



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS
MAGÍSTER EN POLÍTICAS PÚBLICAS

Política impositiva al dióxido de carbono en el sector de transporte en Chile: ¿Ayuda a disminuir las emisiones?

ACTIVIDAD FORMATIVA EQUIVALENTE PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGÍSTER EN POLÍTICAS PÚBLICAS

ANAHI ALEJANDRA LARA POBLETE

PROFESORES GUÍA:
ALDO GONZÁLEZ
FELIPE AVILÉS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
Aldo González
Guillermo Larraín
María Teresa Ruíz-Tagle

SANTIAGO DE CHILE
Enero, 2021

Índice

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	3
3. ANTECEDENTES	5
4. CARACTERIZACIÓN: SECTOR TRANSPORTE	9
5. EXPERIENCIA INTERNACIONAL	13
5.1 SUECIA	13
5.2 COLUMBIA BRITÁNICA (CB)	15
5.3 MÉXICO	16
5.4 IRLANDA	16
6. MARCO CONCEPTUAL Y METODOLOGÍA	17
6.1 DATOS	18
A) EMISIONES TOTALES DEL SECTOR TRANSPORTE	18
B) PRECIOS Y NIVELES DE EMISIÓN DE CO ₂ DE LOS COMBUSTIBLES	19
C) ELASTICIDAD	19
7. RESULTADOS	22
7.1 PRIMER ENFOQUE	22
7.2 SEGUNDO ENFOQUE	23
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA	26
9. REFERENCIAS	28

1. Resumen

A la fecha, no existe evidencia de que la legislación chilena vaya a aumentar el impuesto al dióxido de carbono ni que lo vaya a extender al sector transporte. Este documento evalúa los posibles efectos de un impuesto al dióxido de carbono en el sector de transporte, específicamente a los vehículos que utilizan petróleo diésel y gasolina. Los resultados obtenidos dan cuenta que el impacto del impuesto al dióxido de carbono en el sector del transporte, a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero es limitado. La metodología utilizada pone en conocimiento que la elasticidad es un insumo clave para estimar los efectos sobre la disminución de las emisiones, y en base a la literatura más actual (Best, Burke, & Frank, 2020) se encuentra que este es un sector con una elasticidad bien baja (-0,001), que tiende a ser un sector inelástico. Es importante la señal que se da, pero también se reconoce que hoy en día existen políticas que generarán un mayor impacto en la disminución de los gases de efecto invernadero que genera Chile.

2. Introducción

El cambio climático está categorizado dentro de los desafíos más urgentes que la comunidad internacional debe enfrentar. Lo anterior, se ha intensificado por el aumento de los gases de efecto invernadero, específicamente del dióxido de carbono, el cual es originado principalmente por las actividades realizadas por el ser humano (Alcántara & Padilla, 2005).

Para combatir esta crisis ambiental, las naciones han firmado diferentes acuerdos. Dentro de los compromisos en los que ha participado Chile, se encuentran el protocolo de Kioto de 1997, el cual fue descartado por el bajo impacto, y el Acuerdo de París de 2015. Este último es el que está vigente al 2020, y el cual tiene por objetivo limitar el aumento de la temperatura media mundial a 1,5°C tan pronto como sea posible. Para cumplir con lo anterior, existe una amplia gama de instrumentos de política pública, dentro de los que destacan el impuesto al carbono y el comercio de emisiones.

Acorde a (Stern, 2006) (Andersson, 2019) (IMF, 2019), dentro de las mejores políticas para la mitigación de los gases de efecto invernadero, se encuentra la asignación de un precio al carbono. En efecto, el precio al carbono permite al agente económico internalizar la externalidad negativa (contaminación) que genera sobre otros agentes económicos (personas o empresas), debiendo pagar por ella, es decir, sigue el principio de “quien contamina paga”. Globalmente, existen 61 iniciativas de fijación de precios sobre el carbono, ya sea vigentes o cuya implementación está programada. Dentro de estas iniciativas, 30 corresponden a impuestos sobre el carbono, las que abarcan aproximadamente un 22% de las emisiones de gases de efecto invernadero mundial (Banco Mundial, 2020).

En cuanto a la distribución de las emisiones de los gases de efecto invernadero en Chile, según los datos publicados por el Ministerio del Medio Ambiente en 2019, el sector energético es el que más contribuye, pasando de una incidencia del 65% en 1990 a una del 78% en 2016. La agricultura, es el segundo sector que más contribuye, pasando de una incidencia del 23% en 1990 a una del 11% en

2016. Los sectores IPPU¹ y Residuos, se han mantenido estables a lo largo del tiempo, contribuyendo cada uno alrededor de un 6% (SNICHILE, 2018).

Dentro de las políticas que Chile ha implementado para cumplir con los acuerdos pactados en París, está el impuesto piguviano al carbono, y en 2020, en su segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés²) el país informó que iba a comenzar a aplicar los sistemas de comercio de emisiones. El impuesto al carbono vigente en Chile tiene un enfoque tecnológico y de eficiencia, y no de actividad económica, logrando grabar al sector de la economía que más emisiones produce, la generación eléctrica. Con esta y otras políticas, Chile busca descarbonizar su matriz energética, con el objetivo de reducir suficientemente las emisiones de GEI (Ministerio de Energía, 2020).

El impuesto piguviano al carbono gravado en Chile, de USD 5/tCO₂e, está muy por debajo de las recomendaciones internacionales hechas en 2017 (Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono, 2017) . En efecto, la Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono, sugiere que el impuesto al carbono llegue entre los USD 50 a 100 /tCO₂e³ al 2030. Además, con la política actual, las emisiones de CO₂ sólo están siendo grabadas en el sector de generación energética, mientras que, el segundo sector que más emisiones provoca, el transporte, está exento de un impuesto que grave directamente las emisiones de CO₂.

Por otro lado, el impuesto que recae sobre los combustibles, el impuesto específico, no se utiliza como instrumento regulatorio de la contaminación, sino que el principal objetivo es generar ingresos a las arcas fiscales. Este impuesto fue promulgado en 1985 por la Ley N°18.502, con el objetivo de ayudar a la construcción de caminos y carreteras producto del terremoto en Chile en ese mismo año.

El objetivo de este informe es analizar si en Chile la tarificación tributaria a los combustibles fósiles utilizados en el sector de transporte, específicamente a la gasolina y al petróleo diésel, ayudaría o no a reducir el crecimiento de las emisiones. Esta investigación tiene como hipótesis la evidencia y estimaciones internacionales, la cual afirma que cuando las políticas climáticas están bien diseñadas y se aplican de la manera correcta, es decir, logran disminuir las emisiones, son compatibles con el crecimiento, el desarrollo y la reducción de la pobreza (Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono, 2017) .

¹ Acrónimo en inglés conformado por las iniciales de *industrial processes and product use* (procesos industriales y uso de productos). Sector que incluye las emisiones producidas por una gran variedad de actividades industriales que transforman materias primas por medios químicos o físicos.

² *Nationally Determined Contributions*.

³ Tonelada de dióxido de carbono equivalente.

3. Antecedentes

El cambio climático genera externalidades negativas globales y, en los últimos años, su importancia relativa con respecto a otros problemas mundiales ha ganado preponderancia en la población. De hecho, lo han categorizado como la mayor amenaza global⁴, llamándola “crisis ambiental”.

El calentamiento global es efecto del cambio climático. El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (desde ahora en adelante GEI) relacionadas a las actividades generadas por el ser humano ha elevado la temperatura del planeta (Edenhofer, y otros, 2014). En 1896, el científico sueco Arrhenius demostró que algunos gases de efecto invernadero (entre ellos el dióxido de carbono, CO₂) atrapan el calor e impiden la transferencia energética a través de la atmósfera y, en consecuencia, provocan que la tierra aumente su temperatura (Arrhenius, 1896).

Para enfrentar la crisis ambiental, las naciones han pactado diferentes acuerdos a lo largo del tiempo. En 2004, se promulgó por decreto supremo N°349 el protocolo de Kyoto, adoptado en 1997 por las partes de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Este protocolo tenía como propósito establecer compromisos más estrictos en la limitación de las emisiones de GEI para los países desarrollados, debido a que estas naciones son las principales responsables de este problema. En cuanto a los países en vías de desarrollo, donde se encontraba Chile, no se asumieron obligaciones específicas, sino que más bien se incentivó a la búsqueda de mejoras en la eficiencia energética, en la reconversión de procesos industriales y desarrollo sostenible, entre otros proyectos (Naciones Unidas, 1998).

Al cabo de unos años, las partes internacionales que conformaban este acuerdo llegaron a la conclusión de que este protocolo no estaba siendo suficiente para lograr disminuir las emisiones de los GEI. Así fue como después de múltiples negociaciones de las partes, se reemplazó este protocolo por el Acuerdo de París en el año 2015, en el cual los países que lo componen, se comprometieron a “Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático” (Acuerdo de París, 2015, artículo 2, número uno, letra a).

Este acuerdo significó un gran avance en materia ambiental, ya que exige una contribución más exigente a nivel nacional por cada una de las partes. El documento llamado Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) informa las emisiones, compromisos y medidas de los países para cumplir con el acuerdo pactado. Además, cada 5 años los países tienen la responsabilidad de informar sobre el estado del cumplimiento de sus metas y de las nuevas medidas que se proponen para lograr las metas. Lo anterior, con el objetivo de mantener la transparencia, contabilidad, gobernanza e integridad ambiental entre las partes (Precio al carbono Chile, 2017).

Chile publicó su segunda versión de NDC en el 2020. Los principales objetivos en materia de mitigación son: 1) Llegar al punto más alto de emisiones en el 2025, objetivo que está en línea con el Acuerdo de París, ya que este incentiva a que las partes que lo componen lleguen lo más pronto posible a su *peak* de emisiones. 2) Emitir 95 MtCO₂ absolutas en el 2030 y 3) tener un presupuesto

⁴ En el 2017 se realizó un sondeo en 38 países, el cual mostró que, en Chile un 86% de las personas encuestadas (por el Centro de Investigación PEW) indicó al cambio climático como la mayor amenaza global.

de carbono de 1.100 MtCO₂ entre los años 2020 y 2030 (Gobierno de Chile, 2020, pág. 12). Estos acuerdos son bastante ambiciosos en comparación a la primera versión de la NDC publicada en el 2015, la cual en materia de mitigación sólo se comprometía a reducir un 30% de sus emisiones al 2030, pero no se refería a las trayectorias.

Por otro lado, existe un vacío sobre las medidas para cumplir con estos objetivos⁵. En efecto, en el documento sólo se presentan diferentes escenarios y se expone textualmente (Gobierno de Chile, 2020, pág. 45): “que la modelación hecha considera escenarios, lo que no supone un compromiso de implementación de las medidas modeladas”. Adicionalmente, no se mencionan impuestos que graven las emisiones de CO₂ y, según una amplia literatura⁶, los impuestos sobre el CO₂ están dentro de las políticas más efectivas para reflejar los costos ambientales y disminuir las emisiones de GEI.

El impuesto al CO₂ es un instrumento económico que grava las externalidades generadas por un emisor, con el propósito de que internalice el costo de las emisiones y retribuya a través de un pago pecuniario. Específicamente, se asigna un precio a las emisiones de GEI, expresadas en una unidad monetaria por tonelada emitida. Este impuesto está dentro de las iniciativas de fijación del precio al carbono. Adicionalmente, la teoría de la eficiencia económica nos dice que las empresas intentan reducir la carga tributaria a través del desarrollo de tecnología, inversión, mejoramiento de procesos, aumento de la eficiencia, entre otros (García, 2018). Por lo tanto, se espera que el efecto de segundo orden sea la reducción del pago de impuesto y, por ende, la disminución de las emisiones de CO₂.

En Chile, se ha implantado solo una política impositiva respecto a la mitigación directa del CO₂⁷ (Precio al Carbono Chile, 2017), la cual está enmarcada dentro de la ley del impuesto verde (Ley N° 20.780, 2017, artículo 8). Este impuesto entró en régimen el 1 de enero de 2017⁸, el cual gravaba las externalidades generadas por las fuentes fijas (grandes calderas y turbinas que su potencia nominal sea igual o mayor a 50 MWt⁹) emisoras de GEI en una cantidad fija de USD 5 por cada tonelada de CO₂ emitida (USD/tCO₂e). Esta forma de mitigación permite que quien contamine, tenga que internalizar el costo de las emisiones por medio de un pago.

En febrero del 2020, se promulgó la Ley N° 21.210, la cual introduce modificaciones al artículo 8 de la Ley N° 20.780, eliminando el requisito de la potencia térmica instalada. El impuesto comenzará a gravar sobre “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 emisoras, individualmente o en su conjunto, emitan 100 o más toneladas anuales de material particulado (MP), o 25.000 o más toneladas anuales de dióxido de carbono (CO₂)” (Ley N° 21.210, 2020, artículo 16).

La reforma anterior, corrigió la asimetría que la industria agroalimentaria tanto exigió. El gremio del sector agroalimentario hizo ver la desigualdad que generaba el impuesto al carbón a industrias

⁵ Existen medidas que hoy en día se están llevando a cabo, y que están dentro de los escenarios, pero no se documentan en la NDC los compromisos al respecto. En esta línea está el cierre de plantas de carbón, el cual tiene un cronograma establecido, los buses eléctricos que están siendo implementados en la región metropolitana, entre otros.

⁶ Ver (Arrow, Dale, Krugman, Nordhaus, & Solow, 1997), (Howard & Sylvan, 2015), (IMF, 2017), (Andersson, 2019) y (IMF, 2019)

⁷ El impuesto verde que actualmente graba a los combustibles cuando son comprados por primera vez graba las emisiones de óxido de nitrógeno y no de CO₂.

⁸ El reglamento fue publicado por el Diario Oficial el 30 de diciembre de 2016.

⁹ Megavatio térmico.

estacionales. Por un lado, una empresa con capacidad de 45 MW podía trabajar todo el año sin pagar impuestos, mientras que, una segunda empresa que mantenía una capacidad de 55 MW y que solo funcionaba tres meses al año, debía pagar por su máquina como si estuviera funcionando los 12 meses, ya que se pagaba por el potencial de emisiones de GEI y no por las emisiones efectivas (Electricidad, la revista energética de Chile, 2018).

Según los datos entregados por el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (SNICHILE) al 2016, el sector que más aporta a las emisiones de GEI es el sector energético, tal como se muestra en el **Cuadro 1**. Dentro de este sector, los subsectores que más contribuyen a las emisiones de CO₂ son la generación eléctrica (41%), el transporte (31%) y la industria manufacturera (19%). Aunque el impuesto tuvo un enfoque tecnológico y no uno de sector, se puede ver que el impuesto estuvo fijado correctamente, pues la mayor parte de establecimientos afectados están dentro del sector de generación eléctrica.

Cuadro 1: Emisiones de GEI por sector
(kt CO₂ eq)

	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
Energía	33.680 65%	52.512 65%	68.624 69%	79.994 75%	77.417 77%	83.713 76%	87.136 77%
IPPU	3.295 6%	6.244 6%	5.493 8%	6.144 6%	6.234 6%	6.585 6%	6.939 6%
Agricultura	12.071 23%	14.009 23%	13.244 18%	12.848 14%	12.419 12%	12.211 12%	11.802 11%
Residuos	2.969 6%	3.822 6%	4.502 5%	5.318 5%	5.404 5%	5.735 5%	5.801 5%
UTCUTS ¹⁰	(50.061)	(62.676)	(71.931)	(71.888)	(55.722)	(44.972)	(65.492)
Total*	52.016	76.587	91.862	104.305	101.474	108.243	111.678
Balance	1.955	13.910	19.931	32.417	45.752	63.271	46.185

Fuente: Elaboración en base a datos obtenidos del SNICHILE (2018).

Nota: Los porcentajes bajo cada nivel representan la ponderación sobre el nivel total.

*Total no incluye las absorciones (UTCUTS), mientras que el balance si las incluye.

La implementación de este impuesto tuvo un buen comienzo, entró en vigor con un nivel que permitió un impacto gradual en las industrias gravadas. En la segunda versión de NDC publicada en 2020 por Chile, se esperaba que existiese una propuesta de política de corrección al alza, para que los incentivos a disminuir las emisiones de CO₂ aumentasen. Sin embargo, se dieron a conocer otras políticas, como los sistemas de comercio de emisiones (desde ahora en adelante SCE)¹¹, cierre de centrales a carbón, impulsar la electromovilidad en los taxis, entre otros.

En la guía del impuesto al carbono realizada por la Alianza de Preparación para los Mercados de Carbono (*Partnership for Market readiness, PMR*) en 2020, se menciona que los impuestos al carbono son una buena opción para reducir las emisiones cuando los agentes no tienen los incentivos suficientes para hacerlo sin el impuesto. Además, los impuestos son relativamente más fáciles de administrar que los SCE.

¹⁰ Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. Único sector que absorbe GEI en el país.

¹¹ Los impuestos al carbono se enfocan en fijar el precio, mientras que un SCE fija la cantidad máxima de emisiones.

Hasta ahora, el impuesto de USD 5/tCO₂eq está muy por debajo de lo que se recomienda nacional e internacionalmente. En el plano nacional, en el año 2017, la Subsecretaría de Evaluación Social, en su informe de Estimación del Precio Social del CO₂, menciona que este “precio del carbono fracasa en reflejar el real valor de la tonelada de dióxido de carbono, debido a que este mercado no es competitivo y posee restricciones en su oferta y demanda”. Además, dentro de los informes realizados por la PMR se concluye que de la forma en que fue diseñado el impuesto al carbono en Chile no se lograría generar un efecto en cambiar la matriz energética y, por ende, no se esperaba que el impuesto modificara el nivel de emisiones de GEI (Precio al Carbono Chile, 2017).

Dentro de las recomendaciones internacionales sobre el precio al carbono para cumplir con el Acuerdo de París, las medidas son más ambiciosas, en el 2017 la Comisión de Alto Nivel sobre los precios al carbono, recomendó categóricamente que el precio al carbono debía oscilar por lo menos entre USD 40 a 80 t/CO₂ para el 2020 y USD 50 a 100 t/CO₂ para el 2030. En el 2019, el Escenario de Desarrollo Sostenible de la IEA (International Energy Agency) señala que se necesita un precio al carbono que esté entre USD 75 a 100 t/CO₂ (International Energy Agency, 2019). El Banco Mundial en su informe “*State and Trends of Carbon Pricing 2019*”, ubica el precio óptimo del carbono entre los 40 a 80 USD/tCO₂e. Por otro lado, en el 2019 el Fondo Monetario Internacional, propone un impuesto internacional al carbono que aumente con rapidez hasta llegar a los 75 USD/tCO₂ en 2030.

En nivel de importancia, el segundo sector que más emite emisiones de CO₂ en Chile y en el mundo es el sector del transporte. En específico, en el mundo, el transporte contribuye un 25% de las emisiones totales de CO₂ (la generación de electricidad contribuye un 42%) (International Energy Agency, 2020) y en Chile, al año 2016 contribuyó un 31% (**Cuadro 2**). Esta situación se debe principalmente a la necesidad de movilización tanto de las personas como la de los bienes.

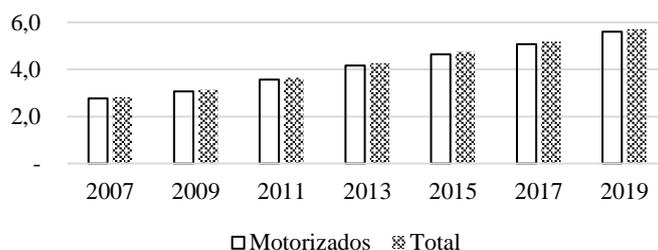
Cuadro 2: Emisiones de GEI por industria de la energía
(kt CO₂ eq)

	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
Generación de electricidad	5.843	14.908	25.810	33.097	30.197	34.501	35.711
Industrias manufactureras	12.262	13.013	13.949	14.569	16.553	16.246	16.129
Transporte	9.230	17.336	20.948	24.860	26.553	25.476	26.936
Otros sectores	4.090	5.714	6.708	6.403	6.119	6.535	7.357
Combustibles sólidos	573	88	48	110	153	119	92
Petróleo y gas natural	1.682	1.453	1.162	954	843	836	910
Total	33.680	52.512	68.624	79.994	77.417	83.713	87.136

Fuente: Elaboración en base a datos obtenidos del SNICHILE (2018).

Por otro lado, aunque la eficiencia de los motores y la calidad del combustible han ido mejorando con el paso de los años, estos avances se contrarrestan con el creciente aumento del parque vehicular tal como se muestra la **figura 1**.

**Figura 1: Parque de vehículos en circulación
(millones)**



Fuente: Elaboración propia en base a los datos del INE (2020).

Considerando lo anterior, el sector de transporte contribuye de forma importante en las emisiones de CO₂. Por tal motivo, tiene sentido e interés analizar si una tarificación tributaria sería efectiva en disminuir las emisiones de GEI en el sector transporte, para cumplir con el objetivo que presentó Chile de lograr la carbono neutralidad al 2050¹².

4. Caracterización: Sector transporte

El sector de transporte contribuye el 25% de las emisiones de GEI del país. En específico, el transporte terrestre contribuye tres cuartas partes de estas emisiones en el mundo (International Energy Agency, 2020) y un 88% en Chile al 2016 (**Cuadro 3**).

**Cuadro 3: Emisiones de GEI de transporte
(kt CO₂ eq)**

	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
Transporte terrestre	7.494	14.940	18.711	21.757	20.531	22.257	23.611
Aviación Civil	568	683	790	11.323	1.276	1.865	1.675
Navegación marítima y fluvial	881	1.079	435	889	797	505	745
Ferrocarriles	64	64	152	155	199	113	153
Otro tipo de transporte	224	570	860	736	749	736	752
Total	9.230	17.335	20.947	24.860	23.553	25.476	26.936

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del SNICHILE (2018).

En cuanto al tipo de transporte, según el registro de permisos de circulación del INE al 2019, un 73,7% de vehículos tienen motor bencinero, un 26,1% funciona a motor diésel, un 0,2% a gas y un 0,1% corresponde a vehículos eléctricos/híbridos. Conforme a los tipos de transporte, en el **Cuadro 4** se puede apreciar que al 2016, los tipos de transporte que más CO₂ emiten son los camiones para servicio pesado, automóviles y los camiones para servicio ligero.

¹² Se espera que el balance sea neutro, no así las emisiones totales (Datos en cuadro 1).

Cuadro 4: Emisiones de GEI transporte terrestre
(kt CO₂ eq)

	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016
Automóviles	2.402	4.296	5.734	6.856	7.343	7.638	8.290
Camiones para servicio ligero	1.845	3.099	4.057	4.830	4.624	5.042	5.442
Camiones para servicio pesado*	3.218	7.578	8.861	9.992	8.473	9.485	9.785
Motocicletas	29	24	59	78	90	91	95
Total	7.494	14.996	18.711	21.757	20.531	22.257	23.611

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del SNICHILE (2018).

* Incluye autobuses

Actualmente, los vehículos que más emiten CO₂, utilizan de combustible la gasolina automotriz y el petróleo diésel, los cuales están sujetos al impuesto específico de los combustibles¹³ (**Cuadro 5**) creado en 1985 por la Ley N°18.502. Sin embargo, dicho impuesto no fue diseñado con el fin de disminuir las emisiones que provocan los GEI provenientes de los combustibles, sino que más bien, se implementó para ayudar a financiar la construcción de caminos y carreteras producto del terremoto en Chile en ese mismo año¹⁴.

En la práctica, el impuesto si ha funcionado como un corrector de externalidades y adicionalmente presenta un co-beneficio de disminuir las emisiones, además, en la literatura sí se reconoce como un impuesto al carbono en los combustibles. Agregando a lo anterior, la evidencia señala que, al existir un impuesto especial en los combustibles, facilita en gran medida la introducción de un impuesto al carbono en el sector del transporte (Precio al Carbono Chile, 2017) (Mardones & Muñoz, 2017).

Cuadro 5: Impuesto específico aplicado en Chile

	UTM/m ³	UTM/L
Gasolina	6	0,006
Diésel	1,5	0,0015
Gas natural	1,4	0,0014
Gas licuado de petróleo	0,00193	1,93E-06

Fuente: Servicio de Impuestos Internos (2020).

Respecto de los impuestos a los combustibles en economías en desarrollo, como lo es Chile, la literatura señala que es una medida progresiva, es decir, saca más recursos desde las personas de mayor nivel de ingreso. Agostini y Jiménez (2015), analizan para Chile, los efectos que tuvo la disminución del impuesto específico de la gasolina en el periodo de la crisis económica (2008-2010) en el gasto de las personas. Los investigadores encuentran que el decil de ingresos que más se mostró beneficiado ante esta política fue el noveno, seguido del décimo. Lo anterior, nos muestra la progresividad del impuesto específico en Chile.

Un segundo aspecto interesante del estudio anterior es que el décimo decil no fue el más beneficiado. Dentro de las posibles explicaciones que presentan Agostini y Jiménez (2015) es que, dado el mayor

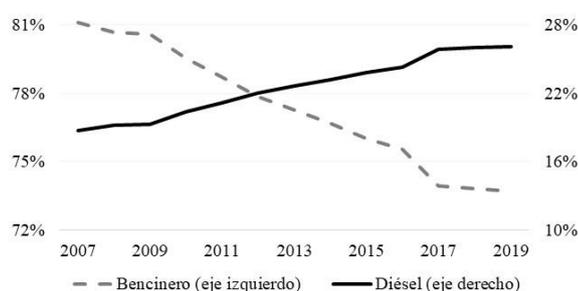
¹³ Los combustibles que se utilizan actualmente en el país y que están exentos de este impuesto son el biodiesel y el bioetanol, caracterizados por ser combustibles orgánicos.

¹⁴ Medida que no está en línea con la constitución vigente, pues esta no permite destinar el monto de un impuesto a un proyecto en específico.

poder adquisitivo, este decil podría optar por vehículos a petróleo diésel que, si bien implican una inversión mayor, estos poseen menores costos variables (combustible). Otra explicación complementaria a la primera, es que parte de este decil puede utilizar los vehículos de las empresas para las que trabajan como beneficios no monetarios, por lo que las variaciones de precios en la gasolina no tienen grandes impactos en el consumo de esta.

Un último aspecto con respecto al impuesto a los combustibles es que, dado que el impuesto a la gasolina hoy en día es cuatro veces lo que es el impuesto al petróleo diésel, para los consumidores puede resultar beneficioso en el mediano plazo adquirir vehículos con motor diésel. Además, como se ve en la **figura 2**, la participación de los vehículos que funcionan con gasolina ha ido disminuyendo paulatinamente a lo largo del tiempo, mientras que los vehículos que utilizan motor diésel han ido ganando participación. Esta dinámica estaría yendo en dirección contraria a las políticas de mitigación de los GEI, dado que el monto del impuesto específico al diésel está muy por debajo de lo recomendado nacional e internacionalmente (Agostini, 2010) y, por ende, los incentivos a disminuir esta externalidad negativa son menores para los usuarios.

Figura 2: Participación por tipo de combustible en parque automotor (% del total)



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del INE (2020).

Con respecto a la sensibilidad (elasticidad) del sector transporte, la experiencia internacional (Best, Burke, & Frank, 2020) señala que un impuesto al carbono entrega resultados positivos en la mitigación de emisiones de GEI, aunque menores a comparación de los que se obtienen al grabar la generación eléctrica. Esto se explicaría por la baja elasticidad que suele tener este sector en el corto plazo¹⁵, aunque en línea con lo que nos dice la teoría, la evidencia muestra que la elasticidad aumenta en el largo plazo (Andersson, 2019).

En cuanto a los impactos económicos que se deben analizar al momento de proponer un impuesto al carbono en el sector del transporte, está el riesgo de fuga de carbono. Esta situación se produce cuando las inversiones y operaciones de una industria que genera altos niveles de CO₂ se trasladan desde mercados que empiezan a restringir y/o grabar las emisiones a otros menos estrictos en esta materia (Coalición de líderes para la fijación de precios al carbono, 2015).

El riesgo de fugas de carbono para el sector de transporte en Chile es comparativamente más bajo que otros sectores, como la industria manufacturera, cementera, de la celulosa, minería, entre otras (Partnership for Market Readiness, 2015). En específico, en este sector existiría poco riesgo, ya que

¹⁵ En este sector, se habla de corto plazo a un año y largo plazo a 5-10 años.

actualmente no se encuentra expuesto a la competencia internacional y la elasticidad en el corto plazo es baja.

Una de las principales restricciones a las que se enfrentan los usuarios del transporte terrestre privado en el corto plazo es que el combustible fósil es un bien difícil de sustituir, por lo que este impuesto no busca generar un impacto significativo de manera inmediata, sino que más bien, se busca impulsar a que los usuarios en el largo plazo reemplacen estos combustibles por otras tecnologías más limpias (Rona, 2019). Con respecto a los sustitutos del transporte público, en el 2019 Chile firmó un acuerdo por la electromovilidad, en efecto, a finales del 2019 la flota del transporte público de la región metropolitana ascendía a 386 buses eléctricos, y en el 2020, este número creció a 676¹⁶.

Por otro lado, y en línea con lo mencionado anteriormente, es importante exponer el desarrollo chileno de energías renovables. Chile es reconocido como una potencia mundial en el desarrollo de energías renovables, es más, en el ranking *Climatescope* realizado por Bloomberg, Chile quedó posicionado en el primer lugar de los países más atractivos para desarrollar proyectos de energías renovables (CNN Chile, 2019). Este posicionamiento le ha permitido a Chile ir desarrollando tecnologías más amigables con el planeta, dentro de esto está el hidrógeno verde.

Históricamente, el hidrógeno (gris) se ha producido a partir de los combustibles fósiles, proceso en el cual se emiten GEI. Hoy en día, Chile lo está produciendo a partir del agua, separando sus componentes de hidrógeno y oxígeno por medio de energía renovable, por lo cual no produce GEI en su elaboración ni en su uso, y por esta razón se le ha denominado hidrógeno verde (HV). Esta fuente de energía tiene cada vez más apoyo internacional, es más, las economías que representan cerca del 90%¹⁷ del PIB global han promovido políticas e iniciativas públicas de apoyo al hidrógeno (LBST, 2020).

Dentro de los sectores que tienen un mayor potencial de desarrollar esta fuente de energía en el mediano plazo es el sector de transporte, específicamente, el transporte de carga. Dentro de la estrategia nacional de hidrógeno verde, la primera fase busca implementar el HV en el transporte de pasajeros y de carga pesada de larga distancia entre el 2025 y 2035. Producto de lo anterior, se espera que durante estos años y durante la próxima década, el hidrógeno se convierta en un medio indispensable para mitigar las emisiones de GEI que provienen del sector de transporte (Vásquez, Salinas, & GIZ, 2018).

En resumen, las políticas públicas anteriormente expuestas estarían en la línea de afectar la elasticidad, puesto que al mejorar las alternativas de los sustitutos se estaría modificando esta elasticidad en el mediano y largo plazo.

¹⁶ Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 15 de agosto de 2020, <https://www.mtt.gob.cl/archivos/26126>.

¹⁷ Específicamente, 20 países que representan el 44% del PIB mundial ya tienen una estrategia nacional de hidrógeno. Mientras que 31 países, que representan un 44% del PIB mundial, están apoyando proyectos nacionales y/o discutiendo acciones políticas

5. Experiencia internacional

En el último tiempo, los instrumentos de política pública que ponen un precio a los GEI han presentado un creciente interés, siendo la política de mayor popularidad el impuesto al carbono. En 1990, Finlandia y Polonia fueron los primeros países en adoptar instrumentos de fijación al precio del carbono.

En el año 2000 eran 8 los países que habían adoptado estas medidas (Finlandia, Polonia, Suecia, Noruega, Dinamarca, Letonia, Eslovenia y Estonia). En el año 2010, esta cifra alcanzaba los 18 y al 2017 eran 38 los países que estaban adoptando impuestos a la emisión de carbono. Pero, aun así, al 2017 el 85% de las emisiones mundiales no tiene un precio, y aproximadamente tres cuartas partes de las emisiones que, si están cubiertas por un precio, tienen un precio inferior a USD 10/tCO₂. Y si se analiza la media, esta está muy por debajo, con solo un USD 2/ tCO₂ (Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono, 2017).

Al año 2020, existen 61 iniciativas relacionadas a la fijación de precios al carbono, ya sea que se encuentran vigentes o que dicha implementación está programada. Dentro de estas iniciativas, 30 corresponden a impuestos al carbono, de las cuales están abarcando 12 giga toneladas de CO₂, las que equivalen al 22% de GEI (Banco Mundial, 2020).

Adicionalmente, en el sector del transporte es en donde más se han aplicado impuestos al carbono (Precio al Carbono Chile, 2017). Entre las jurisdicciones que han aplicado esta política están Alberta, Colombia, Columbia Británica, México, Irlanda, Sudáfrica, Nueva Brunswick y Suecia. Estos países utilizan el contenido de carbono dentro del combustible fósil para calcular el impuesto al carbono. En la siguiente subsección se abordarán algunas experiencias del impuesto al carbono y sus efectos en la economía

5.1 Suecia

Las fuentes de energía se gravaron por primera vez en Suecia en 1920. En 1991, Suecia fue uno de los primeros países del mundo en implementar un impuesto al carbono, el apoyo político fue fundamental para promover esta legislación. El impuesto comenzó grabando el combustible para el transporte y la calefacción, en unos USD 27/tCO₂ eq. Por preocupaciones sobre la competitividad internacional, el impuesto pagado por la industria comenzó en un 25%, y ya al 2019 va en un 80%. El impuesto al carbono se aplica a todos los combustibles fósiles en proporción a su contenido de carbono (**Cuadro 6**) (Ministry of Finance, 2018). Al 2020, el impuesto alcanza cerca de los USD 142/tCO₂ eq (kr 1190/tCO₂ eq).

Cuadro 6: Impuesto al carbono y a la energía en Suecia
(en base a kr 1190/tCO₂ eq)

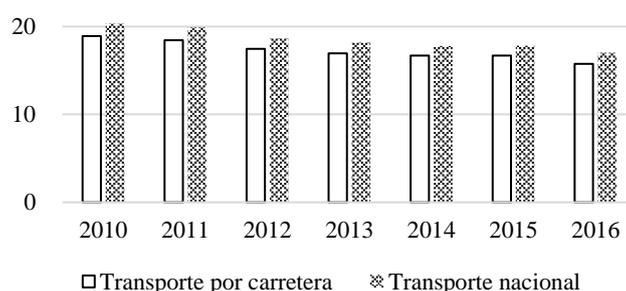
	Carbono	Energía	Total
Gasolina (L)*	0,31	0,49	0,80
Diésel (L)	0,27	0,11	0,38
Fuel oil (m3)	268	108,36	377
Gasoil (t)	432	-	-
Carbón (t)	357	82,44	440
Gas natural (t)	307	-	-

Fuente: Elaboración propia en base a los datos de *Skatteverket* (2020), datos expresados en USD.

Nota: La conversión al dólar se aplica con un tipo de cambio igual a 1 corona sueca (kr) = 0,12 dólares estadounidenses. * Se debe pagar USD 0,31 por cada litro de gasolina comprada, porque esta tiene un potencial de emisión de CO₂ de 2,1764 Kg por cada litro.

El primer estudio cuasi experimental sobre el efecto causal del impuesto al carbono sobre el combustible del transporte se realizó para Suecia (Andersson, 2019). Este estudio comparó a Suecia con un país ficticio (control sintético), el cual fue construido a partir de un grupo de 14 países¹⁸ comparables, por medio de un método de diferencia en diferencias. Los periodos de comparación fueron desde 1991 (pretratamiento), año en el que Suecia implementó el impuesto al carbono, hasta el 2005 (post tratamiento), año en que los países que componían el control sintético iniciaron reformas legislativas que gravan las emisiones. (Andersson, 2019) encontró que después de la implementación del impuesto al carbono sobre los combustibles, las emisiones de CO₂ del transporte en Suecia disminuyeron casi un 6% en un año promedio. Esta tendencia a la baja de las emisiones se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Cuadro 7: Emisiones de GEI del transporte en Suecia*
(miles tCO₂ eq)



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de *Swedish Environmental protection agency* (2020).

* Se excluyen las emisiones del transporte aéreo.

¹⁸ Los países fueron: Australia, Bélgica, Canadá, Dinamarca, Francia, Grecia, Islandia, Japón, Nueva Zelanda, Polonia, Portugal, España y los Estados Unidos.

5.2 Columbia Británica (CB)

La ley del impuesto al carbono fue implementada el primero de Julio de 2008 (Carbon Tax Act, 2008), partiendo con una tasa de C\$ (dólar canadiense) 10/tCO₂ eq. Este impuesto fue aumentando C\$ 5 por año, hasta el 2014. En 2020, se esperaba que el impuesto aumentara de C\$ 40/tCO₂ eq a C\$ 45/tCO₂ eq. Sin embargo, debido al COVID-19, la tasa se congeló en C\$ 40/tCO₂. Este incremento está definido por la legislación, lo que incrementa la certeza y favorece los proyectos de inversión.

La base imponible es sobre la venta y compra de combustibles fósiles líquidos, como la gasolina, el diésel, el gas natural, propano, carbón y aceite de calefacción, aunque existen excepciones¹⁹. El impuesto grava tanto a las empresas como a los hogares y se aplica dependiendo de las emisiones de carbono anticipadas de cada combustible (**Cuadro 8**). Para captar el apoyo de la comunidad empresarial, el impuesto se implementó con repartición de dividendos²⁰, es decir, los ingresos recaudados se contrarrestaron con recortes de impuestos en otros sectores (Murray & Rivers, 2015). Este crédito está disponible para personas con ingresos bajos y moderados, con el objetivo de compensar el impacto del impuesto al carbono²¹ (Government of British Columbia, s.f.).

Cuadro 8: Tasa de impuesto en Canadá
(en base a CAD 40/tCO₂ eq)

	Combustible	Carbono	Total
Gasolina (L)	2,31	6,85	9,16
Diésel (L)	2,31	7,88	10,19
Gas natural (L)	Exento*	-	-
Propano (L)	2,08	4,74	6,82

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del boletín MFT-CT 005, publicado por el ministerio de finanzas (2021)

Nota: La conversión al dólar se aplica con un tipo de cambio igual a 1 CAD = 0,77 USD

*Generalmente no está sujeto al impuesto, salvo algunas excepciones

Respecto a los impactos que ha tenido el impuesto en la economía, entre el 2008 y el 2014, mientras el impuesto incrementó de C\$ 10 a C\$ 30, CB creció 12% aproximadamente – más que el promedio nacional – mientras que las emisiones de CO₂ por persona bajaron casi un 9%, esto es, dos veces más que el total país (Environmental Reporting BC, 2016). Con respecto al consumo de productos de petróleo, dentro de los primeros 4 años de la introducción del impuesto, en CB disminuyó un 15%, es decir, 10 puntos más que la disminución a nivel nacional. Por último, en términos del PIB per cápita, el crecimiento entre 2007 y 2013 fue de un 6%, el mismo que reporta Canadá (Dumoulin & Bauman, 2015).

¹⁹ Las excepciones son sobre los combustibles exportados desde CB, sobre los combustibles utilizados por aviones y barcos, sobre los combustibles utilizados en la agricultura, entre otras.

²⁰ CB es el único caso de un impuesto con repartición de dividendos (*Tax and Fee*).

²¹ Aproximadamente 1,3 millones de habitantes de CB se benefician de este crédito.

5.3 México

El impuesto al carbono en México fue aprobado en 2013, enmarcado dentro de la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios (Artículo 2do. Fracción I, inciso H.), y entró en vigor en enero de 2014. El impuesto al carbono se aplica al productor o importador de combustibles fósiles. El gravamen está determinado según el potencial de emisiones de CO₂ que tiene cada combustible (**Cuadro 9**). Todos los ingresos recaudados por este impuesto van al presupuesto general y no están destinados para un uso específico. Según el informe publicado en 2020 por la Plataforma Mexicana de Carbono, este impuesto no es lo suficientemente alto como para modificar los patrones de producción y consumo, y, por lo tanto, para que se produzcan reducciones sustantivas de emisiones de GEI.

Cuadro 9: Tasa de impuesto a combustibles fósiles

	Impuesto en USD	Unidad de medida
Propano	0,30	centavos por litro
Butano	0,39	centavos por litro
Gasolina y gasavión	0,53	centavos por litro
Turbina y Kerosene	0,65	centavos por litro
Diésel	0,69	centavos por litro
Carbón mineral	1,41	MXN/USD por tonelada
Coque de carbón	1,88	MXN/USD por tonelada
Otros minerales fósiles	2,04	MXN/USD por tonelada*

Fuente: Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2020)

*Tonelada de carbón contenida en el combustible

El monto recaudado por el impuesto al carbono ha ido disminuyendo desde el 2014 (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2020), sin embargo, a la fecha no existen estudios que analicen los efectos de este impuesto.

5.4 Irlanda

Irlanda, es una pequeña economía abierta, la cual en 2009 promulgó un impuesto al carbono sin justificarlo por una necesidad medioambiental, sino que más bien, para apoyar la crisis financiera (*subprime*). La implementación del impuesto fue gradual. En 2009, se fijó en EUR 15/tCO₂ y se aplicó sobre los combustibles de transporte, gasolina y diésel. En 2010, se amplió a otros combustibles líquidos y gaseosos, como el kerosene, GLP, gas natural, fuelóleo, entre otros. Y finalmente, entre 2013 y 2014, se extendió al resto de los combustibles sólidos, como el carbón y la turba (Larrea, Fernández, & Hermana, 2020).

En sus inicios, el impuesto al CO₂ era sobre el consumo de combustibles fósiles en los sectores residenciales, terciarios, transporte e industriales. El impuesto es al nivel de los distribuidores de combustibles y carburantes, es decir, aguas arriba. Estas entidades deben cumplir con el registro en el *National Excise License Office* que les permite operar. El gravamen que tienen que pagar es en base a las emisiones de cada combustible que está en el desglose de su legislación (Finance Act,

2010). El monto recaudado va al presupuesto general, sin que necesariamente se inviertan montos concretos en el medioambiente.

Con respecto al impacto del impuesto, este ha tenido un desempeño ambiguo. Las emisiones de CO₂ empezaron a caer desde el 2008²², sin embargo, estas empezaron a crecer a partir de 2012, implicando que esta medida no estaría cumpliendo con la reducción de las emisiones de GEI ni con impulsar la transformación del sector energético. En este contexto, se presionó al gobierno irlandés para incrementar este impuesto, ya que esta política está dentro de las formas más económicas de reducir las emisiones (Conefrey, Fitz Gerald, Malaguzzi, & S.J., 2013).

Es así como en 2019 se fijó un aumento anual de EUR 6/tCO₂eq, llegando a los EUR 26/tCO₂eq ese año. El objetivo es alcanzar los EUR 80/tCO₂eq (USD 87/tCO₂eq) en el año 2030. Se espera que lo recaudado se redistribuya para la protección de los consumidores vulnerables y para las inversiones que faciliten la transición hacia una economía con bajas emisiones de CO₂ (Banco Mundial, 2020).

La evidencia comparada es ambigua, por un lado, mientras más altos eran los precios al carbono, mayor era el efecto en las emisiones (Suecia y Columbia Británica). Pero su extrapolación a la realidad chilena resulta difícil, dadas las diferencias entre Chile y ambos países. Una comparación más cercana se encuentra con el escenario mexicano pero, desafortunadamente, este país no presenta literatura sobre la efectividad del impuesto.

Por último, la repartición de dividendos que aplicó CB podría servir para el modelo chileno, en el caso de aplicarse un impuesto a la emisión de carbono en el sector de transporte. Esta experiencia podría ayudar en caso de encontrarse que la realidad chilena haya cambiado a lo ilustrado por Agostini y Jiménez (2015) y que este tipo de impuesto terminara siendo regresivo.

6. Marco Conceptual y Metodología

Para analizar si la tarificación tributaria a los combustibles fósiles utilizados en el sector de transporte ayuda o no a reducir el crecimiento de las emisiones, se abordará en la metodología la siguiente pregunta: ¿Qué nivel de impuesto al carbono implicaría una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte?

Gran parte de los impuestos al carbono que se han adoptado no han desarrollado un diseño económico detallado para respaldar los montos de los impuestos (Banco Mundial, 2020). Por otro lado, la literatura empírica ex post para analizar el efecto causal del impuesto sobre las emisiones es aún menor (Baranzini & Carattini, 2014) (Stern, 2015). Esta falta de estudios empíricos es lamentable dada la urgencia de abordar la crisis ambiental (Andersson, 2019).

²² Posiblemente explicadas por la crisis económica.

En la guía del impuesto al carbono realizada por la Alianza de Preparación para los Mercados de Carbono (*Partnership for Market readiness, PMR*) en 2020 se muestra que, para diseñar un impuesto al carbono, es necesario considerar los principios FASTER²³:

- 1) **Justicia/Equidad:** Reflejan el principio de “quien contamina paga” y contribuyen en la distribución de costos y beneficios de forma equitativa, además de evitar cargas desproporcionadas sobre grupos vulnerables.
- 2) **Alineación de las políticas y objetivos:** El uso del precio del carbono como un conjunto de medidas que facilitan la competencia y transparencia, garantizan iguales oportunidades para alternativas bajas en carbono e interactúan con un conjunto más amplio de políticas climáticas y no climáticas.
- 3) **Estabilidad y previsibilidad:** Implementan precios del carbono dentro de un marco político estable que ofrece una señal de inversión consistente, creíble y sólida, cuya intensidad debería incrementarse con el tiempo.
- 4) **Transparencia:** Ser claro en el diseño y en la implementación.
- 5) **Eficiencia y rentabilidad:** Garantizan que el diseño fomente la eficiencia económica y reduzca los costos de la reducción de emisiones.
- 6) **Confiabilidad e integridad ambiental:** Permite una reducción medible de las conductas perjudiciales para el medioambiente.

Existen diferentes enfoques para establecer la tasa impositiva, cada uno de ellos está enfocado a diferentes objetivos de política. Se puede establecer la tasa impositiva a fin de buscar un nivel determinado de mitigación de las emisiones, generar un nivel determinado de ingresos o para reflejar las externalidades de las emisiones. En este ejercicio se utilizará el último enfoque.

6.1 Datos

Para resolver la pregunta expuesta anteriormente, se necesitan los siguientes datos:

a) Emisiones totales del sector transporte

Las fuentes de emisiones totales para el sector terrestre que existen para Chile son varias. Dentro de las estimaciones internacionales destacan el Banco Mundial y la Agencia Internacional de la Energía (*IEA*). Y entre las fuentes nacionales, destaca el Registro de Emisiones de Transferencias de Contaminantes y el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (*SNICHILE*). Estas estimaciones difieren entre sí, esto se debe a la diferencia de supuestos y desagregaciones que hace cada fuente. Pero a lo que, si convergen, es en la tendencia creciente que han tenido las emisiones de CO₂ en el sector de transporte terrestre.

Para esta investigación, se utilizaron los datos que utiliza y publica el Ministerio del Medio Ambiente, es decir, los datos del *SNICHILE*. Esta fuente se creó en 2012, como respuesta a los

²³ Acrónimo en inglés conformado por las iniciales de los términos *fairness, alignment, stability, transparency, efficiency, reliability* (justicia, alineación, estabilidad, transparencia, eficiencia, confiabilidad).

compromisos adquiridos por el país en materia de reporte y presentación de sus inventarios de GEI ante las Naciones Unidas.

b) Precios y niveles de emisión de CO2 de los combustibles

El transporte terrestre en Chile utiliza mayormente gasolina y el diésel (SNICHILE, 2017). Los precios de venta de estos combustibles se pueden obtener de la Comisión Nacional de Energía, la cual realiza una encuesta semanal en las estaciones de servicio. Para este trabajo, se utilizó la muestra que corresponde a la Región Metropolitana, asumiendo que es representativa para el país. Además, gran parte de las emisiones de CO2 del transporte terrestre se encuentran en esta región.

El registro oficial de emisiones está disponible solo hasta el 2016, siendo los precios promedios de las gasolinas y del diésel para este año los utilizados. Para la gasolina, el precio que se ocupó es la de 95 octanos, se asume que esta es la que más se utiliza (**Cuadro 10**).

**Cuadro 10: Promedio de precios de venta al público
(peso/litro)**

	Gasolina 93	Gasolina 95	Gasolina 97	Petróleo diésel
Prom. Año 2016	680,57	710,93	746,94	435,36
Prom. Año 2016 sin impuesto específico	406,85	437,21	473,22	366,93

Fuente: Elaboración en base a los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía (2020).

Además, para corregir el precio de los combustibles que ya tienen incluido el impuesto específico, según el tipo de combustible se extrajo la base fija de este impuesto. En lo anterior, se asumió que la base variable de este impuesto tiende a cero en el año.

En cuanto a los factores de conversión de CO2 por tipo de gasolina, los datos utilizados provienen del Ministerio de Energía de Chile en el año 2016 (**Cuadro 11**).

Cuadro 11: Factor de conversión por tipo de combustible

	Kg CO2/m3	Kg CO2/L	Kg CO2/t
Gasolina para vehículos	2.241	2,241	3.070
Petróleo diésel	2.676	2,676	3.186
Gas licuado de petróleo	1.642	1,642	2.985

Fuente: Ministerio de Energía de Chile (2016).

c) Elasticidad

La literatura frecuentemente nos recuerda que la elasticidad en el combustible es bastante baja. Calcular la elasticidad del cambio anual promedio de las emisiones de CO2 con respecto al cambio en los precios del combustible, tiene una magnitud tan grande, que este documento no la desarrollará.

Si no que más bien, se realiza una revisión bibliográfica de la literatura ya existente. Y se utiliza la elasticidad encontrada en estas investigaciones.

Si bien la literatura sobre la elasticidad precio del consumo de combustible es bastante amplia, lo contrario ocurre con la investigación sobre el cambio en las emisiones de CO₂, ante un cambio en el precio del combustible en el sector de transporte (Andersson, 2019) (Baranzini & Carattini, 2014) (Sternner, 2015).

Con respecto a la evidencia nacional, una investigación que nos puede dar nociones con respecto a las direcciones de la elasticidad podría ser el estudio realizado por Agostini (2010), en el cual se analizan los efectos del diferencial de impuestos a las gasolinas en la demanda de automóviles. Los resultados muestran una elasticidad estimada del impuesto a los combustibles para la demanda de automóviles a diésel de -2,1. Uno podría extrapolar estos resultados de disminución de demanda de automóviles a una disminución a las emisiones, pero esto ya sería material para otra investigación.

A continuación, se muestran algunas afirmaciones importantes a tener en consideración en este documento:

- I. El resultado que aparece de forma repetitiva en la literatura es que las elasticidades a largo plazo son casi siempre sustancialmente mayores que las de corto plazo. Las elasticidades de largo plazo generalmente son 2 a 3 veces más grandes que las de corto plazo (Goodwin, Dargay, & Hanly, 2004).
- II. Los vehículos privados, responden más que el transporte de mercancías, pues este último no tiene un sustituto inmediato²⁴, sino que más bien, la forma de respuesta es por medio de un aumento en los costos que se traducen en un aumento en los precios de las mercancías.
- III. El transporte responde más ante un impuesto que a una disminución en los precios. El primero se percibe de forma permanente y el segundo de una forma más transitoria. Por lo que el primero es el que se necesita para realizar cambios más estructurales en el sector de transporte, sujeto a los sustitutos disponibles.
- IV. La elasticidad del impuesto al carbono de la demanda de gasolina es tres veces mayor que la elasticidad precio. Las evaluaciones de políticas de impuestos al carbono, que utilizan elasticidades de precios para simular reducciones de emisiones, pueden subestimar significativamente su verdadero efecto (Andersson, 2019).

Las elasticidades que se tomaron en cuenta son las siguientes:

Tabla 1: Publicaciones de elasticidades

	Descripción		Elasticidad corto plazo	Elasticidad largo plazo
Goodwin P., Dargay J. & Hanly M. (2003)	Se analizan 69 estudios, que contienen 491 elasticidades.	Modelo estático	-0,08	-1,1
		Modelo dinámico	-0,3	
Takuchi A., Cropper M. & Bento A. (2007)	Se analizan los datos de Mumbai en el 2003		-0,04	
Best R., Burke P. & Jotzo F. (2020)	Se analizan a lo largo de 2 décadas, los datos de 142 países, de los cuales 43 tienen asignado un precio al carbón, pero solo 7 de estos están asignados al sector de transporte.		-0,001	

Fuente: Elaboración propia (2020).

²⁴ En el mediano plazo está el uso del hidrógeno verde como combustible para los vehículos de carga.

El estudio más actual, no nos entrega números muy esperanzadores. Con una elasticidad de -0,001, se infiere que este es un sector inelástico, por lo que poner un impuesto no lograría modificar los patrones de emisiones, sino que más bien sólo estaría sirviendo para recaudar fondos.

Por otro lado, Best R., Burke P. & Jotzo F. (2020) concluyen que “los países con un precio al carbono han tenido en promedio tasas de crecimiento de las emisiones de CO2 anuales que son aproximadamente 2 puntos porcentuales más bajas que los países sin un precio del carbono, todo lo demás igual”. Esto está en línea con la teoría que se ha expuesto previamente, en la cual se afirma que establecer un precio al carbono ayuda a disminuir las emisiones de CO2. Entonces lo que se podría desprender de esto es que el sector de transporte no es muy sensible a esta política pública.

Siguiendo con la metodología, se utilizó la ecuación (1) de elasticidad:

$$\varepsilon = \frac{\Delta Q}{Q} \frac{P}{\Delta P'} \quad (1)$$

donde ε , denota la elasticidad, que se considera un parámetro dado por la evidencia internacional. P representa el promedio del precio del combustible al 2016, Q da cuenta de las emisiones de CO2 del sector del transporte al 2016 y ΔP es la variación en el precio promedio. La variable que se obtiene despejando de (1) es ΔQ

Se aplicaron dos enfoques diferentes:

- 1) El aumento en el precio es sobre el precio con impuesto específico, diferenciando entre gasolina y diésel, con el objetivo de ajustar la diferencia entre los precios. Al petróleo diésel, se le multiplica por 4 el aumento del precio, dado que su impuesto específico es $\frac{1}{4}$ del de las gasolinas.
- 2) El aumento en el precio es sobre el precio sin el impuesto específico.

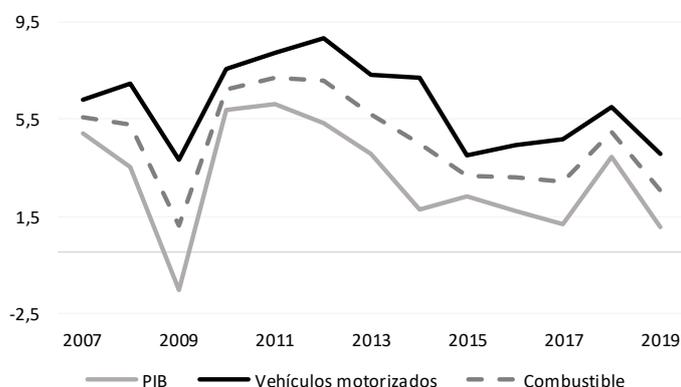
Adicionalmente, en ambos enfoques se asumió que el parque vehicular se mantiene constante. Este supuesto no es menor, ya que los datos publicados por el INE muestran que esta variable ha presentado un crecimiento constante a lo largo del tiempo.

En un segundo ejercicio de sensibilidad, se analizaron estos dos enfoques, pero con diferentes escenarios de crecimiento de la cantidad de vehículos motorizados (**Cuadro 12**), los que se exponen a continuación:

- 1) El primer escenario fue asumiendo la misma tasa de crecimiento del producto interno bruto (PIB) de Chile al parque vehicular. Este escenario representó la cota inferior.
- 2) En el segundo escenario se asumió que el crecimiento del parque vehicular sería igual al promedio móvil de los últimos 3 años de los vehículos motorizados. Este escenario representó la cota superior.

- 3) En el tercer escenario se utilizó el promedio de la cota inferior y de la superior, generando un escenario intermedio, el cual se categorizó como el escenario de crecimiento del combustible.

Cuadro 12: Variación anual cantidad de vehículos motorizados y PIB (en %)



Fuente: Elaboración propia en base a los datos obtenidos del Banco Central de Chile y del INE (2020).

7. Resultados

7.1 Primer enfoque

En este enfoque se encuentran los siguientes resultados si se aumenta el precio en 5, 10, 15 o 20%:

Tabla A: Aumento del precio en 5%

Elasticidades	A + M ²⁵	Camiones	Total
-0,001 ²⁶	-0,0050	-0,0055	-0,0105
-0,04 ²⁷	-0,0186	-0,2202	-0,2388
-0,08	-0,0371	-0,4404	-0,4775

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla B: Aumento del precio en 10%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0090	-0,0110	-0,0119
-0,04	-0,0371	-0,4404	-0,4775
-0,08	-0,0743	-0,8808	-0,9551

Fuente: Elaboración propia (2020).

²⁵ Automóviles y Motocicletas

²⁶ Más adelante se referirá a estos resultados como a.1

²⁷ Más adelante se referirá a estos resultados como a.2

Tabla C: Aumento del precio en 15%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0014	-0,0165	-0,0179
-0,04	-0,0057	-0,6606	-0,6663
-0,08	-0,1114	-1,3212	-1,4326

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla D: Aumento del precio en 20%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0019	-0,022	-0,0239
-0,04	-0,0743	-0,8808	-0,9551
-0,08	-0,1485	-1,7616	-1,9101

Fuente: Elaboración propia (2020).

En el último escenario, al aumentar en 20% el precio de la gasolina 95, y asumiendo una elasticidad de -0,08, la caída de las emisiones de los automóviles y las motocicletas será de 0,1485 kilo toneladas en promedio en un año.

7.2 Segundo enfoque

En el enfoque número 2, en el cual el aumento del precio es sobre los precios sin el impuesto específico, el aumento del precio debería ser en una magnitud mucho mayor, porque al replicar los aumentos de la primera metodología, los precios finales resultarían bajo el precio que actualmente paga la ciudadanía, y esto definitivamente no iba a incentivar a disminuir el uso de los combustibles. Lo bueno de este enfoque, es que no existirían 2 impuestos, sino que más bien, estos se unificarían y tendrían el foco en grabar las emisiones de CO2 y no en exclusivamente aumentar las arcas fiscales.

Los resultados fueron los siguientes si se aumenta el precio en 50, 70, 90 o 100%:

Tabla D: Aumento del precio en 50%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0075	-0,0163	-0,0239
0,04	-0,3019	-0,6532	-0,9550
0,08	-0,6037	-1,3063	-1,9100

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla E: Aumento del precio en 70%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0106	-0,0229	-0,0334
0,04	-0,4226	-0,9144	-1,3370
0,08	-0,8452	-1,8288	-2,6741

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla F: Aumento del precio en 90%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,0136	-0,0294	-0,0430
0,04	-0,5434	-1,1757	-1,7190
0,08	-1,0867	-2,3514	-3,4381

Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla G: Aumento del precio en 100%

Elasticidades	A + M	Camiones	Total
-0,001	-0,015	-0,033	-0,048
0,04	-0,604	-1,306	-1,910
0,08	-1,207	-2,613	-3,820

Fuente: Elaboración propia (2020).

La meta de reducción de emisiones que publicó el ministerio del medio ambiente en el 2017 para el sector de transporte fue la siguiente:

- 1) Para el 2020 disminuir 520 t de CO₂
- 2) Para el 2025 disminuir 2530 t de CO₂
- 3) Para el 2030 disminuir 5070 t de CO₂

Los escenarios que logran llegar a la meta del 2020, con una disminución de 0,520 kilo toneladas, hubiesen sido los b.3, c.2, c.3, d.2, d.3, f.2, f.3, g.2, g.3, h.2 y h.3. Pero si se toma en cuenta la elasticidad más reciente, ningún escenario hubiese logrado cumplir con la meta.

Al analizar estos mismos dos escenarios, pero dejando de lado el supuesto del parque vehicular constante, los resultados muestran que en los 3 escenarios las caídas de las emisiones son absorbidas por las tasas de crecimiento del parque vehicular. Por lo tanto, con este impuesto las emisiones seguirían creciendo, aunque a una tasa menor.

Por otro lado, para unificar la información que se publica a nivel internacional, se utilizan los factores de emisión, los cuales nos sirven para responder la pregunta del estudio y compararla con la metodología.

El hecho que el impuesto específico sea tan diferente entre gasolina y diésel implica que los resultados son muy diferentes entre cada uno, sumado a que las toneladas de CO₂ que emite el diésel son mayores a las de la gasolina. En el **Cuadro 13**, se muestran los resultados de cómo quedaría el precio final de la gasolina y del diésel si se implementara un impuesto sujeto a sus niveles de emisión de carbono. Acá el precio base que se utilizó fue el precio puro, es decir, se utilizó el precio sin el impuesto específico.

Si se promulga un impuesto de USD 70 por tCO₂, monto que está dentro de las recomendaciones internacionales, por cada litro de gasolina que se vende, 106,17 pesos se irían a este impuesto y el

precio final de la gasolina sería de CL\$ 543,4. Este precio está por debajo del precio promedio que existía para la gasolina en el 2016, entonces esto estaría dando resultados contradictorios. Al utilizar un impuesto de USD 70 por tCO₂, los consumidores de gasolina en vez de disminuir su consumo lo aumentarían pues el precio bajó (167,5).

A diferencia de los resultados que se ven con la gasolina, en el diésel todos los niveles de impuesto analizados servirían para aumentar el precio. Esta diferencia se debe mayormente porque actualmente existe una brecha muy grande entre estos 2 combustibles. Por estos resultados, se puede inferir que la gasolina ya está internalizando los costos de la externalidad de sus emisiones, mientras que el diésel está bastante lejos de estar haciéndolo. Esto refuerza la creencia de que es necesario aumentar el impuesto que paga el diésel, así como también lo propuso Agostini y Jiménez (2015).

Cuadro 13: Factor de emisión de CO₂ por tipo de combustible

	USD tCO ₂ e	t CO ₂ /L	USD CO ₂ /L	CLP CO ₂ /L	Precio final*	Precio 2016	Diferencia
GASOLINA	5	0,00224	0,011	7,58	444,79	710,93	(266,14)
	20	0,00224	0,045	30,34	467,54	710,93	(243,38)
	30	0,00224	0,067	45,50	482,71	710,93	(228,22)
	40	0,00224	0,090	60,67	497,88	710,93	(213,05)
	50	0,00224	0,112	75,84	513,05	710,93	(197,88)
	70	0,00224	0,157	106,17	543,38	710,93	(167,54)
	90	0,00224	0,202	136,51	573,72	710,93	(137,21)
	110	0,00224	0,247	166,85	604,05	710,93	(106,87)
	181	0,00224	0,406	274,54	711,74	710,93	0,82
DIÉSEL	5	0,00268	0,013	9,06	573,37	435,36	138,02
	20	0,00268	0,054	36,22	600,54	435,36	165,18
	30	0,00268	0,080	54,34	618,65	435,36	183,30
	40	0,00268	0,107	72,45	636,77	435,36	201,41
	50	0,00268	0,134	90,56	654,88	435,36	219,52
	70	0,00268	0,187	126,78	691,10	435,36	255,74
	90	0,00268	0,241	163,01	727,33	435,36	291,97
	110	0,00268	0,294	199,23	763,55	435,36	328,19

Fuente: Elaboración propia (2020).

*Precio final se refiere al precio con el impuesto al carbono.

Por último, la proyección de este estudio es encontrar la elasticidad de las emisiones de CO₂ con respecto al cambio en los precios de los combustibles en Chile. Con esta información se podría llegar a resultados más fidedignos de la realidad chilena, pues las elasticidades serían las que corresponden.

8. Conclusiones y recomendaciones de política pública

Dado el escenario internacional, es importante para Chile hacerse cargo de las emisiones que se generan en el sector de transporte, segundo sector que más emisiones de gases de efecto invernadero produce. Los resultados que se obtuvieron en este estudio dan cuenta de un impacto limitado del impuesto al dióxido de carbono en el sector del transporte en disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero es limitado.

La elasticidad precio y la elasticidad emisiones-precio son un insumo clave para estimar los efectos sobre la disminución de las emisiones, y en base a la literatura más actual (Best, Burke, & Frank, 2020), estas son relativamente bajas (-0,001), implicando que el sector transporte tiende a ser un sector inelástico en el corto plazo.

En cuanto a los escenarios que lograban disminuir las emisiones, suponiendo una tasa constante en el parque vehicular, tenemos que por lo menos en este sector se debía tener una elasticidad de -0.04 para lograr disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. Acá el aumento del precio de la gasolina 95 iba desde los CL\$ 32,3 hasta los CL\$ 163,5. Respecto al aumento del petróleo diésel este iba desde los CL\$ 174,1 hasta los CL\$ 348,3. Cuando se levantó el supuesto del parque vehicular constante, ningún escenario lograba disminuir las emisiones, sino que más bien las emisiones seguían creciendo, aunque a una tasa menor.

Lo anterior da cuenta que la política de reducción de emisiones no ha obtenido los resultados esperados, reduciendo el ritmo de crecimiento y no así el total emitido. La crisis climática hay que afrontarla ahora y estos son insuficientes.

Adicionalmente, dado que Chile no produce vehículos y se tiene que adaptar a la producción internacional, producción que está en proceso de un recambio tecnológico y que cada vez está impulsando más los vehículos híbridos o libres de combustibles fósiles. Entonces este recambio va a obligar a la población a cambiar el tipo de vehículos que utilicen, por un tema de que simplemente no habrá otros sustitutos que funcionen en su totalidad en base a los combustibles fósiles.

Además, es necesario aumentar el impuesto al petróleo diésel, pues este no está siendo gravado en un nivel que corresponda a su externalidad. Esta es una política bastante controversial, pues el gremio de camioneros es una entidad tan fuerte, el cual, sin importar el gobierno de turno, logran que sus demandas sean escuchadas con una mayor premura que otros gremios. Por lo que generar una política pública que aumente el gravamen al diésel es difícilmente viable por este obstáculo.

En línea con lo anterior, la actual constitución vigente en Chile no permite dirigir recaudaciones tributarias específicas a políticas públicas concretas, y esto es un problema para los impuestos ambientales en general. Entonces es importante que en la futura constitución se corrija esta problemática, para que así los fondos sean asignados al problema ambiental en específico y en el lugar en donde se genera, pensando en los distintos desastres naturales que tenemos a lo largo del país.

Chile es reconocido por ser una potencia mundial en la implementación de las energías renovables, este potencial se debe mayormente por las características geográficas que tiene la nación. Por esta

razón, para que Chile logre cumplir con sus metas de reducción de emisiones y llegar a la carbono-neutralidad comprometida al 2050, ayudaría direccionar las políticas públicas en ese sentido. Entre algunos ejemplos están los escenarios analizados en la segunda NDC, tales como, promover la electromovilidad en todo el territorio nacional, acelerar el cierre de las centrales a carbón, recambio energético para la calefacción, entre otros.

Finalmente, es necesario que Chile tenga presente los beneficios que presentan disminuir las emisiones de GEI. Según la Organización Mundial de la Salud, la contaminación atmosférica aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía, y crónicas como el cáncer del pulmón y las enfermedades cardiovasculares. En el caso de Chile, se estima que en el año 2018 ocurrieron alrededor de 3.640 casos de muertes prematuras por enfermedades cardiovasculares asociadas a la contaminación local provocadas por los gases de efecto invernadero (Ministerio del Medio Ambiente, 2019).

9. Referencias

- Agostini, C. (2010, Enero 1). Impuestos diferenciales a las gasolinas y sus efectos en la demanda de automóviles. *Revista de la CEPAL*, 2010, 103-113. doi:10.18356/0713d787-es
- Agostini, C., & Jiménez, J. (31 de Octubre de 2015). The distributional incidence of the gasoline tax in Chile. *Energy Policy*, 85, 243-252. doi: 10.1016/j.enpol.2015.06.010
- Alcántara, V., & Padilla, E. (Mayo de 2005). Análisis de las emisiones de CO₂ y sus factores explicativos en las diferentes áreas del mundo. *Revista de Economía Crítica*, 4. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://www.researchgate.net/publication/24138217_Analisis_de_las_emisiones_de_CO2_y_sus_factores_explicativos_en_las_diferentes_areas_del_mundo
- Alianza de Preparación para los Mercados de Carbono (Partnership for Market readiness, PMR). (2017). *Guía del Impuesto al Carbono: Un Manual para Creadores de Política*. Washington, DC: Banco Mundial. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/26300/129668ovSP.pdf?sequence=13&isAllowed=y>
- Andersson, J. (Octubre de 2015). Cars, carbon taxes and CO₂ emissions. Working paper. (238), 21. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2015/10/Working-Paper-212-Andersson.pdf>
- Andersson, J. (2019). Carbon Taxes and CO₂ Emissions: Sweden as a Case Study. *American Economic Journal: Economic Policy*, 11(4), 1-30. doi:10.1257/pol.20170144
- Arrhenius, S. (1896). XXXI. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 41(251), 237-276. doi:10.1080/14786449608620846
- Arrow, K., Dale, J., Krugman, P., Nordhaus, W., & Solow, R. (1997). The Economists' Statement on Climate Change. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20170909132801/>
- Banco Mundial. (2020). *Situación y tendencias de la fijación del precio del carbono 2020*. Washington, DC: Banco Mundial. doi:10.1596/978-1-4648-1586-7
- Baranzini, A., & Carattini, S. (2014). Taxation of Emissions of Greenhouse Gases. (B. Freedman, Ed.) *Global Environmental Change*, 543-560. doi:10.1007/978-94-007-5784-4_90
- Best, R., Burke, P., & Frank, J. (2020, Junio 19). Carbon Pricing Efficacy: Cross-Country Evidence. *Environmental and Resource Economics*, 77. doi:10.1007/c10640-020-00436-x
- CNN Chile. (2019, Febrero 14). Chile ocupa el puesto #1 en ranking mundial de energías renovables. Santiago, Chile. From https://www.cnnchile.com/pais/chile-ranking-energias-renovables_20190214/
- Coalición de líderes para la fijación de precios al carbono. (2015). *¿Cuál es el impacto de fijarle precio al carbono en la competitividad?* Obtenido de <https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53deccfb4c/t/59d3a84f49fc2>

- b7ba1d0a7c7/1507043407462/What+is+the+Impact+of+Carbon+Pricing+on+Competitiveness_Spanish.pdf
- Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono. (2017). *Informe de la Comisión de Alto Nivel sobre los Precios del Carbono*. Resumen, Banco Mundial, Washington, DC. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://static1.squarespace.com/static/54ff9c5ce4b0a53decccfb4c/t/59b7f2cbe9bfdfbcc6401095/1505227469557/CarbonPricing_SpanishSummary.pdf
- Conefrey, T., Fitz Gerald, J., Malaguzzi, L., & S.J., R. (2013). The impact of a carbon tax on economic growth and carbon dioxide emissions in Ireland. (Routledge, Ed.) *Journal of Environmental Planning and Management*, 56(7), 934-952. doi:10.1080/09640568.2012.709467
- Dumoulin, A., & Bauman, Y. (Agosto de 2015). *Sightline Institute*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://www.sightline.org/2014/03/11/all-you-need-to-know-about-bcs-carbon-tax-shift-in-five-charts/?gclid=CjwKEAiA-s6zBRDWudDL2lic4QQSJAA4Od3XFI2uOgz8Vhrcj7HMBtAiR__P0f5KHTMt-QNGzcBNZBoCEIPw_wcB
- Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Minx, J., Farahani, E., Kadner, S., . . . Zwickel, T. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_summary-for-policymakers.pdf
- Electricidad, la revista energética de Chile. (22 de Mayo de 2018). Industria agroalimentaria realiza ofensiva política para evitar pagar impuestos verdes. *Electricidad*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://www.revistaei.cl/2018/05/22/industria-agroalimentaria-realiza-ofensiva-politica-evitar-pagar-impuestos-verdes/>
- Environmental Reporting BC. (2016). *Trends in Greenhouse Gas Emissions in B.C. (1990-2014)*. British Columbia. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/research-monitoring-and-reporting/reporting/envreportbc/archived-indicators/sustainability/envreportbc_ghg_emissions_aug2016.pdf
- García, N. (2018). *Implementación del Impuesto Verde en Chile*. Comisión de Minería y Energía del Senado. Valparaíso: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/26723/1/BCN__Implementacion_de_Impuesto_Verde_en_Chile.pdf
- Gobierno de Chile. (2020). *Contribución determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile*. Santiago. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/07/Espanol-21-julio.pdf>
- Gobierno de Chile k. (2021). *Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile*. Santiago. Recuperado el 2020, de https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf
- Goodwin, P., Dargay, J., & Hanly, M. (Mayo de 2004). Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. *Transport Reviews*, 24(3), 275-292. doi:10.1080/0144164042000181725

- Government of British Columbia. (s.f.). *gov.bc.ca*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/climate-change/planning-and-action/carbon-tax/programs>
- Howard, P., & Sylvan, D. (2015). *Expert Consensus on the Economics of Climate Change*. New York: New York University School of Law, Institute for Policy Integrity.
- IMF. (2017). *International Monetary Fund Factsheet: Climate, Environment, and the IMF*. Washington, DC, Estados Unidos: IMF.
- IMF. (2019). *Fiscal Monitor: How to mitigate Climate Change*. Washington.
- International Energy Agency. (2019). *World Energy Outlook 2019*. IEA, Paris. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>
- International Energy Agency. (2020). *IEA*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de Explore energy data by category, indicator, country or region: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2BySector>
- International Energy Agency. (2020). *Tracking Transport 2020*. Paris, Francia. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/tracking-transport-2020>
- Larrea, M., Fernández, J., & Hermana, R. (17 de 01 de 2020). La fiscalidad sobre el carbono. Una aproximación a los casos de Suecia, Irlanda y Francia. *Icade. Revista de la Facultad de Derecho*(108), 39. doi:10.14422/icade.i108.y2019.003
- LBST. (2020). *International Hydrogen Strategies. A study commissioned by and in cooperation with the World Energy Council Germany*. Informe Final. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://www.weltenergiemat.de/wp-content/uploads/2020/10/WEC_H2_Strategies_finalreport.pdf
- Mardones, C., & Muñoz, T. (Abril de 2017). Impuesto al CO2 en el sector eléctrico Chileno: efectividad y efectos macroeconómicos. *Economía chilena*, 20(1), 22. Recuperado el 15 de Enero de 2021, de https://www.bcentral.cl/c/document_library/get_file?uuid=21b2a312-8f4a-564e-3838-6261b0434d04&groupId=33528#:~:text=En%20particular%2C%20la%20reforma%20establece,generadoras%20t%C3%A9rmicas%20del%20sector%20el%C3%A9ctrico
- Ministerio de Energía. (2020). *Energía 2050. Política energética de Chile*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://energia.gob.cl/sites/default/files/energia_2050_-_politica_energetica_de_chile.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Manual de Registro de Caldera y turbinas para el pago de Impuestos Verdes*. Santiago. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://vu.mma.gob.cl/manuals/impuestoverde/MANUAL_REGISTRO_DE_CALDERAS_Y_TURBINAS_MMA.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. (2019). *Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente*. Reporte. From <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/12/REMA-2019-comprimido.pdf>
- Ministry of Finance. (26 de Febrero de 2018). *Government Office of Sweden*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de Government Office of Sweden: <https://www.government.se/government-policy/taxes-and-tariffs/swedens-carbon-tax/>

- Ministry of Finance. (2019). Tax Bulletin. Tax Rates on Fuels. *Bulletin MFT-CT 005* (pág. 18). British Columbia. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/taxes/sales-taxes/publications/mft-ct-005-tax-rates-fuels.pdf>
- Murray, B., & Rivers, N. (2015, Agosto 10). British Columbia's revenue-neutral carbon tax: A review of the latest "grand experiment" in environmental policy. *Energy Policy*, 86, 674-683. doi:10.1016/j.enpol.2015.08.011
- Naciones Unidas. (1998). *PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- Partnership for Market Readiness. (2015). *Carbon Leakage: Theory, Evidence, and Policy*. PMR Technical Note 11, Work Bank, Washington, DC. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <http://documents1.worldbank.org/curated/en/138781468001151104/pdf/100369-NWP-PUBLIC-ADD-SERIES-Partnership-for-Market-Readiness-technical-papers-Box393231B.pdf>
- Plataforma Mexicana de Carbono. (2020). *Impuesto al Carbono en México. Nota técnica*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <http://www.mexico2.com.mx/uploads/mexico/file/artimpuestofinal.pdf>
- Precio al Carbono Chile. (2017). *Informe 2 Final: Propuestas de ampliación del alcance del sistema actual de impuesto al carbono*. Partnership for Market Readiness. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de http://www.precioalcarbonochile.cl/wp-content/uploads/2018/02/20170531_Alternativas-de-Dise%C3%B1o-y-Medidas-para-Sistema-Integral-de-IPC_-Inf-N%C2%B02-1.pdf
- Precio al carbono Chile. (2 de junio de 2017). *Precio al carbono Chile*. Obtenido de <http://www.precioalcarbonochile.cl/wp-content/uploads/2017/05/170526-Preliminar-Programa-2junTaller-Conce.pdf>
- Rona, N. (2019). *Colombia: Impuesto Nacional al carbono. Estudio de caso*. Libélula. GIZ. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de https://ledslac.org/wp-content/uploads/2019/09/EdC-Impuesto-al-Carbono-Colombia-ago19-comentarios-RA-_VF-rev.pdf
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público. (2020). *Recaudación: Ingresos tributarios del Gobierno Federal. IEPS*. Dirección General de Estadística de la Hacienda Pública, Unidad de Planeación Económica de la Hacienda Publica. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de http://omawww.sat.gob.mx/cifras_sat/Paginas/datos/vinculo.html?page=IngresosTributarios.html
- Skatteverket. (2020). *Skattesatser och växelkurser*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://skatteverket.se/foretagochorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/skattpabransle.4.15532c7b1442f256bae5e56.html>
- SNICHILE. (2017). *SNICHILE*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <http://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados/sector-energia/>
- Stern, N. S.-L. (2006). Stern Review: The Economics of climate change. *HM Treasury*. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf

- Stern, T. (2015). Beyond IPCC, Research for Paris 2015 and Beyond. *Environmental and Resource Economics*, 62, 207-215. doi:10.1007/s10640-015-9966-1
- Subsecretaría de Evaluación Social. (2017). *Estimación del Precio Social del CO2*. Ministerio de Desarrollo Social, División de Evaluación Social de Inversiones, Santiago. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <http://sni.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/download/precio-social-co2-2017/?wpdmdl=2406>
- Tribunal de Cuentas Europeo. (2019). *Emisiones de gases de efecto invernadero en la UE: Se notifican correctamente, pero es necesario tener un mayor conocimiento de las futuras reducciones*. EU publications. doi:10.2865/924427
- Vásquez, R., Salinas, F., & GIZ. (2018). *Tecnologías del hidrógeno y perspectivas para Chile*. Santiago. Recuperado el 10 de Octubre de 2020, de <https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/07/23185348/LIBRO-TECNOLOGIAS-H2-Y-PERSPECTIVAS-CHILE.pdf>
- World Bank Group. (2019). *State and Trends of Carbon Pricing 2019*. Washington, DC: World Bank. Obtenido de <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/31755>
- Yañez Henríquez, J. (2011). Tributación de los combustibles. *Revista de Estudios Tributarios*(5), 171-206. Obtenido de <https://revistaestudiotributarios.uchile.cl/index.php/RET/article/view/41135/42675>