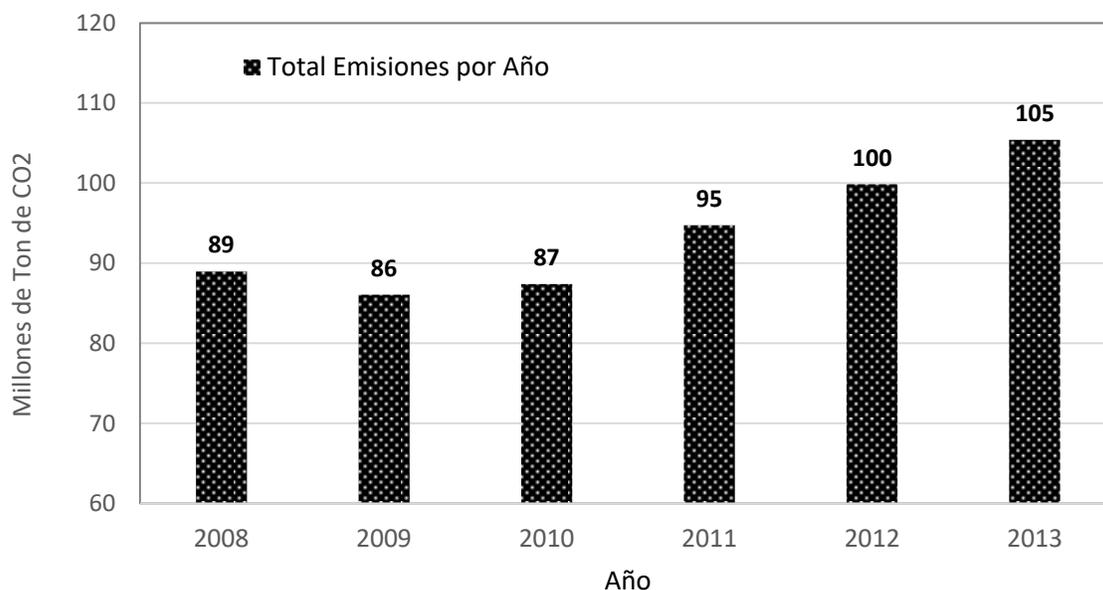
La metodología BNE del presente estudio ha considerado explícitamente los combustibles (sin considerar el gas y la electricidad) utilizados en los 12 sectores de la matriz insumo-producto, incorporando además las emisiones asociadas a procesos industriales, con el objetivo de efectuar comparaciones consistentes con la metodología MIP. Así, se podrá visualizar las diferencias significativas en las emisiones de CO₂ estimadas para cada sector económico con ambas metodologías.

3 HUELLA DE CARBONO: NIVEL AGREGADO Y SECTORIAL

3.1 Emisiones a nivel agregado

A nivel agregado las emisiones de GEI en unidades de CO2 equivalente pasaron desde 89 millones de toneladas en el año 2008 a 105 millones de toneladas para el año 2013 lo que significa un aumento de 18%. El Gráfico 3-1 presenta la evolución de las emisiones anuales en millones de ton de CO2.

Gráfico 3-1 Emisiones totales de CO2



Al calcular las emisiones por unidad monetaria de PIB se observa que este indicador ha variado en torno a 0,92 toneladas/PIB, no se observa una tendencia significativa; esto se aprecia en el gráfico 3-2. Donde sí se observa una tendencia es en el nivel de emisiones per cápita el cual en estos 6 años ha pasado de 5,3 a 6 Ton de CO2 per cápita, una aumento del 13,2%; esto se ilustra en el gráfico 3-3.

Gráfico 3-2 Emisiones por unidad de PIB

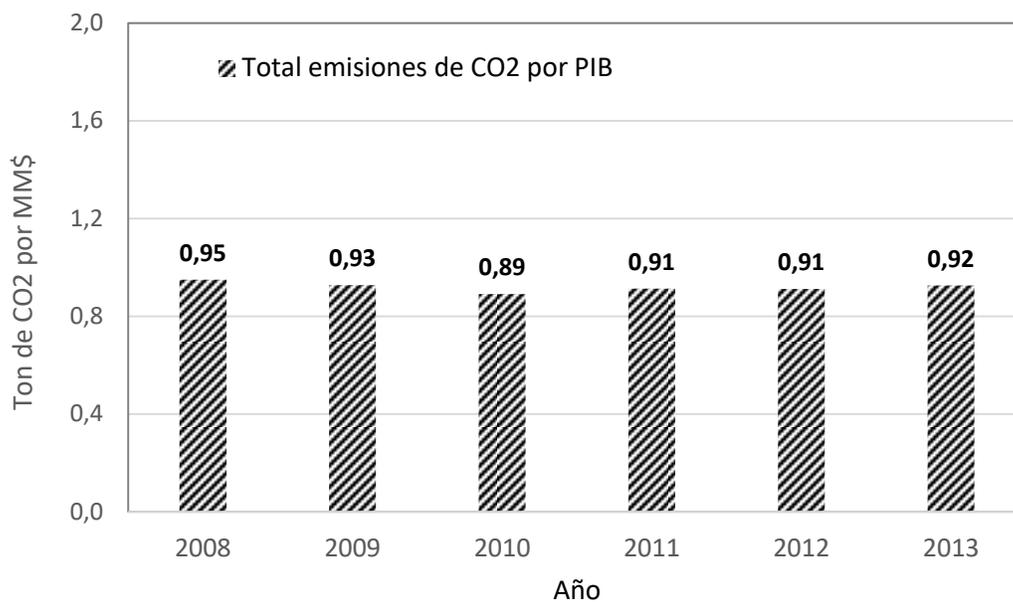
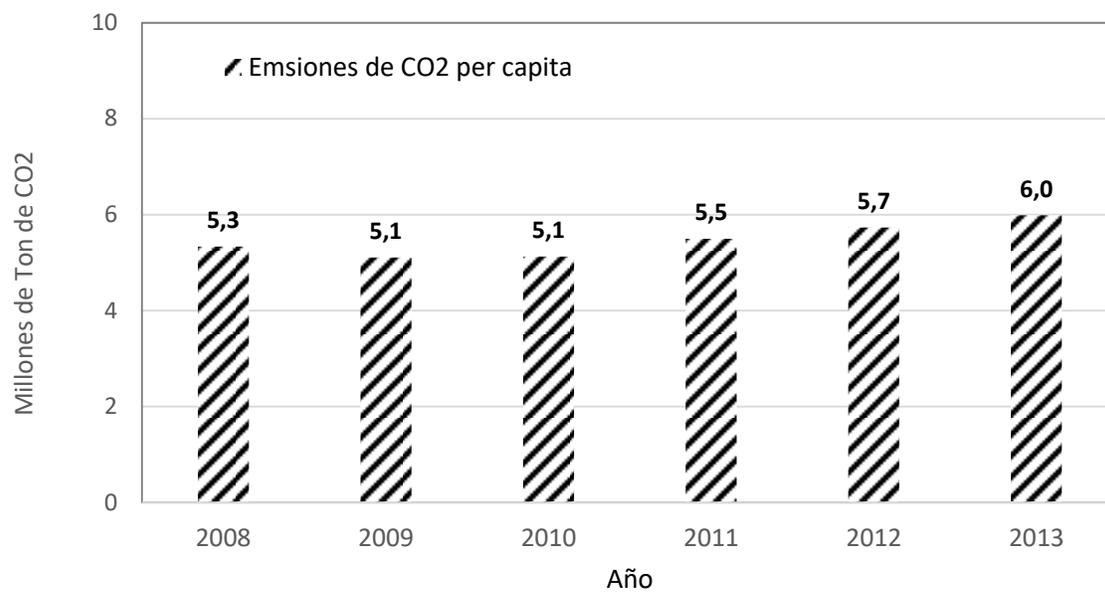


Gráfico 3-3 Emisiones per cápita



3.2 Emisiones sectoriales

Se presentan las emisiones sectoriales calculadas a partir de la metodología MIP, para los 6 sectores de interés del presente estudio. El gráfico 3-4 muestra la evolución sectorial de las emisiones; se constata que las éstas han aumentado para todos los sectores en el periodo considerado. El gráfico 3-5 muestra las emisiones por unidad de valor agregado en cada sector. Se aprecia en que al corregir por valor agregado el transporte es por lejos el sector que más emite, seguido mucho más abajo por la industria, electricidad y gas y la minería.

Gráfico 3-4 Emisiones sectoriales MIP

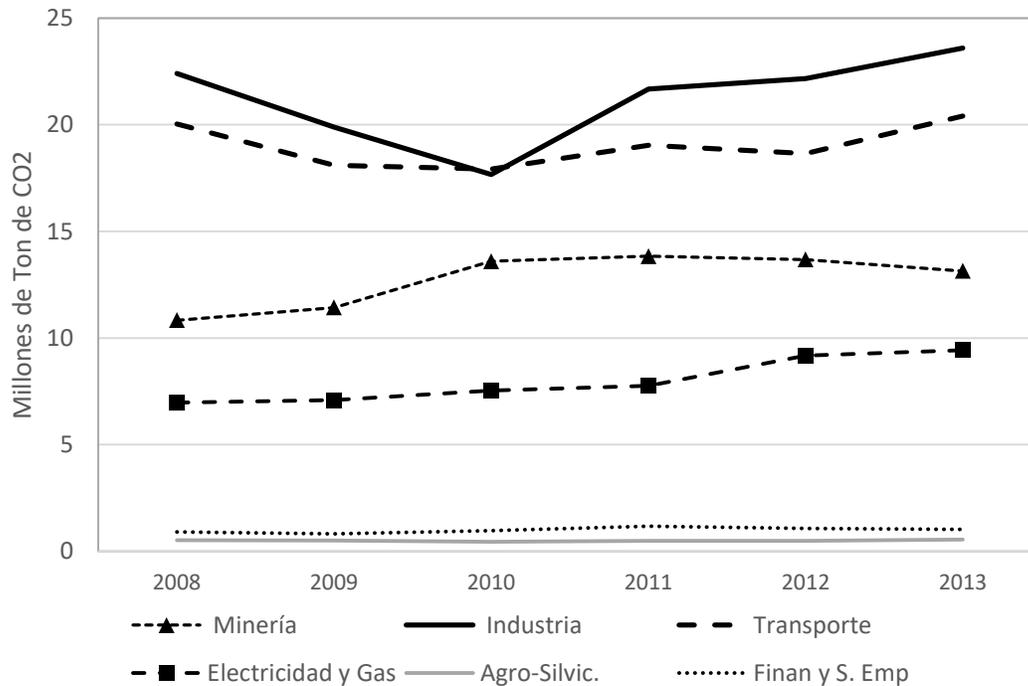
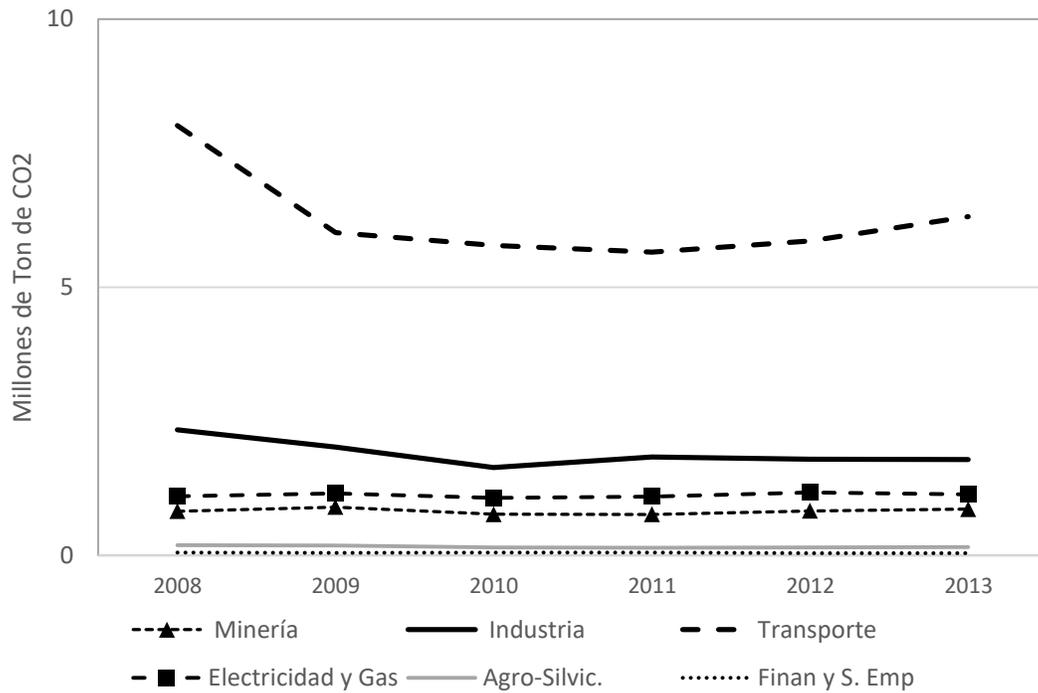


Gráfico 3-5 Emisiones sectoriales por valor agregado



La tabla 3-1 muestra los valores asociados a las emisiones totales y de cada sector, la tabla 3-2 muestra las emisiones corregidas por valor agregado sectorial.

Tabla 3-1 Emisiones totales y sectoriales

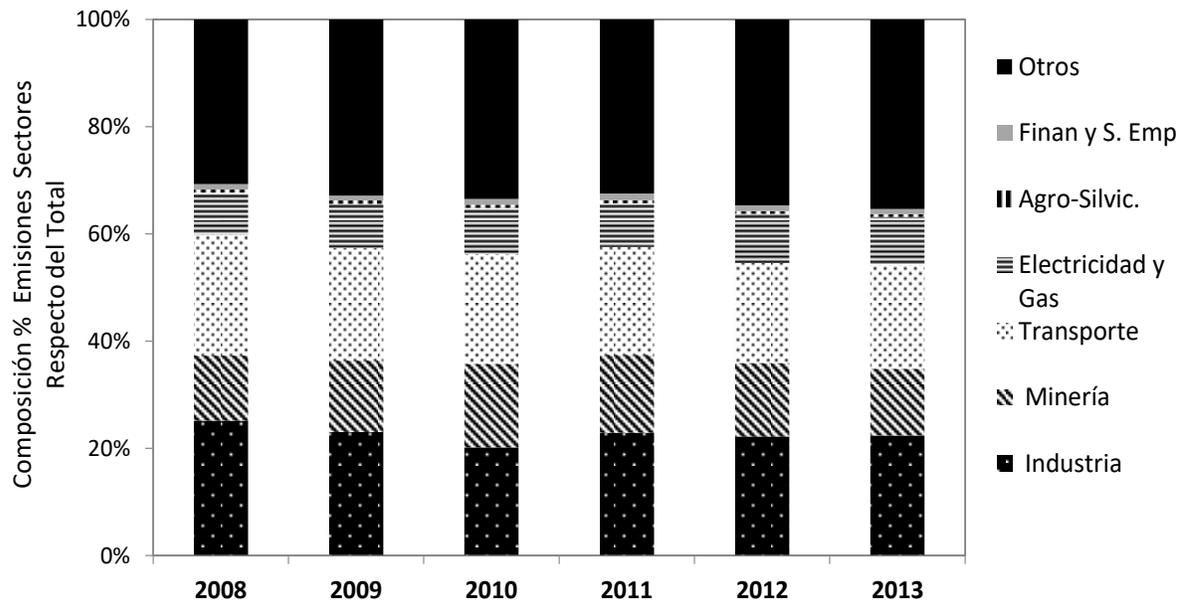
Año	Total Emisiones por Año	Minería	Industria	Transporte	Electricidad y Gas	Agro-Silvic.	I.Fin y S. Emp
2008	89,0	10,8	22,4	20,0	7,0	0,5	0,9
2009	86,1	11,4	19,9	18,1	7,1	0,5	0,8
2010	87,4	13,6	17,7	17,9	7,5	0,5	1,0
2011	94,8	13,8	21,7	19,0	7,8	0,5	1,2
2012	99,9	13,7	22,2	18,7	9,2	0,5	1,1
2013	105,4	13,1	23,6	20,4	9,4	0,5	1,0

Tabla 3-2 Emisiones sectoriales por valor agregado

Año	Minería	Industria	Transporte	Electricidad y Gas	Agro-Silvic.	I.Fin y S. Emp
2008	0,8	2,3	8,0	1,1	0,2	0,1
2009	0,9	2,0	6,0	1,2	0,2	0,0
2010	0,8	1,6	5,8	1,1	0,1	0,1
2011	0,8	1,8	5,7	1,1	0,1	0,1
2012	0,8	1,8	5,9	1,2	0,1	0,0
2013	0,9	1,8	6,3	1,1	0,2	0,0

El gráfico 3-6 muestra la composición porcentual de las emisiones sectoriales (directas más indirectas) respecto del total de emisiones para cada año, no se aprecian cambios significativos.

Gráfico 3-6 Composición emisiones sectoriales

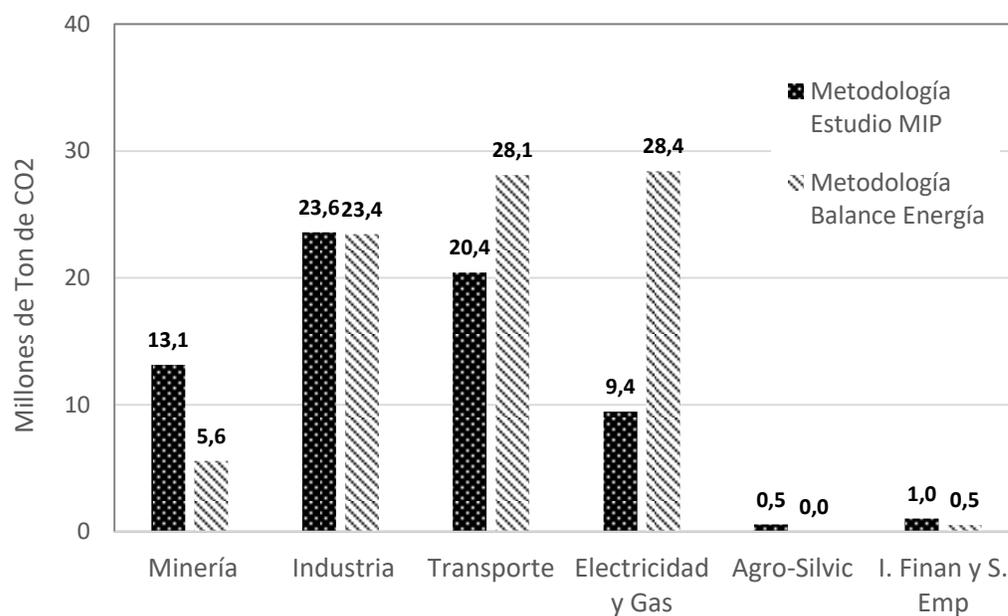


3.3 Comparación de resultados entre metodología MIP Y BNE

Se presenta el gráfico 3-7 donde se realiza una comparación para el año 2013, a nivel sectorial, de las dos metodologías comentadas. Como es de esperarse, el sector electricidad y gas aparece con una menor responsabilidad de las emisiones al realizar el cálculo a través de la metodología MIP, al igual que el transporte. Para el caso de la minería en cambio se observa que el cálculo de emisiones utilizando la metodología MIP entrega un mayor nivel de emisiones. En el capítulo 8 de anexos se encuentra el cálculo para los demás años.

Es importante mencionar que el balance de energía no presenta específicamente el consumo energético del sector Agropecuario-Silvícola, sin embargo la metodología MIP, al considerar los vínculos intersectoriales, sí permite tener una estimación en este sector.

Gráfico 3-7 Comparación a nivel sectorial MIP y BNE año 2013



Como se indicó, esta diferencia resulta del hecho de considerar las interacciones productivas entre los sectores y asignar las emisiones al producto del bien (ya sea final o intermedio). Por esta razón sectores aparentemente “sucios” en emisiones aparecen con menores indicadores en la medida en que actúan como sectores que proveen insumos o servicios a otros sectores.

3.4 Análisis de la composición de emisiones

En esta sección, se presenta la composición de las emisiones directas e indirectas de cada sector. En primera instancia, se muestran las emisiones directas e indirectas en términos porcentuales por sector en el gráfico 3-8; luego se presenta una desagregación de las emisiones indirectas sectoriales por cada por sector en el gráfico 3-9. Esto para el año 2013; en los anexos digitales se encuentran estos cálculos y gráficos para todos los años; la evolución temporal no tienen, en ninguno de los dos casos, algún cambio significativo.

Gráfico 3-8: Emisiones sectoriales directas e indirectas, año 2013

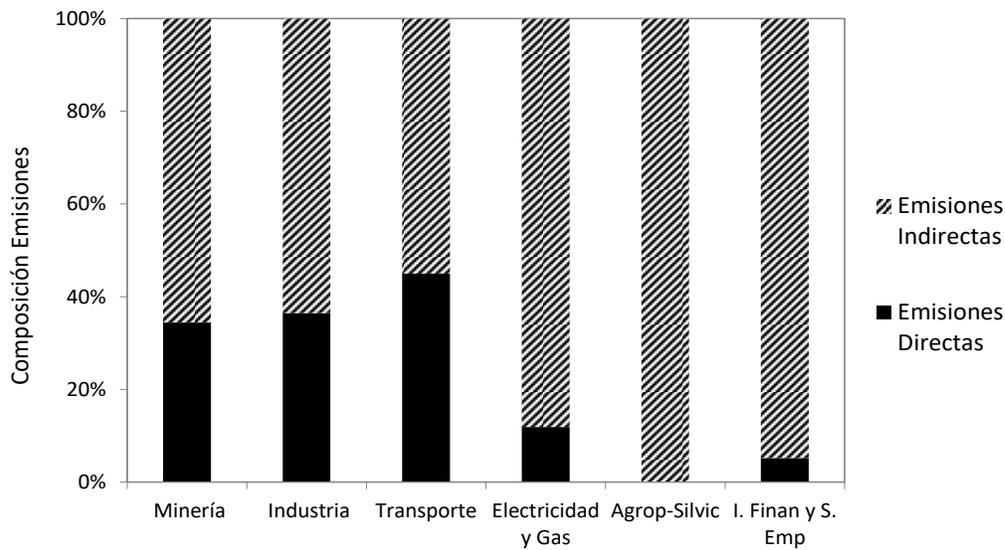
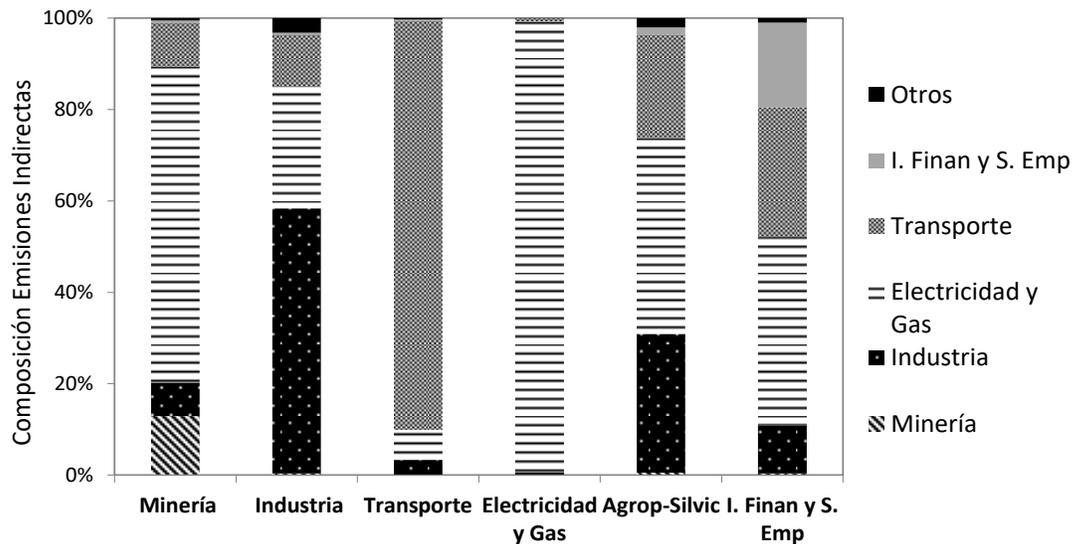


Gráfico 3-9: Composición de las emisiones indirectas por sector, año 2013



3.5 Industria Siderúrgica e industria Papel-Celulosa

Se han efectuado los cálculos para dos industrias en particular, se presenta la diferencia entre la metodología MIP y BE, para el año 2012 (gráfico 3-10). Además se presentan los gráficos de la evolución temporal (2008-2013) y de emisiones por unidad monetaria valor agregado (gráficos 3-11 y 3-12). Se aprecia que la industria del Papel y Celulosa presenta niveles altísimos de emisiones de CO₂ por unidad de valor agregado, superando en 2009, 2012 y 2013 las 20 Ton de CO₂ por MM\$, lo cual es catalogado como industria “muy sucia”.

Gráfico 3-10: Emisiones totales Siderurgia y Papel-Celulosa, MIP y BNE año 2012

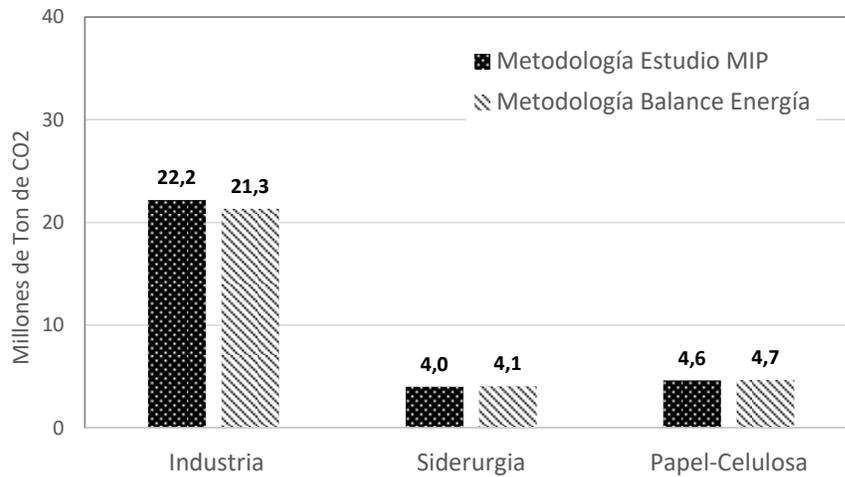


Gráfico 3-11: Evolución temporal emisiones: Siderurgia, Papel-Celulosa e Industria

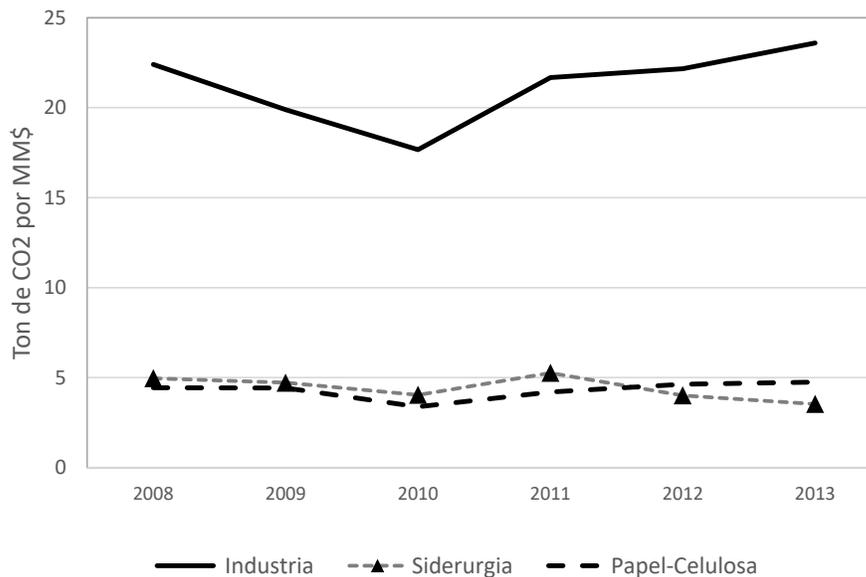
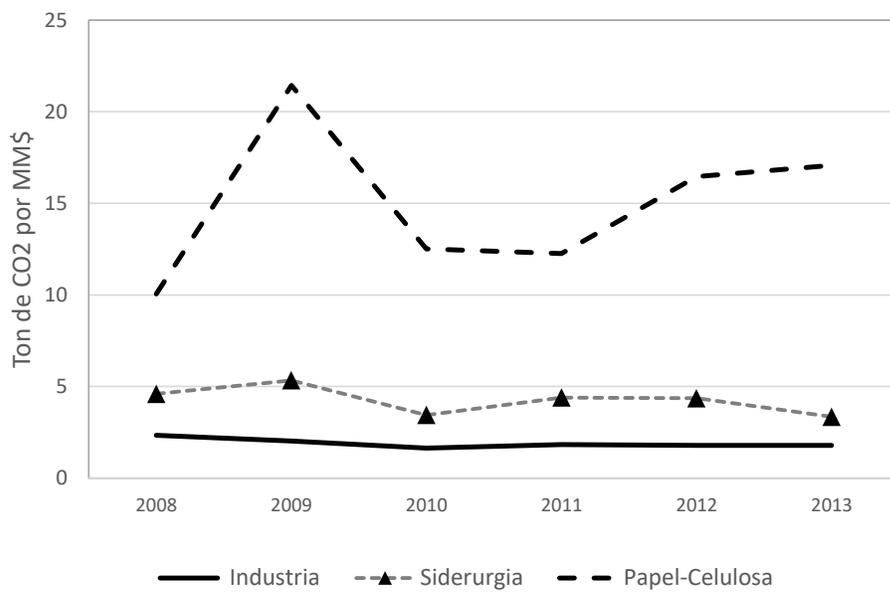


Gráfico 3-12: Evolución temporal emisiones por unidad de valor agregado sectorial: Siderurgia, Papel-Celulosa e Industria



4 ANÁLISIS DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES FRENTE A UN ALZA DEL IMPUESTO Y UN CAMBIO EN LA MATRIZ ELÉCTRICA

4.1 Alza en el impuesto a las emisiones de CO2

En esta sección se evalúan las consecuencias de aumentar el impuesto a las emisiones de CO2 utilizando la metodología MIP; se considera el aumento de US\$ 5 a US\$ 26 por ton de CO2. El primer valor dice relación con los impuestos verdes considerados en la reforma tributaria aprobada en 2015 para Chile y el segundo monto corresponde al valor que llevaría a una reducción sustantiva de las emisiones, de acuerdo García (2016). En una primera instancia se cuantifica la reducción en las emisiones sectoriales producto del alza del impuesto; posteriormente se efectúa una simulación de la recaudación sectorial con un impuesto de 5 y 26 US\$/ton CO2 mediante MIP. Se ha considerado con que un el impuesto de US\$ 5/ton CO2 no tiene efectos sobre la producción y como referencia el año 2013.

4.1.1 Reducción del de las emisiones de CO2 producto de un aumento del impuesto

Se considera que el impuesto de US\$ 5/ton CO2 no tiene efecto sobre la producción, sin embargo, el aumento a US\$ 26/ton CO2, sí lo tiene; para efectos del cálculo se consideran las elasticidades sectoriales de la tabla 4-1, obtenidas del estudio de García (2016). La tabla 4-2 muestra la reducción agregada para los 6 sectores y para el total de la economía. El gráfico 4-1 presenta la reducción de las emisiones utilizando la metodología MIP.

Tabla 4-1 Variación porcentual de la producción considerando el alza del impuesto a US\$ 26 por tonelada de CO2 emitida.

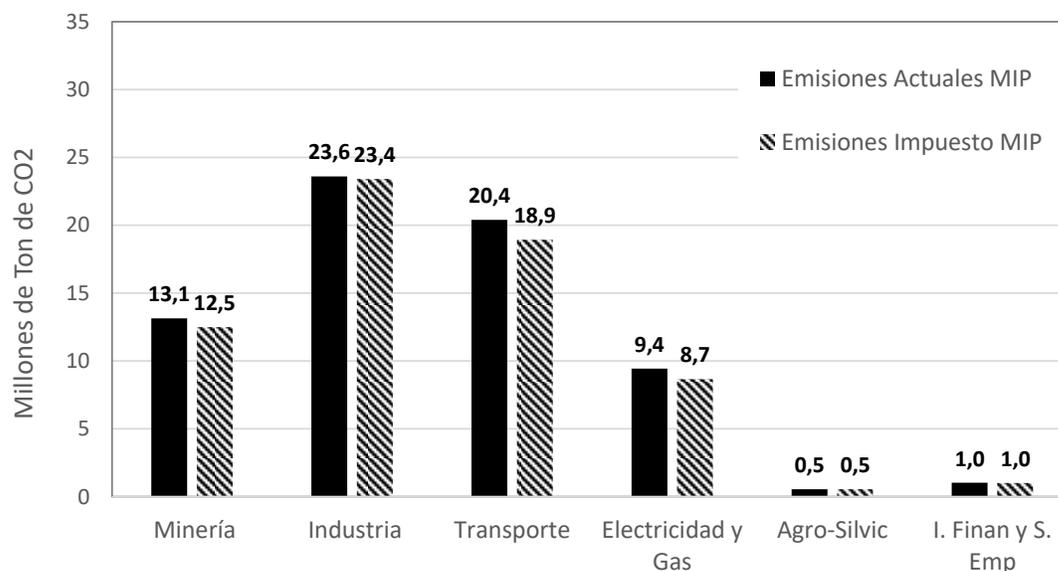
Sector	Variación porcentual de la producción
Minería ⁵	-4,9%
Industria	-0,8%
Transporte	-7,2%
Electricidad y Gas	-8,1%
Agro-Silvic	-0,3%
I. Finan y S. Emp	-2,2%

⁵ De acuerdo al último Reporte Anual del Consejo Minero de Chile, (Consejo Minero, 2015), la energía representa un 15% de los costos de la minería: electricidad 10% y combustibles 5%; se proyecta además que estos costos lleguen a más del 20% en el año 2020. Este 15% no considera usos indirectos de energía, donde predomina el sector de servicios de transporte.

Tabla 4-2 Total de emisiones (en millones de ton de CO2)

Escenario	Emisiones en los 6 sectores de estudio	Emisiones Totales
Actual	68,2	105,4
Impuesto US\$ 26/ton CO2	65,1	100,0

Gráfico 4-1 Reducción sectorial de las emisiones frente al alza del impuesto, MIP



4.1.2 Recaudación sectorial asociada al impuesto a las emisiones

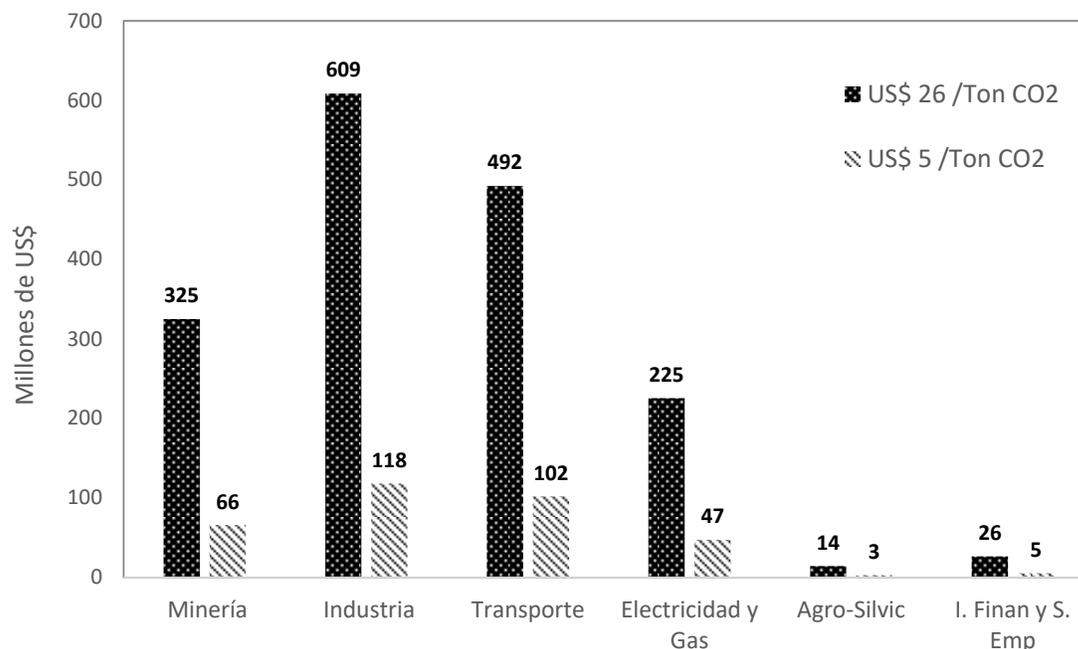
Se efectúa una simulación de la recaudación sectorial producto del aumento del impuesto a las emisiones, utilizando la MIP para el año 2013; el objetivo es efectuar una comparación bajo los dos escenarios del monto sectorial y del total recaudado.

La tabla 4-3 presenta la recaudación agregada de los 6 sectores de estudio y la recaudación total, aplicando considerando el impuesto de US\$ 5/ton CO2 y de US\$ 26/ton CO2. El gráfico 4-2 presenta la recaudación sectorial para ambos impuestos.

Tabla 4-3 Recaudación agregada por impuesto a las emisiones (en Millones de Dólares)

Escenario	Recaudación en los 6 sectores de estudio	Recaudación Total
Actual US\$ 5/ton CO2	341	527
Impuesto US\$ 26/ton CO2	1692	2610

Gráfico 4-2 Recaudación sectorial considerando impuesto



4.2 Efectos de un cambio en la composición de la matriz eléctrica

Se analiza, por sector, el efecto en las emisiones que tendría el escenario en que la matriz eléctrica se limpie en un 50%; esto se sustenta en el estudio “Una mirada participativa del rol y los impactos de las energías renovables en la matriz eléctrica futura”, 2016, liderado por la División de Energías Renovables del Ministerio del ramo, con la cooperación del Gobierno alemán y la asesoría de la Agencia Internacional de la Energía.

En efecto, el estudio indica que los sistemas eléctricos nacionales podrían albergar de forma eficiente un 68% de Energías Renovables (40% las no Convencionales). Hoy la matriz eléctrica presenta entre un 60-65% de Centrales Térmicas; asumiendo que es posible la penetración de Energías Renovables (Hidroeléctrica más ERNC) hasta un 68%, entonces la matriz se limpia en un 50%. La Tabla 4-4 ilustra esto de mejor forma.

Tabla 4-4: Energía renovable y no renovable bajo 2 escenarios

Matriz Eléctrica	Escenario Actual	Escenario Limpio
Energía Renovable	38%	68%
Energía No Renovable	62%	32%

Se presentan las emisiones de CO2 de la matriz eléctrica, gráfico 4-3; y el total el total de emisiones de CO2 de la matriz eléctrica respecto del total, gráfico 4-4. Esto ha sido

calculado en base a información del Ministerio de Energía sobre Generación Eléctrica y los Balances Nacionales de Energía. Para este análisis se ha considerado la metodología MIP.

Gráfico 4-3 Evolución de las emisiones de la matriz eléctrica

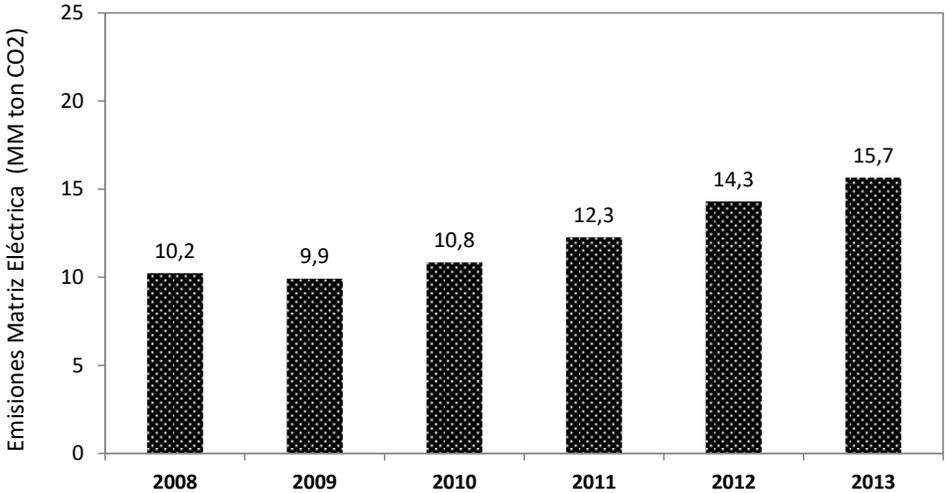
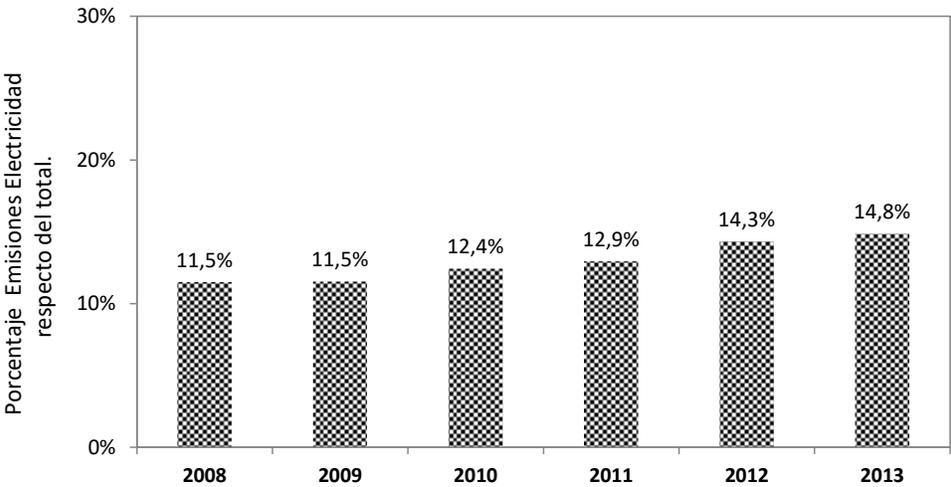
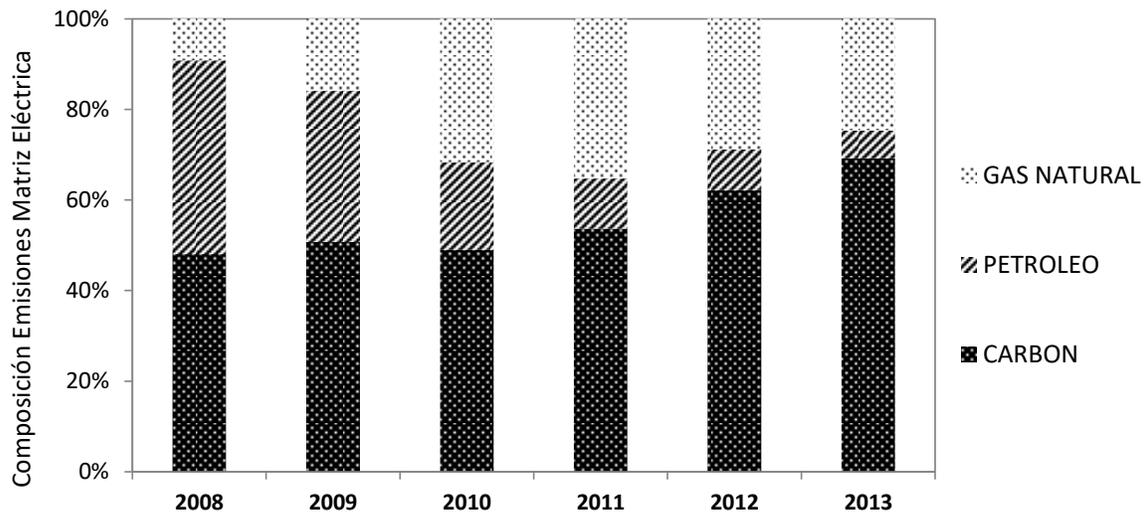


Gráfico 4-4 Evolución emisiones de la matriz eléctrica como porcentaje del total de emisiones.



A continuación se muestra en el gráfico 4-5 la composición de los combustibles fósiles asociados a la matriz eléctrica para el periodo 2008-2013. Este gráfico se ha construido con información sobre Generación Eléctrica del Ministerio de Energía. Se aprecia el aumento en el uso de carbón y gas natural respecto al petróleo.

Gráfico 4-5 Composición de emisiones matriz eléctrica



En la sección 8.2 del capítulo de anexos, se presenta la generación de electricidad según fuente para cada uno de los dos grandes sistemas de interconexión eléctrica en Chile, para el periodo 1999-2013. Estos son el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).

Se ha tomado el año 2013, para cuantificar el efecto de la limpieza de la matriz eléctrica sobre las emisiones sectoriales; la base para el cálculo consiste en la composición de las emisiones de cada sector (ver gráficos 3-8 y 3-9). Como se ha apreciado previamente, la composición de las emisiones por sector es bastante similar en el tiempo, y, dado que se aprecia una leve tendencia al aumento de las emisiones provenientes del sector Electricidad y Gas, es razonable tomar el año 2013.

Del sector Electricidad y Gas, las emisiones en 2013 asociadas a Electricidad corresponden al 55,5%, o sea 15,8 MM ton de CO₂. En este caso se consideran las emisiones con metodología Balance Energético, antes de la reasignación según metodología MIP. En otras palabras, lo que se reduce es el total de emisiones de sector, independiente de la interacción con los demás sectores; la clave está en que la metodología MIP permite reasignar de forma correcta esta disminución de 7,9 millones de toneladas. En 2013 las emisiones totales fueron de 105,4 MM Ton de CO₂, y con el escenario limpio pasan a 97,5 MM ton de CO₂: un 7,4% menos.

El procedimiento considera 2 efectos:

- i) Efecto directo: consiste en descontar a cada sector un 50% las emisiones provenientes de la Electricidad (55,5% del sector Electricidad y Gas). Es decir, para un sector A, si sus emisiones indirectas provienen en un 60% del sector Electricidad y Gas, ahora, este valor bajará a $60\% \times (100\% - 55\% \times 50\%) = 43,5\%$.

Notar que Electricidad y Gas es también un sector que depende de sí mismo en un 98,5%, por lo cual, evidentemente, presentará el efecto directo más significativo.

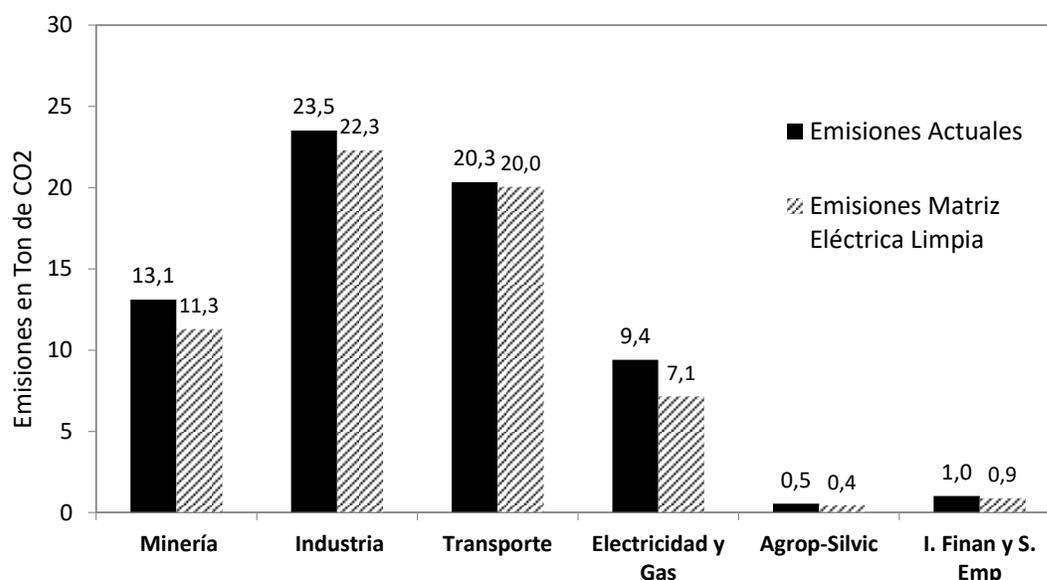
- ii) Efecto indirecto: dado que todos los sectores ven reducidas sus emisiones indirectas producto de la electricidad, estos van a traspasar menor cantidad de CO₂ a los demás sectores. Para ilustrar mejor esto, supongamos que el sector A recibe emisiones del sector B. Entonces el efecto indirecto del sector B sobre el sector A corresponderá a la emisiones provenientes del B, pero disminuidas en la proporción que el sector B disminuye sus emisiones debido al cambio en la matriz eléctrica. Es decir, si del sector A, un 20% de las emisiones provienen del sector B, y el sector B depende en un 40% de la electricidad. El sector A entonces reducirá sus emisiones provenientes del sector B, a $20\% \times 40\% \times (100\% - 55\% \times 50\%) = 14,2\%$.

El Gráfico 4-6 muestra las emisiones totales de cada sector con y sin considerar este cambio en la matriz eléctrica, tomando como base el año 2013. Se consideran los efectos directo e indirecto, mencionados previamente. El Gráfico 4-7 muestra la disminución porcentual de las emisiones por sector. En ambos casos se consideran los efectos directo e indirecto, mencionados previamente.

Se aprecia que, en términos porcentuales, los sectores que reducen más sus emisiones debido al cambio de la matriz eléctrica, corresponden al Agropecuario-Silvícola (19,4%), la Intermediación Financiera y Servicios Empresariales (14,1%) y la Minería (13,8%). Lo interesante aquí, es que en el sector Minería las emisiones indirectas provenientes del sector Electricidad y Gas son mucho mayores (en términos porcentuales, 69,1%) que las de los otros dos sectores (42,8% y 41,2%), sin embargo, la disminución de sus emisiones debido a la composición eléctrica no es mayor; esto se debe a que las emisiones directas de la Minería son porcentualmente mucho mayores que en el sector Agropecuario-Silvícola y la Intermediación Financiera y Servicios Empresariales.

Las emisiones de los sector Industria y Transporte dependen en menor medida del sector Electricidad y Gas (26,6% y 6,6%); por otra parte ambos sectores poseen ambos sectores presentan altas emisiones directas (45% y 36,5%, respectivamente). Esto repercute en el efecto del cambio en la matriz eléctrica en ambos sectores, sobretudo el Transporte que presenta una variación porcentual del 1,4% en sus emisiones producto de una limpieza del 50% de la matriz eléctrica.

Gráfico 4-6 Comparación de emisiones sectoriales asociadas a un cambio en la matriz eléctrica. MIP.



4.3 Impuesto a la Emisiones y Cambio en Matriz Eléctrica

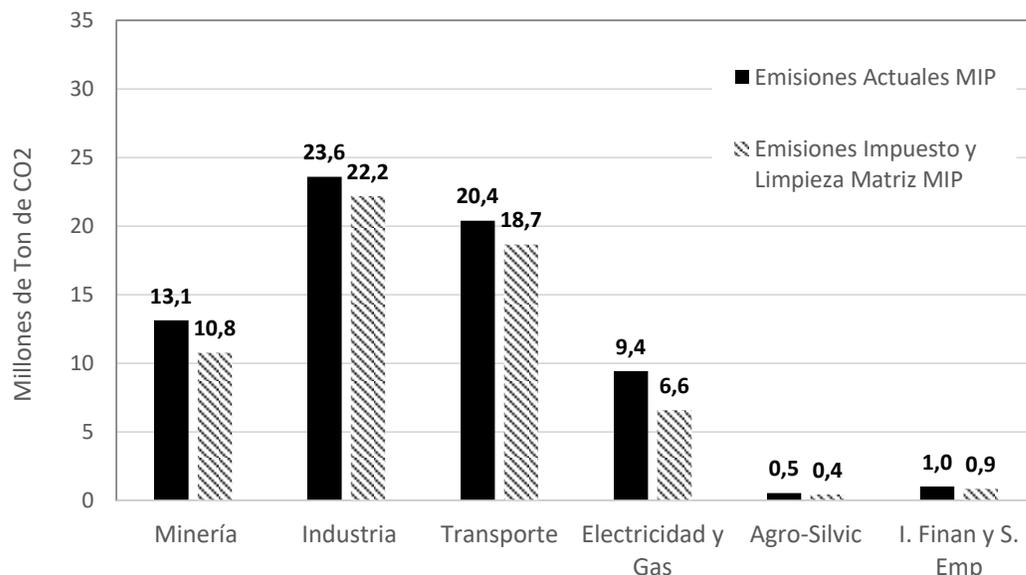
En esta sección se analiza el efecto conjunto sobre las emisiones sectoriales considerando la aplicación de un impuesto de US\$ 26/ton CO₂ y la limpieza de la matriz eléctrica. Respecto al impuesto se considera una disminución de la producción (García, 2016); para el efecto de la electricidad se consideran las disminuciones porcentuales calculadas en la sección previa (4.2).

La tabla 4-5 muestra los montos de reducción agregados. El gráfico 4-7 muestra la reducción conjunta de las emisiones considerando la metodología MIP.

Tabla 4-5 Reducción de emisiones considerando impuesto y limpieza de la matriz eléctrica (En millones de ton de CO₂).

Escenario	Emisiones en los 6 sectores con MIP	Emisiones Totales
Escenario Actual	68,2	105,4
Impuesto y Limpieza Matriz Eléctrica	59,5	92,8

Gráfico 4- Emisiones sectoriales asociadas al alza del impuesto a US\$ 26/ Ton CO2 y una limpieza del 50% de la matriz eléctrica. MIP



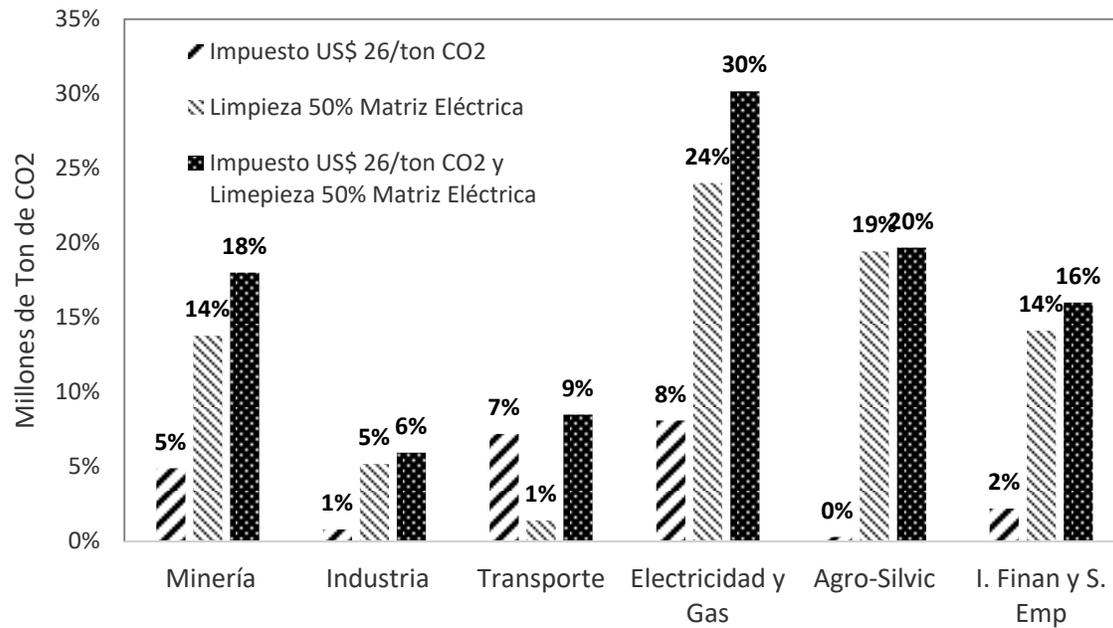
4.4 Comparación de Escenarios

Se presentan en esta sección la variación porcentual de las emisiones asociada a 4 escenarios, utilizando la metodología MIP:

- Impuesto de US\$ 26 / ton de CO2
- Limpieza del 50% de la matriz eléctrica
- Impuesto de US\$ 26 / ton de CO2 y limpieza del 50% de la matriz eléctrica

Como se aprecia en el gráfico 4-8, el cambio en la composición de la matriz eléctrica tiene un efecto 3 veces mayor en la reducción de las emisiones de CO2 que un impuesto de US\$ 26 / ton de CO2, para los 6 sectores de estudio. Se desprende de esto que un mecanismo para lograr una mayor reducción en las emisiones consiste en destinar parte de la recaudación asociada al impuesto al financiamiento de proyectos de generación eléctrica no contaminante, principalmente energías renovables no convencionales (ERNC).

Gráfico 4-8 Disminución porcentual en las emisiones bajo 3 escenarios



5 COMPARACIÓN CON OTRAS ECONOMÍAS

Esta sección pretende dar cuenta de la posición de Chile en el escenario internacional, para ello se establecen comparaciones con 10 economías: Australia, Brasil, Canadá, Noruega, Perú, Portugal, Sudáfrica, Suecia, Reino Unido y Estados Unidos. La elección de estos países se ha basado en tres criterios: i) existencia de datos comparables con Chile, ii) economías con un sector de recursos naturales significativo y iii) países que han tenido éxito en desacoplar el crecimiento de las emisiones de CO₂. Lo anterior no significa necesariamente que todos los países cumplan con los criterios ii) y iii), algunos de ellos cumplen con ambos criterios y otros sólo con uno.

Los datos utilizados corresponden a la base de indicadores de desarrollo mundial, (Banco Mundial, 2016). Es necesario aclarar que en ningún momento se consideran los cálculos efectuados con las metodologías previamente utilizadas en este estudio, dado que el objetivo aquí es comparar y para ello se requiere una metodología homogénea. De todas formas los datos del Banco Mundial en general reflejan los órdenes de magnitud de los calculados en este trabajo con leves sobreestimaciones en relación a la metodología aquí presentado, lo que atribuimos al uso de información con un menor nivel de desagregación.

5.1 Comparación Estática

La comparación se efectúa en los siguientes niveles:

1. Emisiones totales de CO₂
2. Emisiones de CO₂ por unidad de PIB
3. Emisiones de CO₂ per cápita
4. Composición Sectorial de las emisiones de CO₂

El primer nivel corresponde a la emisión en términos absolutos de CO₂ equivalente para los países, al año 2012, la tabla 5-1 presenta los montos. Este indicador no dice mucho respecto a qué tan contaminante es un país, en términos de lo que se produce en su territorio; los niveles siguientes sí representan indicadores de cierta manera comparables, que enriquecen la comparación para un determinado año, 2012 en este caso.

Tabla 5-1: Emisiones de CO2 por país, Año 2012

País	Emisiones totales en millones de Ton CO2
Chile	120,7
Australia	761,7
Brasil	2989,4
Canadá	1027,1
Noruega	63,5
Perú	74,8
Portugal	72,5
Sudáfrica	450,6
Suecia	65,8
Reino Unido	585,8
Estados Unidos	6343,8

Pasando al segundo y tercer nivel de comparación, se presentan los datos para la comparación de todos los países descritos. Los gráficos 5-1 y 5-2 muestran las emisiones por unidad de PIB y per cápita, tomando como año de referencia el 2012.

Al analizar los datos de emisiones por unidad de producto se observa que Chile presenta una mayor nivel de emisiones que Suecia, Noruega, Perú, Portugal, Reino Unido, mientras que tiene menores emisiones que Brasil, Australia, Canadá, Sudáfrica, y Estados Unidos; Chile está bajo el promedio (0,42 Ton CO2 por Miles de US\$). Los países que están sobre Chile son en general muy intensivos en la explotación de recursos naturales y con matrices energéticas con un alto nivel de combustibles fósiles, particularmente Australia y Brasil.

En términos de emisiones per capita los resultados comparativos son un tanto distintos, Chile sólo supera a Perú, y representa cerca del 50% del nivel promedio (13,4 Ton CO2). Del resto de los países destaca el alto nivel de emisiones de Australia (32 Ton CO2) y Canadá (28,6 Ton CO2), entre 4-5 veces el valor para Chile, ambas economías dependientes de combustibles fósiles, con un PIB mucho más alto que el de Chile, pero con una población baja.

Chile, en relación a estos países presenta una economía relativamente limpia, lo preocupante es que esto es sólo una foto (año 2012), como se ve en el gráfico 5-1 las emisiones en la economía chilena crecen en los últimos años mucho más que los demás países.

Es interesante lo que sucede con algunas economías, como el caso de Brasil, que es la más sucia en emisiones por unidad de PIB, sin embargo, en emisiones per cápita, está bajo el promedio; esto tiene la explicación es la alta cantidad de población en este país, la inmensa heterogeneidad de los Estados Federales y gran cantidad de personas que no

participan de la economía formal. Fenómeno similar ocurre para Sudáfrica. Otro país interesante es EEUU, donde ocurre lo contrario, está muy sobre el promedio en emisiones por unidad de PIB y bajo el promedio en emisiones per cápita; a diferencia de Brasil, EEUU pese a tener un alto nivel de población, la mayor parte de ella participa de la economía formal, lo cual repercute en un mayor PIB y emisiones per cápita.

Gráfico 5-1. Emisiones de CO2 por PIB en ton CO2 por miles de US\$. Línea horizontal corresponde al promedio de los 11 países.

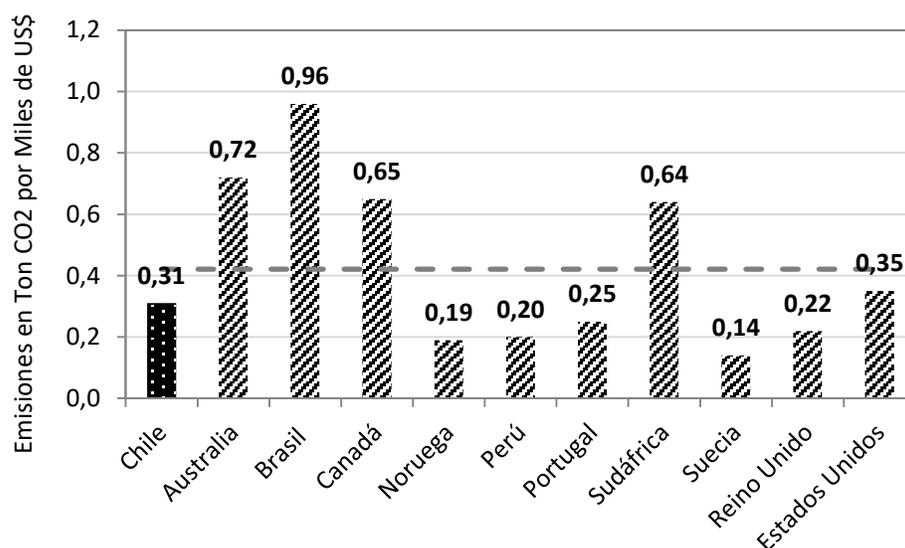
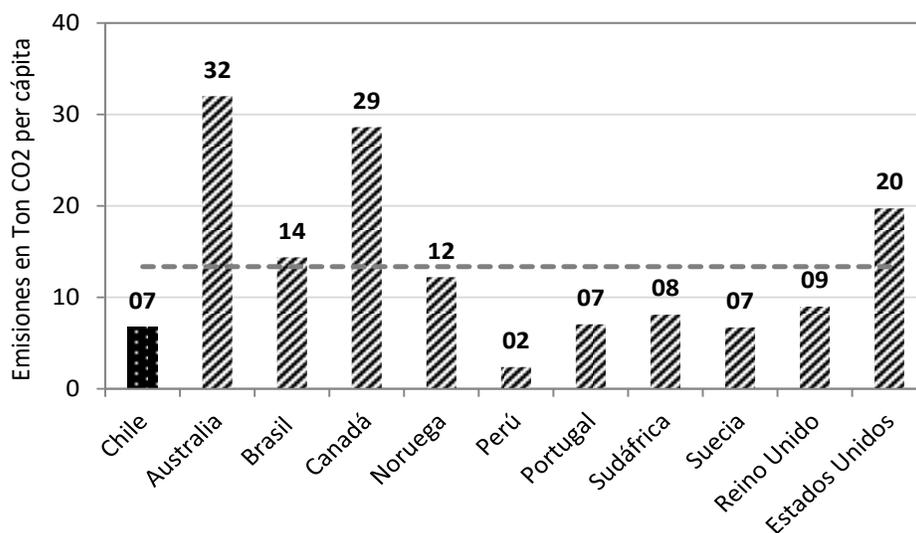


Gráfico 5-2. Emisiones de CO2 per cápita en ton de CO2. Línea horizontal corresponde al promedio de los 11 países.



El cuarto nivel de comparación, sectorial, se efectúa con los 10 países, para el año 2012 (datos completos). En el gráfico 5-3 se ilustra la composición sectorial de las emisiones para Chile y los demás países. El gráfico 5-4 muestra a Chile comparado con el promedio de las 11 economías (incluye Chile).

Chile presenta una estructura muy similar al promedio (gráfico 5-4), donde se aprecia que el sector Transporte es un poco menor al promedio y el sector Electricidad y Calor un poco mayor. En los sectores Residencial, Servicios Públicos y Comerciales, e Industria Manufacturera, Chile presenta un nivel casi igual al valor promedio.

La composición de emisiones de Chile es muy parecida a la de Portugal. Con respecto a los países de la región, Brasil y Perú, Chile presenta diferencias significativas, principalmente en el sector Electricidad y Calor, en el cual las emisiones para Chile son mayores; y en el sector de la Industria Manufacturera donde Chile presenta menores emisiones relativas al total. Esto último puede explicarse en la menor cantidad de Industrias Manufactureras en Chile, respecto a estos dos países; hay que tener en cuenta que este sector incluye la Minería, sin embargo, el razonamiento sigue siendo válido pues Chile, Brasil y Perú tienen sectores Mineros muy similares en cuanto al PIB. En relación a la Electricidad y Calor, Chile tiene una matriz eléctrica bastante amplia en relación a su territorio y esta abastece a gran cantidad de la población e industria; en Brasil hay muchos sectores industriales que utilizan directamente combustibles (caldera, turbinas, generadores), lo cual hace que el sector Electricidad y Calor sea, en términos relativos, menor al de Chile.

Finalmente, los Sectores Electricidad y Calor, y Transporte son los que más emiten en todos los países, siendo Sudáfrica donde la mayor parte de las emisiones totales provienen Electricidad y Calor y Suecia, el país donde la mayor parte de sus emisiones proviene del Transporte.

Cabe destacar, que los datos de esta sección son coherentes con lo calculado para Chile en este estudio mediante el Método del BNE, los cálculos del Banco Mundial no utilizan la Metodología MIP.

Gráfico 5-3: Composición porcentual de las emisiones por sector económico. (Año 2012)

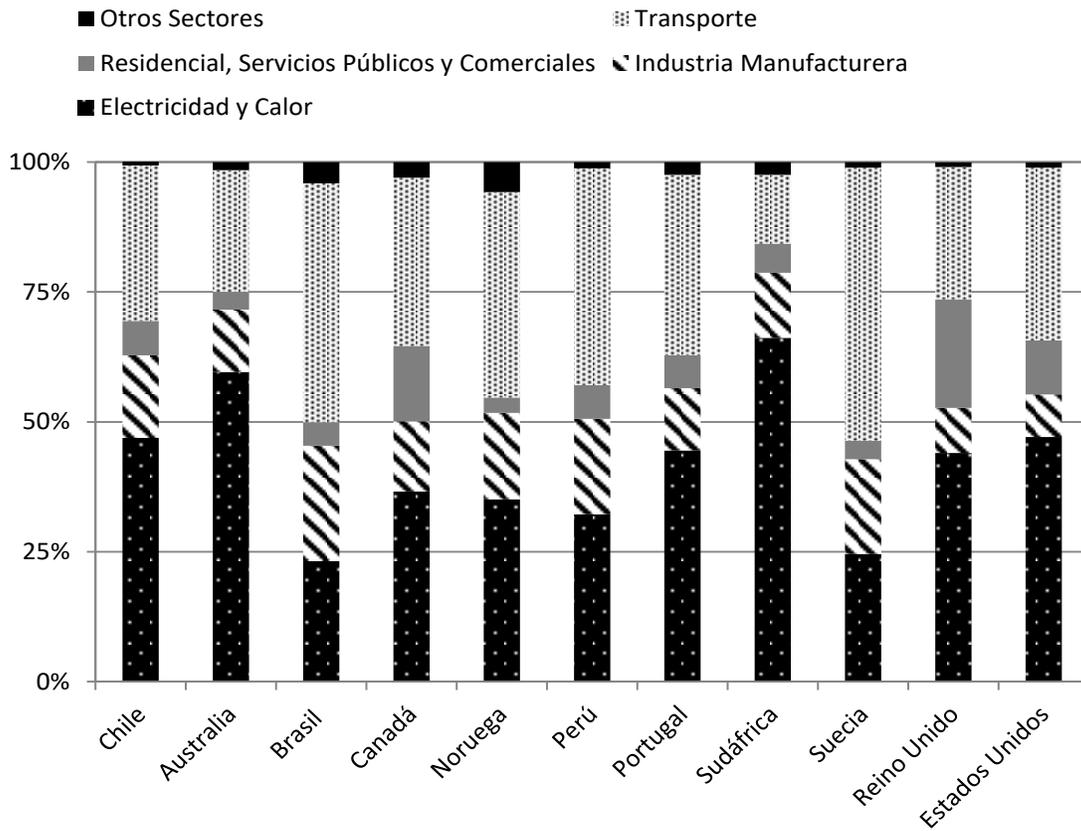
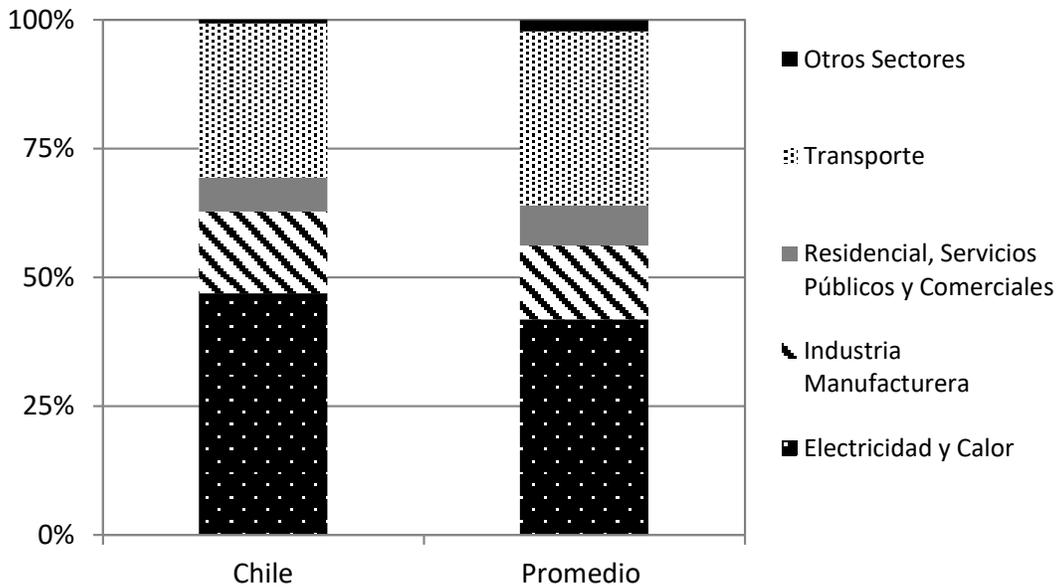


Gráfico 5-4: Composición porcentual de las emisiones por sector: Chile vs Promedio. (Año 2012)



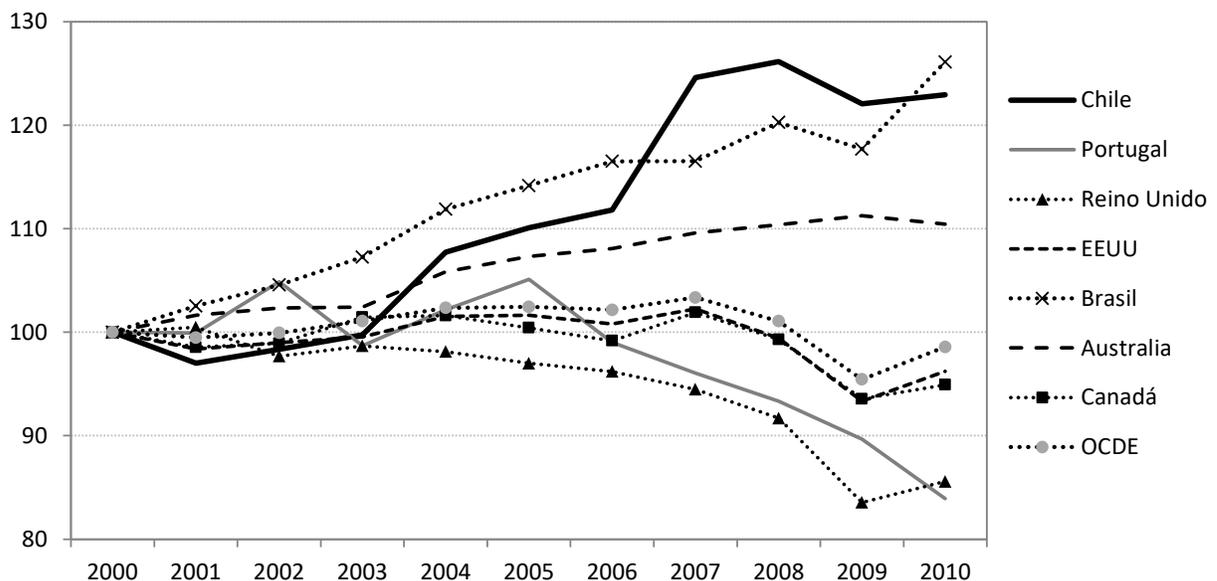
5.2 Comparación Dinámica

5.2.1 Evolución temporal de las emisiones de CO2

Si bien Chile presenta niveles de emisiones per cápita y por unidad de PIB menores que la mayoría de los países utilizados en la comparación, lo preocupante es la tendencia de estos indicadores: mientras en la mayoría de las economías los niveles de emisiones van a la baja, para el caso chileno se observa un aumento sistemático en los indicadores.

El Gráfico 5-5 muestra las emisiones por unidad de PIB entre 2000 y 2010 (con base 100 en el año 2000); en esta comparación se han utilizado sólo los países para los cuales se cuenta con la información completa. Chile junto a Brasil son los dos países que presentan un mayor aumento en sus emisiones totales (22,9% y 26,1% respectivamente). El resto de los países registra disminuciones en sus niveles de emisiones con la excepción de Australia que presenta un 10,4% de aumento. Como se ha mencionado previamente, parte de la explicación de la disminución para la mayoría de las economías podría deberse al efecto del cambio estructural que ha reducido el peso del sector industrial en muchas de las economías analizadas a través de la “externalización” de la producción hacia otros países con menores costos de mano de obra y regulaciones más laxas en materias medioambientales. A pesar de esto y como se mencionó previamente, el aumento de emisiones para el caso chileno se debe en gran medida a la intensificación de uso de combustibles fósiles lo que indica una tendencia que debe ser revertida si se quiere aspirar a una economía que compatibilice crecimiento económico con bajos niveles de emisiones.

Gráfico 5-5 Comparación emisiones CO2 por unidad de PIB (Base 100 año 2000)



5.2.2 *Crecimiento y Emisiones de CO2*

Al analizar la relación entre alguna medida de producción y alguna medida de emisiones, la literatura descompone el efecto final en tres efectos: (i) Efecto Escala, (ii) Efecto composición y (iii) Efecto técnico.

El efecto escala refleja el simple hecho de que una economía con mayor nivel de ingreso per cápita consume y produce un mayor número de bienes y servicios. En ausencia de cambio en la composición sectorial (efecto composición) y en la tecnología de producción (efecto técnico), un nivel de producción mayor (una *escala* mayor de producción) implica un aumento en las emisiones, fundamentalmente debido al mayor uso de energía. El efecto escala posee signo no ambiguo: siempre un aumento en el nivel de producción – manteniendo todo lo demás constante – implica un mayor nivel de emisiones.

El efecto composición recoge el efecto sobre las emisiones que tiene un cambio en la estructura sectorial/productiva. Un país que progresivamente disminuye la participación de los sectores sucios (Ej: industria), manteniendo constante la escala de producción y la tecnología utilizada, presentará una disminución en su nivel de emisiones. Lo contrario ocurre si los sectores sucios aumentan su participación en la producción. El signo de este efecto es ambiguo: el resultado final será un mayor nivel de emisiones si los sectores que se expanden son menos intensivos en energía que los sectores que contraen su participación en la producción.

Finalmente el efecto técnico o tecnológico captura el efecto que tiene sobre el nivel de emisiones la producción de bienes y servicios con tecnologías más “limpias”, que implican un menor nivel de emisiones por cada unidad producida. Manteniendo constante la composición estructural de la economía, si este efecto es lo suficientemente grande, resultará posible observar aumentos en el nivel de producción a la par de disminución en el nivel de emisiones, es decir el efecto técnico puede contrarrestar el efecto escala.

Un análisis acabado del fenómeno de las emisiones debe considerar estos tres tipos de efectos. Pero además se debe considerar un fenómeno que puede oscurecer al análisis para el caso del efecto composición, que se refiere a la “fuga” o salida de las industrias sucias desde un país “desarrollado” (y posiblemente con un mayor nivel de legislación ambiental y atención ciudadana) hacia países menos desarrollados que presentan institucionalidad ambiental más débil y escasa atención ciudadana sobre estas materias⁶.

Por ello resulta engañoso un análisis que concluya que ciertos países han sido exitosos en desacoplar sus emisiones del crecimiento, si no se comprende que en buena medida esto podría deberse (i) a la salida del país de las industrias más sucias o (ii) por el mecanismo

⁶ Este fenómeno en la literatura se denomina “leakage”.

de sustitución entre productos nacionales e importados. En ambos casos se predice una caída en la participación del sector industrial en la economía.

Es por ello que también puede llevar a conclusiones erróneas el análisis de la huella de carbono tan sólo a nivel territorial sin considerar las implicancias globales o sistémicas de dicho proceso. Puede que un país vea disminuida su huella de carbono pero a costa de aumentar la huella a nivel global.

De los 21 países mencionados en un informe del World Resources Institute⁷ (WRI) como casos exitosos de desacoplamiento entre producción y emisiones, más del 90 por ciento presenta reducciones en la participación del sector industrial.

A continuación se presenta en la Tabla 5-2 con 21 países que han disminuido sus emisiones y han registrado tasas positivas de crecimiento económico durante el periodo observado. La última fila presenta la situación para Chile.

Tabla 5-2 Países con disminución de emisiones y aumento del crecimiento.

País	Var. en CO2 (2000-2014) Porcentual	Var. en CO2 (2000-2014) Millones de Ton	Var. PIB Real (2000-2014) Porcentual	Var. en ratio Ind/PIB (2000-2013) Porcentual
Dinamarca	-30%	-17	8%	-5,0%
Ucrania	-29%	-99	49%	-10,0%
Hungría	-24%	-14	29%	-2,0%
Portugal	-23%	-16	1%	-6,0%
Rumania	-22%	-21	65%	-1,0%
Eslovaquia	-22%	-9	75%	-3,0%
Reino Unido	-20%	-120	27%	-6,0%
Francia	-19%	-83	16%	-4,0%
Finlandia	-18%	-11	18%	-9,0%
Irlanda	-16%	-7	47%	-9,0%
Rep. Checa	-14%	-18	40%	-0,3%
España	-14%	-48	20%	-8,0%
Bélgica	-12%	-20	21%	-6,0%
Alemania	-12%	-106	16%	-1,0%

⁷ The Roads to Decoupling: 21 Countries Are Reducing Carbon Emissions While Growing GDP, World Resources Institute, 2016.

País	Var. en CO2 (2000-2014) Porcentual	Var. en CO2 (2000-2014) Millones de Ton	Var. PIB Real (2000-2014) Porcentual	Var. en ratio Ind/PIB (2000-2013) Porcentual
Suiza	-10%	-4	28%	-0,3%
Holanda	-8%	-19	15%	-3,0%
Suecia	-8%	-5	31%	-4,0%
Estados Unidos	-6%	-382	28%	-3,0%
Bulgaria	-5%	-2	62%	2,0%
Austria	-3%	-2	21%	-3,0%
Uzbekistán	-2%	-2	28%	10,0%
<i>Chile</i>	33%	26	72%	3,1%

Sólo se observan dos casos (Bulgaria y Uzbekistán) que registran un aumento en el peso del sector industrial en la economía asociado a una disminución de las emisiones en el periodo considerado.

En el resto de los casos las emisiones vienen acompañadas de disminuciones en el peso del sector industrial. Es posible especular que esto ha permitido en buena medida la disminución de emisiones (el menos territorialmente) pero no se sabe a ciencia cierta el efecto de ese cambio sobre el nivel global/agregado de emisiones.

Los análisis usuales de la relación entre PIB per cápita y emisiones per cápita que caen dentro del concepto de "Curva Ambiental de Kuznets" fallan por ende si no son considerados los efectos del cambio estructural y de las tecnologías limpias y pueden originar interpretaciones espurias acerca de la relación entre producto y emisiones. El uso del instrumental econométrico en este caso se vería enriquecido por un enfoque semi-estructural que incorpore por ejemplo la información de un análisis basado en la MIP.

6 IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PÚBLICO-PRIVADAS PARA LA MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO2

6.1 Aspectos generales respecto a estrategias para mitigar emisiones de CO2

Chile se ha comprometido a reducir en acuerdos internacionales a reducir sus emisiones de CO2 por unidad de PIB en un 30% respecto al nivel alcanzado en el año 2007⁸; esto considerando un crecimiento económico futuro que permita implementar las medidas necesarias para alcanzar esta meta.

En general, no existe una política pública o formula única que permita reducir de manera efectiva las emisiones de GEI. Suecia por ejemplo ha implementado un elevado impuesto a las emisiones de CO2 (US\$ 130 por tonelada de CO2) mientras que Dinamarca se ha enfocado en promover un rápido crecimiento de las energías renovables. Por otro lado, en muchos casos el aparente éxito en la reducción de emisiones está asociado al fenómeno del cambio estructural donde se observa una reducción de la participación del sector industrial en las economías. De hecho más del 90% de los países que han logrado desacoplar el crecimiento del PIB de las emisiones entre el 2000 y el 2014 presentan una disminución de la participación del sector industrial en sus economías. Lo anterior permite reducir a nivel doméstico las emisiones pero no asegura que lo mismo ocurra a nivel global, pues el fenómeno que se encuentra detrás de esta desindustrialización es muchas veces el traslado de las industrias más contaminantes hacia países con legislaciones más laxas que están dispuestos a soportar un mayor nivel de emisiones con tal de aumentar la inversión en los sectores industriales.

Sin embargo existen algunos indicios alentadores, de acuerdo a la International Energy Agency (IEA) en los últimos dos años la economía global ha crecido en un 6,5 por ciento mientras que las emisiones de CO2 no han aumentado. Esto se ha debido, según un reciente estudio de la Frankfurt School of Finance and Management (2005) al enorme crecimiento de las energías renovables no convencionales. El último año las inversiones en capacidad asociadas a energías renovables tales como solar y eólica duplicaron a las inversiones relacionadas al desarrollo de centrales basadas en la quema de combustibles fósiles. China fue responsable del 36 por ciento de estas inversiones, lo que se explica por la disminución del costo de este tipo de energía: en China el costo de los equipos fotovoltaicos ha caído en un 80% en la década pasada.

Se desprende de lo anterior que una política orientada a disminuir de manera efectiva la huella de carbono para una economía debiera basarse en diversos instrumentos fiscales

⁸ Ministerio de Energía – Chile (2015)

tales como impuestos o subsidios, además de desarrollar un marco institucional que promueva el desarrollo de energías renovables.

En Chile, la reciente reforma tributaria ha incorporado – aunque de manera bastante tímida en términos comparativos – los denominadas “impuestos verdes”. En particular se ha fijado un impuesto de US\$ 5 por tonelada de CO₂ emitida. Este impuesto sólo se aplica a fuentes fijas cuya capacidad de generación sea mayor o igual a 50 megavatios térmicos (MWt)⁹.

En términos de impacto, el estudio de Montero et al. (2015), compara la evolución de la matriz de generación eléctrica bajo un escenario sin impuesto versus la evolución bajo un escenario con el impuesto de US\$ 5/ton. Se estiman reducciones del orden de 3 millones de toneladas de CO₂ (6% del total) al 2020 y 6 millones al 2030 (11% del total). De acuerdo al estudio, para el período 2017-2030 la reducción acumulada alcanzaría los 59 millones de toneladas lo que se explicaría fundamentalmente por el reemplazo de un 3% de la generación basada en combustibles fósiles por generación eólica e hidroeléctrica.

Las experiencias de otros países indican que la propuesta chilena se encuentra bastante por debajo de los estándares internacionales, la mayoría de los países han sido bastante más decididos en gravar las emisiones: US\$ 130/ton (Suecia), US\$ 62/ton (Suiza), US\$ 52/ton (Noruega), US\$ 25/ ton (Dinamarca), US\$ 22/ton (Irlanda), US\$ 19/ ton (Eslovenia), US\$ 16/ton (Francia) por citar algunos de los mencionados en el informe del Banco Mundial (2015). La Tabla 6-1 muestra los impuestos que se aplican a las emisiones de CO₂ en distintos países; si bien no son totalmente comparables, debido a que no se gravan todas las emisiones en cada país, éstos montos son de gran utilidad para situar a Chile en un escenario internacional, donde aparece como el país que menos grava las emisiones de CO₂. Se debe tener en cuenta que según lo reportado por la OCDE (2016), en Chile sólo el 26% de las emisiones estaría afecto al impuesto verde¹⁰.

⁹ Artículo 8°.- Establécese un impuesto anual a beneficio fiscal que gravará las emisiones al aire de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de carbono (CO₂), producidas por establecimientos cuyas fuentes fijas, conformadas por calderas o turbinas, individualmente o en su conjunto sumen, una potencia térmica mayor o igual a 50 MWt (megavatios térmicos), considerando el límite superior del valor energético del combustible. El impuesto de este artículo afectará a las personas naturales y jurídicas que, a cualquier título, haciendo uso de las fuentes de emisión de los establecimientos señalados precedentemente, generen emisiones de los compuestos indicados en el inciso anterior. En el caso de las emisiones al aire de material particulado (MP), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂), el impuesto será equivalente a 0,1 por cada tonelada emitida, o la proporción que corresponda, de dichos contaminantes...”

¹⁰ Para un revisión de las políticas en países desarrollados, ver OCDE (2013)

Tabla 6-1 Impuesto a las emisiones de CO2 en otros países.

País	US\$/tCO2
Suecia	130
Finlandia	64
Suiza	62
Noruega	52
Finlandia	48
Reino Unido	28
Dinamarca	25
Irlanda	22
Eslovenia	19
Francia	16
Islandia	8
Portugal	6
Chile	5
Nueva Zelanda	5

Otro elemento interesante se refiere al “Corporate Carbon Pricing” que las empresas en forma incipiente, pero cada vez en mayor medida, han empezado a implementar. El considerar explícitamente un precio para el carbono se ha convertido en una herramienta cada vez más común en las decisiones de negocios. Incorporar este precio al análisis financiero posibilita identificar y valorar los potenciales ahorros en costos – así como posibles mayores ingresos – derivados de invertir en procesos bajos en emisiones.

Respecto a los impuestos verdes del caso chileno, vale la pena reflexionar tanto sobre su bajo nivel como sobre su base de aplicación. En efecto, ya se indicó que el impuesto a las emisiones establecido en la reciente legislación tributaria chilena es relativamente bajo en comparación con políticas similares implementadas en otros países.

Por otro lado parece sensato desde el punto de vista económico que dicho impuesto fuese de base amplia y pudiera gravar las emisiones de todos los sectores de la economía¹¹. Sólo así se generarían los incentivos correctos en términos de señales de precios que podrían inducir de manera efectiva una transición hacia una matriz energética más limpia.

Adicionalmente se debe considerar la posibilidad de vincular de manera explícita los ingresos tributarios de dichos “impuestos verdes” con el desarrollo y promoción de tecnologías bajas en emisiones, así como en medidas de mitigación de los impactos. Este

¹¹ Ver un listado completo de propuestas en The Mining Association of Canada (2016). Para el caso de Estados Unidos, ver World Resources Institute (2015).

resulta ser un punto central: cualquier política que tenga por fin una disminución de las emisiones debe considerar un apoyo decidido al desarrollo e implementación de tecnologías que permitan disminuir dichas emisiones, lo cual requerirá necesariamente inversiones de capital que podrían incluir asociaciones público-privadas.

Finalmente se debe estar consciente de la importancia de la acción temprana: por un lado debido a la inercia que presentan las emisiones respecto a la marcha del crecimiento económico, pero por otro lado porque las economías que transiten más rápidamente hacia la producción de bienes y servicios bajos en emisiones o derechamente carbono-neutrales, serán las que tengan ventajas comparativas en un futuro cercano. Las posibilidades de negocio y las preferencias de los consumidores están cada vez más enfocadas en bienes y servicios que apunten a la sustentabilidad ambiental y por ende un “sello verde” podría ser una herramienta de valor agregado que permita aprovechar oportunidades de negocios para los países y empresas que realicen la transición.

En este mismo sentido se debe considerar políticas públicas que promuevan la eficiencia energética a nivel residencial y comercial. Una de las conclusiones relevantes del presente estudio es que no existe una única forma comúnmente aceptada para el cálculo de la huella de carbono. Dependiendo del enfoque los resultados pueden ser bastante significativos a nivel sectorial (no a nivel agregado), esto sin duda debe estar presente en las discusiones de política pública y estrategias público-privadas.

Un elemento fundamental en la discusión es si los impuestos a las emisiones deben ser aplicados considerando sólo los combustibles que utilizan los sectores de manera directa o incluyendo además las interacciones sectoriales, las emisiones contenidas en insumos que no van a consumo final, MIP. También se debe considerar la posibilidad de aplicar un impuesto de base amplia a cualquier tipo de emisión.

Los resultados en términos de incentivos son diferentes en cada caso: si el impuesto se carga sobre el productor que utiliza la energía “contaminante” esto podría inducir a dicho productor a buscar energías sustitutas por las que su uso no pague impuesto, generando un efecto positivo sobre la demanda de energías más limpias. En caso que el impuesto se carga a las fuentes fijas (emisores) éstos podrían asumir el mayor costo pero no se generaría ningún incentivo de precios que induzca una transición hacia una matriz energética más limpia.

6.2 Discusión en torno a la aplicación de la metodología MIP para gravar las emisiones de CO₂¹²

Es posible constatar que los efectos de un impuesto a las emisiones dejan de ser triviales si reconocemos que al menos pueden existir dos enfoques para considerar la “base gravada”: el enfoque basado en BNE grava a los sectores de acuerdo a su uso directo de combustibles mientras que el enfoque MIP gravaría a los sectores de acuerdo a la cantidad de CO₂ equivalente que contenga cada unidad producida en un sector específico, considerando las emisiones “incorporadas” en los insumos que utiliza y no sólo el combustible utilizado.

El segundo enfoque podría producir incentivos más poderosos para producir un cambio hacia el uso de energías que generen un menor nivel de emisiones: si los productores saben que se les cobrará por las emisiones incorporadas en su producto, tratarán de sustituir insumos procurando utilizar insumos más “limpios” para así disminuir el pago del impuesto. En el caso de gravar las emisiones en base a los combustibles utilizados, podría darse el caso que sean las generadoras eléctricas las que absorban el mayor costo derivado del impuesto, con lo cual caen los incentivos a modificar el mix de energía en los demás sectores.

Existen además complejidades técnicas de implementar una u otra forma de gravamen pero el caso es que se debe considerar que a nivel sectorial el pago de impuestos va a variar significativamente dependiendo del enfoque utilizado. Esto es lo que se pretende mostrar a continuación: el monto recaudado en impuestos a nivel sectorial suponiendo dos formas diferentes de implementar el impuesto a las emisiones ya sea gravando el uso directo de combustibles o a través de contabilizar las emisiones de un sector mediante el enfoque de responsabilidad del productor o metodología MIP.

En el gráfico 6-1 se puede observar la diferencia porcentual por sector entre la metodología MIP y BNE, respecto a la recaudación; para efectos ilustrativos se ha considerado un escenario simple donde hay un impuesto homogéneo a todos los sectores y no hay ningún efecto distorsionador entre metodologías. De acuerdo a este gráfico que los sectores intensivos en el uso de insumos con alto nivel de emisiones y que producen mayormente bienes finales, pagarán más impuestos al aplicar el enfoque MIP (en relación al enfoque BNE), mientras que los sectores que corresponden a bienes o servicios intermedios pagan menos impuesto con el enfoque MIP.

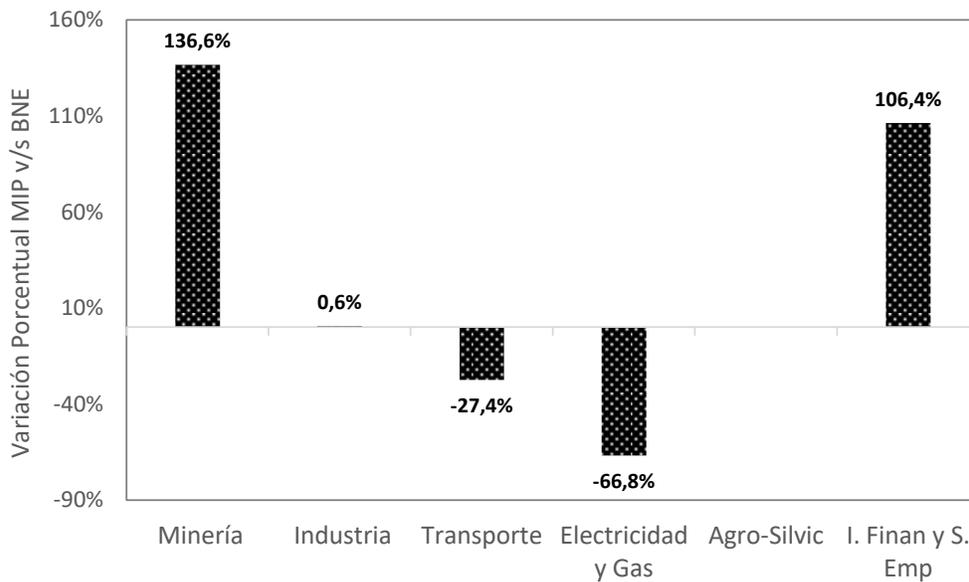
Si se considera el caso de la Minería; este sector además de utilizar un mix de combustibles con alto nivel de emisiones (75% Diésel aproximadamente), utiliza en alta medida insumos provenientes de sectores “sucios” (Electricidad y Gas, Transporte e Industria), es por ello

¹² Para una discusión más acabada acerca del efecto de un impuesto de las emisiones usando el enfoque MIP, se sugiere ver Perese (2010)

que pagará una mayor cantidad de impuesto si éste se aplica sobre la base de la metodología MIP. Se producirían entonces los incentivos para que el sector minero presione a sus proveedores a ser más limpios además de sustituir combustibles más contaminantes por otros más limpios.

El caso del sector Transporte es la contracara de lo anterior: éste es un sector que tiene características de bien intermedio por lo que es usado como insumo en muchos de los otros sectores. A través de la metodología MIP el pago en impuestos de este sector será menor que en caso de considerar sólo el uso directo de combustibles. Lo mismo ocurre para el caso del sector Electricidad y Gas.

Gráfico 6-1 Variación porcentual de la recaudación por sector: MIP respecto a BNE.



El gráfico 6-1 nos indica que la recaudación asociada a la minería será un 136,6% mayor en caso de aplicar el impuesto a través de la metodología MIP. La recaudación del sector transporte será un 27,4% menor y la del sector electricidad y gas, un 66,8% menor. La industria en tanto prácticamente no se ve afectada lo que responde al hecho de que este sector en parte destina bienes a consumo final pero una buena parte también se destina como insumo hacia otros factores con lo que el efecto final es una variación muy pequeña entre lo que paga en un caso y otro.

Estos cálculos se han realizado suponiendo que no hay cambios en la producción, por lo que sólo corresponde a un ejercicio comparativo de recaudación entre un caso y otro.

6.3 Un ejemplo de política energética exitosa: La *Energiewende* alemana¹³

La política energética alemana o *Energiewende* ha logrado aumentar considerablemente la participación de las energías renovables en la economía alemana y se le considera como “El proyecto de infraestructura más grande de la Alemania de postguerra”. Surge de un ejercicio de prospectiva que identifica el evidente hecho de que la energía producida convencionalmente verá incrementados sus costos y precios en el futuro.

Bajo esta iniciativa, en sólo 10 años la participación de la electricidad renovable pasó de 6 a 25 por ciento. Bajo condiciones climáticas adecuadas las energías renovables (solar y eólica) son capaces de satisfacer más de la mitad de los requerimientos eléctricos en dicho país. Se espera que hacia el año 2020 Alemania cubra más del 40 por ciento de sus necesidades energéticas a través de las energías renovables.

Por ley se garantiza un acceso prioritario a la red a la electricidad generada a partir de energías renovables. La información disponible indica que este cambio ha fortalecido a las pequeñas y medianas empresas y ha permitido incentivar a las comunidades locales y a los ciudadanos a que produzcan su propia energía. Esta certeza para la inversión ha posibilitado que negocios familiares y pequeñas empresas compitan con las grandes corporaciones ya que la ley establece un adecuado margen de ganancias y la energía “verde” se vende a la tasa establecida.

Se estima que la *Energiewende* permitirá crear nuevos puestos de trabajo a la vez que permitirá fortalecer su base industrial adaptándola a las necesidades de un futuro que requerirá estándares de producción bajos en emisiones de GEI. Por otro lado se promueve el desarrollo de la industria ya que gracias a la energía eólica y solar se han reducido los precios de la energía al por mayor abaratando costos para las empresas. Adicionalmente en Alemania han comprendido la importancia de ser uno de los que “se mueve primero” y declaran explícitamente que *“centrar la atención en las energías renovables y conservación de la energía es parte de un enfoque visionario hacia la inversión y oportunidad de negocio. Cuando el mundo cambie hacia las energías renovables, las empresas alemanas se encontrarán bien posicionadas suministrando tecnologías de alta calidad, conocimiento técnico y servicios para esos nuevos mercados.”*

Finalmente, los consumidores tienen amplia libertad para elegir quien será su proveedor de energía y pueden optar entre proveedores con diferentes precios y mix de producción de energías. La Fundación Heinrich Böll (2012) reconoce que esta política interfirió con los intereses de las 4 empresas más grandes de Alemania las que “dieron dura batalla para defender sus intereses y buscaron retrasar el cambio hacia las energías renovables” y a

¹³ Información disponible en el libro “La Transición Energética Alemana”, Fundación Heinrich Böll, versión revisada 2015.

pesar de que existen disensos a nivel político acerca de las estrategias específicas, existe un amplio consenso que apoya la transición energética pues la ciudadanía también está consciente de su importancia.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Cruz, Luis M.G (2009) "Application of IO Energy Analysis for CO2 Emissions by the Portuguese Economy: The Case of Portugal" Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology, Chapter 25, Springer.
- 2) Consejo Minero (2015), "Reporte Anual", Chile.
- 3) Federal Statistical Office of Germany (2011) "Environmental Economic Accounting-Extended Input-Output Model for Energy and Greenhouse Gases" Final Report.
- 4) Frankfurt School of Finance and Management (2015) "Global trends in renewable energy investment 2015".
- 5) Fundación Heinrich Böll (2012) "Energy Transition: The German *Energiewende*" versión revisada 2015.
- 6) García, JM. (2016) "Impact of a carbon tax on the Chilean economy: A computable general equilibrium analysis". Energy Economics 57 (2016) 106–127.
- 7) Lenzen, M.; Murray, J.; Sack, F.; Wiedmann, T., (2007) Shared Producer and Consumer Responsibility: Theory and Practice. *Ecological Economics* 61, (1), 27-42.
- 8) Mayer, H. y Flachmann, Christine (2011) "Extended Input-Output Model for Energy and Greenhouse Gases" Final Report, Federal Statistical Office of Germany.
- 9) Ministerio de Energía – Chile (2015) "Una mirada participativa del rol y los impactos de las energías renovables en la matriz eléctrica futura".
- 10) Minx, J.C et al (2012) "Input-Output Analysis and Carbon Footprinting: An Overview of Applications" Economic Systems Research, 21:3, 187-216.
- 11) Montero J.P et al. (2015) "Reforma tributaria: Un avance hacia una economía más baja en carbono", documento de trabajo de Centro UC Cambio Global.
- 12) Munksgaard, J. (2009) "Models for National CO2 Accounting", Handbook of Input-Output Economics in Industrial Ecology, Chapter 26, Springer.
- 13) OCDE (2016) Evaluaciones del Desempeño Ambiental: Chile 2016"
- 14) OCDE (2013) "Climate and carbon: Aligning prices and policies" OECD Environment Policy paper, October 2013 n°01.
- 15) Perese, K. (2010) "Input-Output model analysis: Pricing carbon dioxide emissions" Working Paper Series Congressional Budget Office Washington, D.C.
- 16) POCH Ambiental. (2008). "Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero" del 2008. Estudio a solicitud de la CONAMA y el PNUD.
- 17) Schuschny, A. (2005) "Tópicos sobre el modelo Insumo-Producto: Teoría y aplicaciones" CEPAL, documento presentado en la Reunión de trabajo sobre Modelización, Matrices de Insumo-Producto y Armonización Fiscal.
- 18) The Mining Association of Canada (2016) "Principles for Climate Change Policy Design".

- 19) Wiedmann, T. and Minx, J. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.
- 20) World Resources Institute (2015) "Delivering on the U.S Climate Commitment: A 10-point plan toward a low-carbon future" Working Paper.
- 21) World Bank (2015) "State and Trends of Carbon Pricing"

8.1 Ejemplo de cálculo mediante metodología MIP

El objetivo corresponde a calcular las emisiones de CO₂ totales y para los 6 sectores de interés en el año 2008, mediante la metodología MIP. Se presenta entonces cada una de las componentes (matrices y vectores) requeridas para el cálculo, ya definido en la sección anterior.

En la Tabla 8-1 se presentan los 12 sectores agregados a considerar (en negrilla los de interés) y la Tabla 8-2 muestra la matriz insumo producto.

Tabla 8-1. Sectores productivos, matriz insumo producto 2008. Banco Central de Chile. Vector de 12x1.

ID	SECTOR
1	Agropecuario-silvícola
2	Pesca
3	Minería
4	Industria manufacturera
5	Electricidad, gas y agua
6	Construcción
7	Comercio, hoteles y restaurantes
8	Transporte y comunicaciones
9	Intermediación financiera y servicios empresariales
10	Servicios de vivienda
11	Servicios personales
12	Administración pública

Tabla 8-2. Matriz insumo producto 2008. Banco Central de Chile. Matriz de 12x12.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	921.868	254	203	3.259.788	9	3.507	92.915	311	14.381	0	17.008	12.215
2	0	228.490	27	1.788.363	15	5	5.941	97	259	0	171	30
3	67.802	1.166	2.297.286	1.542.035	17.675	143.207	41.271	20.091	72.196	0	10.890	3.263
4	956.229	818.031	1.342.910	5.810.355	844.302	3.495.718	1.754.603	1.156.261	618.619	0	670.947	157.815
5	93.395	11.472	1.268.535	1.108.124	3.682.444	80.954	394.707	186.894	226.810	25.566	307.627	164.995
6	11.137	5.052	18.399	64.235	78.839	9.957	161.227	102.187	123.018	965.898	117.375	175.978
7	393.913	104.317	605.201	1.673.047	152.747	1.015.432	1.302.112	959.527	612.702	0	478.251	109.274
8	139.182	74.525	506.886	1.528.704	182.330	218.473	2.159.445	2.850.012	702.691	5.669	223.844	193.755
9	542.461	98.195	1.337.489	2.984.036	225.734	1.336.939	3.804.472	1.719.211	4.618.880	282.968	1.121.654	368.108
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	18.356	10.145	40.119	197.758	20.243	25.419	171.140	67.982	166.328	0	522.770	87.465
12	2.398	1.117	11.082	26.526	4.567	4.005	51.074	58.611	12.803	66	23.892	17.825

Acorde a la metodología establecida en la sección 2 del informe, se presentan en la Tabla 8-3 los vectores de interés, X e Y, los cuales como se mencionó corresponden a los bienes intermedios (demandados por los demás sectores) y a los bienes finales (demandas finales) por sector.

Tabla 8-3. Vectores X e Y, año 2008. Banco Central de Chile. Vectores de 12x1.

SECTOR	X (en MM\$)	Y (en MM\$)
Agropecuario-silvícola	4322457	2291736
Pesca	2023397	83810
Minería	4216881	18024833
Industria manufacturera	17625791	21673613
Electricidad, gas y agua	7551523	1784382
Construcción	1833301	12900448
Comercio, hoteles y restaurantes	7406524	12598356

SECTOR	X (en MM\$)	Y (en MM\$)
Transporte y comunicaciones	8785518	9426846
Intermediación financiera y servicios empresariales	18440146	6732723
Servicios de vivienda	0	5880784
Servicios personales	1327725	12282242
Administración pública	213966	5448619

Para efectos de captar la interacción en el uso de los bienes intermedios que utiliza un sector de otro, es clave la matriz inversa de Leontief. Esto queda en evidencia en la ecuación (4) y fundamentalmente la ecuación (5) de la sección 2. Se presenta la matriz en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4. Matriz inversa de Leontieff año 2008. Banco Central de Chile. Matriz de 12x12.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,18020	0,06172	0,01060	0,11849	0,01936	0,03075	0,02032	0,01141	0,00591	0,00543	0,00981	0,00872
2	0,01164	1,17206	0,00555	0,06367	0,01028	0,01612	0,00803	0,00587	0,00265	0,00283	0,00431	0,00321
3	0,02402	0,03040	1,12110	0,05614	0,01306	0,02576	0,01062	0,00746	0,00656	0,00461	0,00547	0,00443
4	0,22874	0,64608	0,10904	1,25409	0,20225	0,31693	0,15089	0,11493	0,05157	0,05553	0,08430	0,06295
5	0,04675	0,05468	0,11540	0,07274	1,66670	0,03395	0,05207	0,03253	0,02431	0,01402	0,04801	0,05643
6	0,00479	0,00743	0,00339	0,00508	0,01573	1,00365	0,01217	0,00899	0,00713	0,16527	0,01091	0,03308
7	0,09447	0,11655	0,04674	0,07969	0,04749	0,10024	1,09749	0,08066	0,03966	0,01866	0,05121	0,03437
8	0,05945	0,10969	0,04845	0,08175	0,05859	0,05381	0,16000	1,20880	0,05007	0,01267	0,03708	0,05426
9	0,17101	0,18626	0,11489	0,16588	0,09162	0,17762	0,29562	0,17412	1,24822	0,08980	0,13353	0,10846
10	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	1,00000	0,00000	0,00000
11	0,00700	0,01307	0,00440	0,00959	0,00626	0,00607	0,01351	0,00743	0,00952	0,00149	1,04212	0,01794
12	0,00115	0,00197	0,00104	0,00155	0,00134	0,00107	0,00365	0,00432	0,00097	0,00024	0,00225	1,00359

El Balance Energético Nacional del año 2008 contiene los distintos tipos de combustible utilizados por los sectores; aquí los sectores no son específicamente los 12 de la matriz

insumo producto, sin embargo, es posible imputar la energía a estos 12 sectores, sin vulnerar la conservación de ésta, o sea, considerando toda la energía.

En base al balance energético nacional es posible calcular huella de carbono, para sectores como Minería, Industria, Transporte, etc. El balance usa como fuente de energía combustibles fósiles (que se ven en la tabla de más adelante) y además la energía eléctrica; el problema de calcular la huella de carbono de esta forma es que no se consideran el efecto de los bienes intermedios (consumidos por los sectores). Lo anterior motiva el cálculo utilizando la matriz insumo-producto; el total de emisiones no cambia (por conservación de energía) pero la asignación de emisiones de carbono por sector será más precisa, en términos del enfoque de responsabilidad del productor.

Para efectuar el cálculo, se imputó la energía asociada a los distintos combustibles fósiles a cada uno de los 12 sectores de la matriz insumo-producto. Del balance se ha sacado como fuente de energía para los sectores la generación de electricidad y el uso de gas, pues estos corresponden a uno de los sectores del matriz insumo-producto. Entonces mediante la metodología previamente descrita se calcularán las emisiones directas e indirectas por sector sumada al consumo de bienes finales. La comparación se efectuará con lo que entrega la metodología utilizada en base al balance energético por sector, que, en algunos casos subvalora y en otros sobrevalora las emisiones.

Se presenta en la Tabla 8-5 el vector de Combustibles con los factores de conversión asociados a cada uno; todo en función de construir los elementos necesarios para el cálculo, ya definidos en las secciones 2.2.1 y 2.2.2 del presente estudio.

Tabla 8-5. Vector de combustibles y factores de conversión. IPCC, 2014. Vector de 17x1.

Combustible	Factor de Conversión	Unidad de Medida
PETROLEO COMBUSTIBLE	323842	kg CO ₂ /TERACALORIAS
DIESEL	310034	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GASOLINA MOTOR	289951	kg CO ₂ /TERACALORIAS
KEROSENE	300830	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GAS LICUADO	306687	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GASOLINA AVIACION	292880	kg CO ₂ /TERACALORIAS
KEROSENE AVIACION	300830	kg CO ₂ /TERACALORIAS
NAFTA	306687	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GAS REFINERIA	306687	kg CO ₂ /TERACALORIAS
CARBON	468608	kg CO ₂ /TERACALORIAS

Combustible	Factor de Conversión	Unidad de Medida
COKE	447688	kg CO ₂ /TERACALORIAS
ALQUITRAN	292880	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GAS CORRIENTE	240998	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GAS ALTO HORNO	306687	kg CO ₂ /TERACALORIAS
GAS NATURAL	234722	kg CO ₂ /TERACALORIAS
METANOL	296227	kg CO ₂ /TERACALORIAS
LEÑA	468608	kg CO ₂ /TERACALORIAS

En base al BNE, se ha construido la matriz de combustibles asociados a cada uno de los 12 sectores productivos, Tabla 8-6. Esta matriz considera todo el combustible, en forma de energía (Tera calorías) utilizado por cada sector, de forma directa. Esta matriz no considera la electricidad y el gas como fuente para los demás sectores, pues, como ya se recalcó, ahora Electricidad y Gas es un sector de la economía.

Esta matriz debe ser dividida en 2, considerando la parte de los bienes que corresponden a demanda final y los intermedios asociados a cada sector. Esto se hace en base a la información de la MIP del año 2008. Se tienen entonces las matrices denominadas E_{ind} y E_{fd} , en la sección 2.2.1, en las Tablas 8-7 y 8-8.

Tabla 8-6. Matriz de combustibles por Sector (según matriz insumo-producto) en Tera calorías. Matriz de 17x12.

Matriz Combustible-Sector (Teracalorías/MMS)	Agr o	Pesc a	Minerí a	Industri a	Elec. y gas	Const .	Comerci o	Tpte y com.	Fin y Emp	Viviend a	Persona l	Public o
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PETROLEO COMBUSTIBLE	0	618	2244	6658	4564	164	249	14990	342	0	0	38
DIESEL	0	721	12932	8597	33359	112	716	39115	984	42	11	63
GASOLINA MOTOR	0	0	0	0	1	0	0	25731	0	0	0	0
KEROSENE	0	0	137	149	0	0	2	14	2	457	114	3
GAS LICUADO	0	0	0	0	16044	0	0	0	0	0	0	0
GASOLINA AVIACION	0	1	17	0	0	0	0	47	0	0	0	0
KEROSENE AVIACION	0	0	0	3	0	0	0	9501	0	0	0	0
NAFTA	0	0	0	0	1124	0	0	2	0	0	0	0

Matriz Combustible-Sector (Teracalorías/MM\$)	Agro	Pesca	Minerí	Industri	Elec. y	Const.	Comerci	Tpte y	Fin y	Viviend	Persona	Public
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GAS REFINERIA	0	0	0	0	3582	0	0	0	0	0	0	0
CARBON	0	73	586	1147	46775	2143	0	0	0	0	0	0
COKE	0	0	140	2317	7155	465	0	0	0	0	0	0
ALQUITRAN	0	0	0	0	176	0	0	0	0	0	0	0
GAS CORRIENTE	0	0	0	0	1347	0	0	0	0	0	0	0
GAS ALTO HORNO	0	0	0	0	1001	0	0	0	0	0	0	0
GAS NATURAL	0	0	0	0	38527	0	0	0	0	0	0	0
METANOL	0	0	0	516	0	0	0	0	0	0	0	0
LEÑA	0	0	0	16272	5392	0	0	0	0	23604	5901	0

Tabla 8-7. Matriz de combustibles por Sector por unidad monetaria de bien intermedio (E_{ind}), en Teracalorías/MM\$. Matriz de 17x12.

Matriz Combustible-Sector Bienes Intermedios (Teracalorías/MM\$)	Agro	Pesca	Minerí	Industri	Elec. y	Const.	Comerci	Tpte y	Fin y	Viviend	Persona	Public
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PETROLEO COMBUSTIBLE	0,0E+00	3,1E-04	5,3E-04	3,8E-04	6,0E-04	8,9E-05	3,4E-05	1,7E-03	1,9E-05	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-04
DIESEL	0,0E+00	3,6E-04	3,1E-03	4,9E-04	4,4E-03	6,1E-05	9,7E-05	4,5E-03	5,3E-05	0,0E+00	7,9E-06	2,9E-04
GASOLINA MOTOR	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-07	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
KEROSENE	0,0E+00	0,0E+00	3,3E-05	8,4E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-07	1,6E-06	1,2E-07	0,0E+00	8,6E-05	1,2E-05
GAS LICUADO	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,1E-03	0,0E+00						
GASOLINA AVIACION	0,0E+00	3,4E-07	4,1E-06	1,6E-09	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,4E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
KEROSENE AVIACION	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,7E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
NAFTA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,5E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,8E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS REFINERIA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,7E-04	0,0E+00						
CARBON	0,0E+00	3,6E-05	1,4E-04	6,5E-05	6,2E-03	1,2E-03	0,0E+00	2,2E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
COKE	0,0E+00	0,0E+00	3,3E-05	1,3E-04	9,5E-04	2,5E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
ALQUITRAN	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,3E-05	0,0E+00						

Matriz Combustible-Sector Bienes Intermedios (Tercalorías/MM\$)	Agro	Pesca	Minería	Industria	Elect. y gas	Const.	Comercio	Tp. y com.	Fin. y Emp.	Vivienda	Personal	Público
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0				0						
GAS CORRIENTE	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,8E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS ALTO HORNO	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS NATURAL	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,1E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
METANOL	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,9E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
LEÑA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,2E-04	7,1E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,4E-03	0,0E+00

Tabla 8-8. Matriz de combustible por unidad monetaria de bien final (E_{fd}), en Tera calorías/MM\$. Matriz de 17x12.

Matriz Combustible-Sector Bienes Finales (Tercalorías/MM\$)	Agro	Pesca	Minería	Industria	Elect. y gas	Const.	Comercio	Tp. y com.	Fin. y Emp.	Vivienda	Personal	Público
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PETROLEO COMBUSTIBLE	0,0E+00	7,4E-03	1,2E-04	3,1E-04	2,6E-03	1,3E-05	2,0E-05	1,6E-03	5,1E-05	0,0E+00	0,0E+00	7,0E-06
DIESEL	0,0E+00	8,6E-03	7,2E-04	4,0E-04	1,9E-02	8,7E-06	5,7E-05	4,1E-03	1,5E-04	7,1E-06	8,6E-07	1,2E-05
GASOLINA MOTOR	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,5E-07	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
KEROSENE	0,0E+00	0,0E+00	7,6E-06	6,9E-06	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-07	1,5E-06	3,2E-07	7,8E-05	9,3E-06	4,6E-07
GAS LICUADO	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GASOLINA AVIACION	0,0E+00	8,3E-06	9,7E-07	1,3E-09	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,0E-06	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
KEROSENE AVIACION	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,4E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	1,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
NAFTA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	6,3E-04	0,0E+00	0,0E+00	2,6E-07	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS REFINERIA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
CARBON	0,0E+00	8,7E-04	3,3E-05	5,3E-05	2,6E-02	1,7E-04	0,0E+00	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
COKE	0,0E+00	0,0E+00	7,8E-06	1,1E-04	4,0E-03	3,6E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
ALQUITRAN	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	9,9E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS CORRIENTE	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00

Matriz Combustible-Sector Bienes Finales (Teracalorías/MMS)	Agro	Pesca	Minería	Industria	Elect. y gas	Const.	Comercio	Tp. y com.	Fin. y Emp.	Vivienda	Personal	Público
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GAS ALTO HORNO	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	5,6E-04	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
GAS NATURAL	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,2E-02	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
METANOL	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	2,4E-05	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00
LEÑA	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	7,5E-04	3,0E-03	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	4,0E-03	4,8E-04	0,0E+00

8.2 Composición de la matriz eléctrica SIC y SING

Gráfico 8-9. Generación de electricidad por fuentes, SIC 1999-2013. Ministerio de Energía.

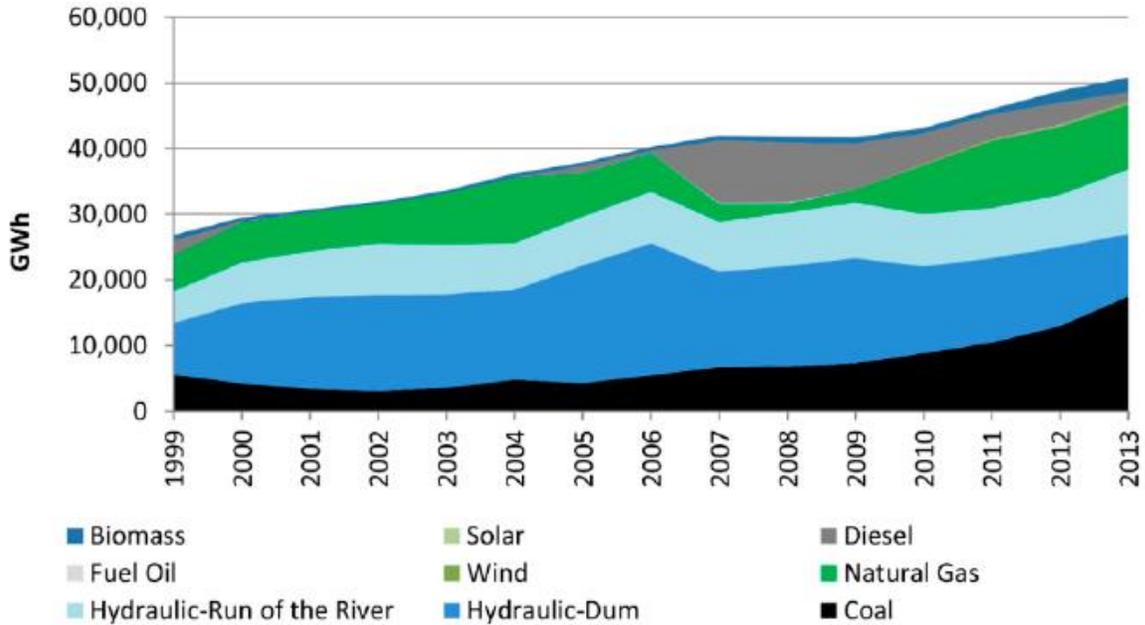
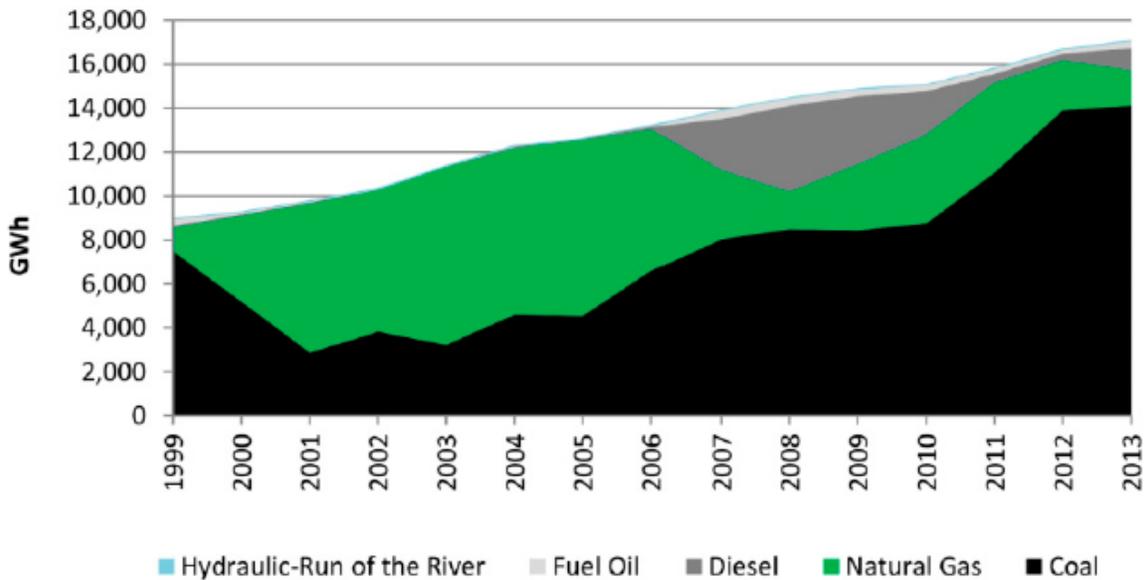


Gráfico 8-10. Generación de electricidad por fuentes, SIC 1999-201. Ministerio de Energía.



8.3 Comparación metodología MIP v/s BNE

Gráfico 8-11 Comparación a nivel sectorial de las dos metodologías, MIP y BNE. 2013

