



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA
MAESTRÍA EN ECONOMÍA (ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y
DESARROLLO SUSTENTABLE)

Impuestos ambientales y su incidencia en la mitigación de las Emisiones
Estatales

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
Maestro en Economía

PRESENTA:

Francisco Alejandro Crespo Ramírez

TUTOR:

Dr. Saúl Basurto Hernández

Facultad de Economía, UNAM

MIEMBROS DEL JURADO:

Mtra. Karina Caballero Güendulain

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Luis Gómez Oliver

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Luis Miguel Alejandro Galindo Paliza

Facultad de Economía, UNAM

Dr. Alonso Aguilar Ibarra

Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM

Ciudad Universitaria, Ciudad de México, octubre de 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas esas personas a continuación enlistadas que estuvieron presente en esta meta personal. En medio de una pandemia y múltiples incertidumbres, el apoyo que ustedes me brindaron de forma directa e indirecta en mis estudios fueron determinantes para culminar este trabajo, que representa mis preocupaciones, pasión e ilusión en lo que hago y en lo que soy.

A mi madre: Aurora Ramírez, sin ti no habría sido posible cumplir para mí este sueño. Quedaré infinitamente agradecido por tus sacrificios, ese amor incondicional y el apoyo que me has dado a lo largo de estos años. Sabes lo infinitamente que te quiero y el apoyo que siempre encontrarás en mí. Espero que te sientas muy orgullosa.

A mi padre: Francisco Crespo, trece años desde tu partida, cuando escribía este trabajo recordaba esa disciplina y compromiso que me enseñaste, quedándome siempre a la espera de tus consejos. El tiempo pasa, transcurre muy rápido, pero siempre estarás en mi mente y corazón.

A mi hermana: Daniela Crespo, a veces no veo lo mucho que has crecido y madurado, estoy sumamente orgulloso de ti, por lo que eres y por lo que estás comprometida a ser, además de la valentía y coraje que demuestras día a día. Nunca dudes de ti, sabes muy bien que encontrarás una voz, amor, consejo y el apoyo en mí.

A mi mejor amiga: Canela Crespo, en este lapso te adelantaste en el camino, tal vez no cumplí mi promesa y permanecerá una herida perpetua. Pero la vida me brindó una amiga que siempre me acompañó en los momentos más lúgubres y felices, siempre te echaré de menos. Estoy seguro de que nos volveremos a encontrar.

A mis abuelas y abuelos: Socorro García, Teresa Ramírez, Sofía Escalante, Francisco Crespo y Crisanto Sánchez; siempre anhelé que estuvieran presentes en diferentes etapas de mi vida, la propia vida no lo permite. Pero tuve la fortuna de poseer una infancia y parte de la adolescencia con su presencia y afecto, quisiese haber aprendido más de ustedes, siempre los recordaré con amor y cariño.

A mi mejor amigo: Richard Domínguez, recuerdo tus palabras al iniciar esta etapa, en medio de mis temores y frustraciones; “*al final nos estaremos riendo de estos momentos*”, así fue. De corazón te agradezco, no sólo en este episodio de mi vida, sino de todo el apoyo que me has brindado desde que nos conocemos, soy muy dichoso de tener un amigo y hermano incondicional, que cuenta el uno del otro.

A mi amigo: Carlos Sánchez, hermano, a pesar de la distancia y caminos que hemos tomado, siempre has demostrado el apoyo mutuo. Tú y tu familia me han abierto las puertas, son pocas las personas como tú y es de apreciar esos sentimientos nobles que posees y es de admirar el esfuerzo que haces por crecer.



A mi tutor y maestro: Dr. Saúl Basurto, especialmente por guiarme en este sendero sinuoso que yo desconocía. Sus consejos, conocimientos y experiencia coadyuvaron en dar frutos para dar mi mejor esfuerzo en la inquietud de este trabajo, por año y medio me transmitió esa pasión por investigar y ver más allá de simples cualidades técnicas en la investigación, le estoy agradecido de por vida.

A la profesora y sinodal: Mtra. Karina Caballero, de alguna forma, posee cierta culpabilidad; comencé este campo de conocimiento con un cúmulo de preguntas...al final, esas preguntas se triplicaron y profundizaron. De esta manera, le agradezco por abrir mi mente y brindarme nuevos panoramas/conocimientos que ignoraba.

Al cuadro sinodal: Dr. Luis Miguel Galindo, Dr. Luis Gómez y Dr. Alonso Aguilar; si bien, no nos relacionamos de forma personal, el trabajo en sus respectivos campos y los comentarios que me han cordialmente brindado son de gran relevancia para mejorar esta investigación hoy y en el futuro, muchas gracias.

A mis amigas y amigos del posgrado: Ana Cristina Colín, Bayron Paz, Sarahí Cruz, Angie Bonilla y Nelson Bracho; tengo la dicha de compartir recuerdos y enseñanzas de vida. En un principio no me imaginé enlazar una amistad más allá del ámbito académico, pero afortunadamente con cada una y uno de ustedes tengo una relación especial que hicieron de estos dos años algo bello; donde pasamos pláticas motivadoras, frustraciones y corajes, estrés y diversión. No me queda más que decirles gracias por todo y desearles lo mejor, tomaremos caminos distintos, pero siempre estaremos ahí, ¡Ánimo!

A todos esos amigos y amigas que a lo largo del tiempo hemos compartido un tramo de vida: Bruno Barreto, Juanita Placido, Liss Chavarria, Kenia Santana, Ana Cristina Vargas, Sheyla Sánchez, Fernanda Esquivel, Elizabeth Capetillo, Cristián Tovar, Alberto Blancas y Fernando Gutiérrez. A veces no dimensiono cómo es que ha pasado el tiempo, pero al recordarlo siempre estarán ustedes en él, tanto en el ayer como en el presente, a pesar del camino que cada una y uno decidió tomar. Soy muy feliz de haberlos conocido y seguir observando sus respectivos pasos.

A mi alma mater: la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, desde hace más de diez años pisé sus aulas y me han brindado el conocimiento como economista, humano y social a lo largo de mi carrera académica. Quedo en deuda perenne con la máxima casa de estudios del país, pero seguro será el esfuerzo para retribuir hacia y por la Universidad, y por México.

¡Por mi raza hablará el espíritu!

Francisco Crespo

Ciudad de México, octubre de 2023.



Índice

Introducción	6
I. Federalismo fiscal y herramientas ambientales	9
I.I. El federalismo	9
I.I.I. Federalismo fiscal en la teoría	9
I.I.II. Federalismo fiscal en México, características y particularidades	16
I.II. Cambio climático y fiscalización	22
I.II.I. Evidencia y efectos colaterales ante el cambio climático.....	23
I.II.II. Fiscalización/Internalización ambiental tradicional	34
II. Revisión de literatura.....	39
III. Método, datos y resultados.....	52
III.I. Metodología panel	52
III.II. Especificación del modelo	56
III.III. Estadísticas descriptivas	60
III.IV. Resultados	67
IV. Discusión y Recomendaciones	75
IV.I. Discusión de los resultados y la relación con la literatura.....	75
IV.II Propuestas de política fiscal ambiental	78
Conclusiones	85
Anexo 1. Instrumentos de Control	88
Anexo 2. Tabla 2.2: Relación de artículos de investigación	95
Anexo 3. Estadística descriptiva por entidad federativa (Año 2019).....	105
Bibliografía	107



“Ninguna generación de seres humanos previa a la nuestra ha tenido la cantidad de información acerca de los efectos de nuestra actividad económica sobre el ambiente de la Tierra; ninguna generación del futuro tendrá el tiempo que nosotros tenemos para actuar”

Mario Molina, José Sarukhán y Julia Carabias

“La acción del clima parece, a primera vista, por completo independiente de la lucha por la existencia; pero siendo que el clima obra principalmente reduciendo el alimento, provoca una más severa lucha entre los individuos, ya de la misma especie, ya de especies distintas”

Charles Darwin



Introducción

El mundo enfrenta un reto de importante medida para la propia supervivencia del ser humano y evitar el caos: el cambio climático. Desde el siglo pasado, diversas voces advirtieron de las consecuencias en las emisiones y concentraciones históricas de gases de efecto invernadero en la atmósfera, no obstante, el hermetismo y el escepticismo de sus consecuencias fueron en general ignoradas en gran parte por las diversas coyunturas políticas y económicas. Entrando al presente siglo, la principal fuente de energía primaria (exosomática) es el carbón. Hoy en día, se presencia un incremento de la temperatura promedio global (1.24 °C), variaciones en los climas (mayor intensidad, duración y frecuencia) y múltiples efectos directos e indirectos producto del cambio climático. México, si bien no tiene una participación relativa alta en el nivel de emisiones y concentración histórica de CO_{2e}, posee una alta vulnerabilidad y riesgo ante el cambio climático. Empero, se tienen compromisos de mitigación a mediano y largo plazo.

Se han desarrollado diversas herramientas para internalizar las externalidades ambientales, entre estas se destacan los impuestos ambientales. De acuerdo con la OCDE (2012), los impuestos ambientales¹ poseen una alta eficiencia en modificar los patrones de consumo/producción, además de ser una fuente recaudatoria importante (dependiendo la base que se fiscalice). Actualmente, los ingresos en materia ambiental en los países de la OCDE en el 2019 son de 5.2%; para el caso de México, estos ingresos rondan alrededor del 1.4%, predominando la tributación en energía y transporte. Si bien, los ingresos generados son bajos en relación con otras fuentes de riqueza, el impacto medio ambiental puede ser alto.

Para el 2019, el sector con mayores emisiones, para el caso mexicano, es el energético (63.1%), seguido del agrícola (19.1%), procesos industriales (10.0%) y residuos (7.4%). Dentro del sector energético, el subsector que ha mantenido su participación relativa con crecimientos constantes es el transporte. En 1990 este

¹ Recientemente, otro instrumento que se ha venido implementando con mayor fuerza son los permisos negociables. En lugar de establecer el precio por el consumo como el caso de los impuestos, se fija una cantidad determinada u óptima de contaminación/emisión. No obstante, estos programas poseen un potencial ante problemas locales o retos ambientales de menor escala (OCDE, 2012), además podría representar una doble contabilización sobre una misma base ya tributaria y, aunado, a problemas en la distribución de la riqueza.



subsector representó el 20.1%, para el 2019 incrementó su participación al 27.7% (siendo el año 2006 su mayor participación, 33.0%). Es los últimos doce años, en promedio, una tercera parte de las emisiones totales aproximadamente proviene del transporte, con una tasa de crecimiento media anual de 0.81%. Curiosamente, casi la totalidad de los impuestos ambientales afectan directa e indirectamente a este sector. México posee una baja recaudación en materia ambiental (1.4% del producto interno bruto para el 2019), donde domina la fiscalización en materia de energía (89.0%), seguido del transporte (8.0%). Estos impuestos se centran en el consumo de combustible fósiles (gasolinas y diésel) y sobre vehículos motorizados.

En concreto, se identifican dos impuestos que afectan directamente al sector transporte e indirectamente a otros sectores económicos: el Impuesto Especial Sobre Producción y Servicios, Gasolina y Diésel (IEPS-GyD) y el Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN). Cabe mencionar que, para el primer impuesto, se toman en cuenta las cuotas estatales, prescindiendo de las federales debido a los constantes subsidios por cambios en el precio base de las gasolinas y diésel². En este tenor, el presente trabajo tiene el objetivo de evaluar el desempeño de los impuestos ambientales sobre el nivel de emisiones estatales, en un contexto de cambio climático y federalismo fiscal. No obstante, para esta investigación, una de las limitantes es la falta de estadísticas e información en el nivel de emisiones estatal de forma desglosada, como las hay a nivel nacional. De esta manera, esta investigación es un esfuerzo en la utilización de los pocos datos disponibles para evaluar las distintas tasas impositivas que pueden ser catalogadas como ambientales y su impacto en las emisiones a nivel local, considerando y aceptando el alto grado de error en su cálculo y evaluación.

Se plantea la hipótesis de que los impuestos ambientales identificados en el sistema de transferencias del federalismo fiscal no inciden en la reducción de emisiones estatales, por lo que no cumplen su función de internalizar externalidades. Los objetivos particulares son los que siguen:

² Se considerarán las cuotas del artículo 4-A de la Ley del IEPS.



- Realización de una base de datos de emisiones estatales, considerando el marco normativo histórico y la disponibilidad de datos institucionales para su creación y la evaluación con las tasas impositivas ambientales existentes;
- Revisión de diversas metodologías utilizadas en trabajos empíricos internacionales en la efectividad y evaluación de diversos impuestos ambientales y su impacto con el nivel de emisiones;
- Discusión y elaboración de una serie de propuestas, de acuerdo con los resultados encontrados, tomando en cuenta el marco federalista y normativo actual de México.

El presente trabajo se divide en cuatro capítulos: federalismo fiscal y herramientas ambientales; revisión de literatura; método, datos y resultados y; discusión y recomendaciones. El [Capítulo I](#) recopila sucintamente los principales aspectos de la teoría del federalismo, junto con las características para México, el cambio climático y su fiscalización en un marco de economía ambiental. Para el [Capítulo II](#) se realiza una revisión de literatura relativa al impacto de los impuestos ambientales (enfocado a impuestos al carbono, al transporte o en gasolinas) con la finalidad de obtener un panorama y el consenso al que han llegado estas investigaciones.

El [Capítulo III](#) se describe el método utilizado, sus características y peculiaridades en su utilización. Se enuncia, posteriormente, las fuentes de información y la especificación del modelo. Después el desglose y resumen de las estadísticas descriptivas para culminar con los resultados obtenidos. En el [Capítulo IV](#) se discuten los resultados obtenidos y su relación con la literatura revisada para, consecutivamente, desglosar una serie de recomendaciones de políticas fiscal ambiental y coadyuvar en la mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del país.



I. Federalismo fiscal y herramientas ambientales

En el presente apartado se dividirá en tres secciones; la primera abordará la teoría respecto al federalismo fiscal y sus características, además de un subapartado considerando el federalismo fiscal mexicano y su contexto actual; la segunda sección se tocarán las causas y efectos del cambio climático, especialmente en México, la incertidumbre y las posibles consecuencias si no se toman medidas de mitigación. Además, en un segundo subapartado se desarrollan las principales herramientas fiscales para la internalización de los costos por contaminar en el caso de contaminantes de mezcla uniforme, las ventajas y desventajas de cada uno.

I.I. El federalismo

Ante toda organización de cierta sociedad en específico, conlleva ventajas y desventajas. No obstante, siempre se tendrán los caminos para un mejoramiento ante las adversidades de cualquier índole, para así, adaptarse y procurar cierta armonía entre los seres humanos que cohabitan en dicha sociedad. Una respuesta de organización es a través de una federación. La federación nace en objeción pragmática al despotismo político, así como los retos en la organización de territorios demasiados grandes (o pequeños) en términos relativos. Esto conlleva a la necesidad de establecer pactos entre distintas fracciones de un territorio común, para hacer frente a las diversas problemáticas que implica una coordinación entre las partes, como la separación de poderes políticos, la delimitación de gobernabilidad o la armonía fiscal.

I.I.I. Federalismo fiscal en la teoría

La adopción de un sistema federal implica establecer distintos niveles de gobierno para la realización de las actividades de gobierno, proveer bienes y servicios públicos, además de establecer mecanismos, reglas y coordinación en la toma de decisiones (Rosen, 2008). En efecto, los miembros de una federación renuncian a su independencia al exterior y parcialmente en relativo a lo interior (Astudillo y Fonseca, 2017).



Entre los principales teóricos del federalismo, nos encontramos primeramente con Johannes Althusius; quien es considerado como el primer teórico al respecto, menciona que el nacimiento de esta forma de gobierno nace desde abajo, es decir, a partir de la unión de miembros inferiores, logran establecer un pacto superior sin perder las características individuales. Por otro lado, Montesquieu, estableció las bases filosóficas de la República Federal, donde distintas repúblicas poseen una organización para establecerse en una sola República, sin perder la noción individual de cada una de ellas (Mandujano, 2010). Así como Alexis de Tocqueville, quien ejemplifica la unión de las Trece Colonias en respuesta a necesidades generales, como comercio, legislación y aspectos fiscales (Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República, 2001) sirvió como base para el establecimiento de futuras repúblicas federales en el continente americano.

En un Estado Federal moderno, las diferentes problemáticas para el establecimiento de órdenes jurídicos y políticos, se expresa a través de una Carta Magna o Constitución, en la cual, tiene su génesis un estado federal y órdenes/estados de gobierno inferiores. Con ello, se definen las diferentes competencias correspondientes a cada orden de gobierno, así como las facultades jurídicas para coadyuvar la mayor eficiencia en el sistema federal, delimitando exclusividad al ámbito federal o individual (Mandujano, 2010). De esta forma, el federalismo como forma de gobierno, es un sistema de equilibrio entre poderes y un módulo de crecimiento/desarrollo económico.

La noción del Estado difiere cualitativamente dependiendo la perspectiva teórica-histórica en la que se analice. Sin embargo, dado el nivel de intervención estatal en una economía, así como el enfoque teórico que se le esté dando. Las herramientas con las que cuenta un Estado moderno son dos: política fiscal y política monetaria; a través de las cuales cumplen con objetivos primordiales o primarios de política económica en una sociedad en específico (Astudillo y Fonseca, 2017), en general:



- *Asignación*: un Estado debe procurar la eficiencia económica global, es decir, mejorar la asignación óptima de los factores productivos, a través del mercado, de tal forma que se generen al menor costo posible;
- *Distribución*: un papel relevante es la distribución del ingreso, esto debido a que el mercado por su cuenta puede generar altas brechas en el ingreso de los diferentes estratos económicos, generando externalidades sociales negativas, que puede socavar en conflictos entre clases. El Estado puede ayudar a atenuar estas brechas mediante la equidad en la distribución del ingreso;
- *Estabilización*: el uso de la política fiscal y monetaria es útil en la estabilización del ciclo económico, de esta forma, se suavizan las fluctuaciones periódicas del ciclo para adentrarlo en la tendencia histórica.

Dado el Nuevo Consenso Macroeconómico, persiste una disociación entre la política fiscal y monetaria. Las funciones fiscales se le asigna a un ente (o entes) de gobierno, mientras que el papel de la política monetaria se le asigna a un banco central autónomo o independiente, el cual tiene como tarea encaminar el producto de una economía a un nivel óptimo que no genere presiones inflacionarias, es decir, un régimen con metas de inflación (Carlin y Soskice, 2014). Lo anterior no demerita el papel de la política fiscal en una economía, por el contrario, funge con tareas primordiales en el comportamiento del sistema económico. Además, la utilización de las finanzas públicas (técnicas fiscales para hacerse de ingresos/recursos tributarios, manejo de la deuda pública y su distribución a través del gasto público) procura la eficiencia en la provisión de bienes y servicios públicos, los cuales, pueden hacer frente a choques exógenos del ciclo económico; como salida a las crisis en el ámbito financiero o recientemente la crisis climática que la humanidad está y se enfrentará en un futuro inmediato.

Relacionando lo anterior con el federalismo, surge el concepto de federalismo fiscal. El federalismo fiscal poder ser definido como el grado o nivel de descentralización del sector público (Oates, 1977), es decir, la coordinación entre los dos o más órdenes de gobierno en la clarificación de competencias tributarias, así como su respectiva distribución de los recursos fiscales recaudados. Entonces, el principal problema en el federalismo fiscal radica en la descentralización.



La descentralización, dentro de un marco federalista, se puede definir como la transferencia en el poder de decisión/administración y responsabilidad desde el orden central a órdenes inferiores o unidades descentralizadas (Trujillo, 2008). En la literatura se conocen, en general, tres formas de observar la descentralización en un ámbito federalista (Cano, 2014):

- *Descentralización fiscal:* implica los grados o el nivel de libertad que tienen los órdenes descentralizados en materia tributaria, realización del presupuesto y en las decisiones de gasto público;
- *Descentralización territorial:* comprende la aceptación de la autonomía en un área/región geográfica específica;
- *Descentralización política/administrativa:* involucra la libertad que poseen los órdenes de gobierno para la realización de sus políticas públicas, así como la libertad en la elección de sus actores públicos y su regulación.

En el presente trabajo se enfocará en la relevancia que tiene la descentralización fiscal. De esta manera, la coordinación entre las partes es de suma importancia por dos circunstancias. La primera, para evitar una doble tributación o cobro de una misma fuente de riqueza, perjudicando el ingreso disponible de los contribuyentes. Segundo, duplicar la provisión de un mismo bien o servicio público, incrementando los costos para la hacienda pública o, por el contrario, la escasez en la provisión de estos bienes públicos, deteriorando la eficiencia del papel que tiene el Estado o el sector público en la economía.

Ahora bien, resulta menester el siguiente cuestionamiento ¿qué ente de gobierno, sea federal o descentralizado, debe cobrar ciertos impuestos, derechos, productos, tarifas, etc.? ¿cuáles son los mecanismos como retribución al delegar potestades fiscales al gobierno federal o descentralizado? ¿quién es más eficiente en el ejercicio del gasto público? ¿quién, ante disyuntivas como el cambio climático, debe atender diversos choques económicos o cuál es la coordinación para la atención bilateral o trilateral? Estas interrogativas, en el federalismo fiscal, poseen un amplio debate, así como aportaciones teóricas para cumplir con la armonía que supone, filosóficamente, posee el propio sistema federal.



Ante este tenor, la literatura económica hace hincapié en los distintos órdenes de gobierno que, en términos de eficiencia, son los que pertinentemente deben recaudar los recursos fiscales, así como los mecanismos de compensación en el gasto público. En relación con la tributación, de acuerdo con Trujillo (2008), la riqueza que posee alta movilidad tributaria debe centralizarse a la parte central o federal, en la cual, la administración de los recursos implique economías de escala, además de perseguir objetivos redistributivos. Es decir, aquellas bases tributarias, como el impuesto a la renta o al valor agregado, poseen características de movilidad, ya que un individuo puede trasladarse geográficamente a aquellas jurisdicciones que optimicen sus preferencias tributarias, lo anterior es conocido como el 'Voto con los Pies', planteada por Tiebout en 1956 (Mandujano, 2010). De esta manera, se designa a la parte central/federal la tributación a este tipo de riqueza, con la finalidad de preservar cierta eficiencia recaudatoria, así como fines progresivos y redistributivos (Rabell, 2010). Por otro lado, para las jurisdicciones locales es pertinente la tributación de aquellas potestades de riqueza no móviles, es decir, las bases de los órdenes de gobierno inferiores al federal deben tributar aquella riqueza que es difícil trasladar a otras jurisdicciones, en un espectro de tiempo-espacio. Por ejemplo, impuestos al hospedaje, a la propiedad o diversos aprovechamientos, los cuales poseen características internas a cierta región y no presentan economías de escala.

Dado lo anterior, implica cierta centralización en los ingresos públicos a la parte federal o central. Ya que la riqueza móvil representa mayor cuantía que las potestades fiscales delegadas a la parte local. No obstante, siguiendo el modelo de Tiebout, menciona la eficiencia en la provisión de bienes y servicios en el orden más cercano a los ciudadanos. En su teorema, recalca y sustenta la descentralización fiscal en el orden más simple, debido a que estos órdenes de gobierno poseen el conocimiento de las preferencias de sus gobernados para satisfacer de mejor manera su demanda de bienes y servicios públicos (Mandujano, 2010). En efecto, dentro lógica Paretiana, la solución de Tiebout en la provisión de bienes y servicios descentralizados revela el máximo bienestar para los ciudadanos y en la cantidad óptima que estos requieren. Diversos estudios



apoyan la noción de Tiebout, donde una mayor descentralización implica que las políticas regionales, con mayores recursos fiscales, se encaminan a un mayor crecimiento económico y, por ende, una mayor eficiencia del Estado (Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas [INDETEC], 2021).

Por lo tanto, los gobiernos locales requieren de recursos fiscales para el logro en la eficiencia de provisión de bienes públicos, así como un marco normativo en el cual tengan injerencia en las funciones de gobierno. Sin embargo, el federalismo fiscal presenta desequilibrios financieros: verticales y horizontales. El primero de ellos, implica que los recursos estipulados a cada orden de gobierno no corresponden a las necesidades-responsabilidades de gasto territorial, mientras que el desequilibrio horizontal, involucra que las jurisdicciones locales difieren en la capacidad de ingreso y gasto, lo que sugiere que cada uno de ellos presentan necesidades y capacidades diferentes, por lo tanto, se incapacita la provisión de bienes y servicios públicos de forma homogénea (Mandujano, 2010).

Para aliviar los desequilibrios verticales y horizontales, en general, el federalismo fiscal posee un mecanismo de transferencias para atenuar la cesión de ingresos tributarios de los gobiernos subnacionales a la federación, debido a la brecha fiscal que esta representa. Dicho mecanismo, corresponde al principio de equidad fiscal³, el cual, la parte central deberá establecer lineamientos para la homologación fiscal entre entidades ricas con las de menor capacidad fiscal (INDETEC, 2021) y compensar el déficit hacendario. Establecer el mecanismo de transferencias es una tarea compleja, dada la heterogeneidad entre los gobiernos subnacionales, ya que presentan disparidades institucionales, geográficas, poblacionales y económicas.

³ De acuerdo con [Musgrave, 1971, citado por INDETEC, 2021], corresponden cuatro principios, de los cuales, el federalismo fiscal debe de ostentar:

- Reciprocidad: diferentes bienes y servicios públicos, deben ser ofrecidos por diferentes órdenes de gobierno;
- Centralización de la Distribución: la parte federal deberá ser la encargada de la función distribución (discutida anteriormente) para evitar la pérdida de eficiencia;
- Equidad Fiscal: para fortalecer la función distribución, la parte central deberá entregar recursos para equilibrar los desequilibrios horizontales entre los gobiernos subnacionales, y;
- Bienes Federales: la parte federal proveerá de bienes o servicios públicos puntuales en regiones locales, que son de importancia nacional o como instrumento ante externalidades negativas del mercado



El diseño del mecanismo de transferencias no debe trasgredir las funciones del Estado, así también, debe garantizar y promover el desarrollo económico, persiguiendo la eficiencia-equidad intergubernamental. Dentro de la teoría, se identifican dos rubros de transferencias (Trujillo, 2009):

- Transferencias Condicionadas (*categorical grants*): son recursos etiquetados con el fin de aumentar la oferta de un bien o servicio público catalogado como de importancia nacional o local, es decir, el ingreso que perciben los gobiernos subnacionales está condicionado su gasto a áreas como salud, seguridad, educación o infraestructura.
- Transferencias No Condicionadas (*block grants*): recursos de libre disposición, su ministración obedece a equilibrios verticales en los ingresos fiscales de los gobiernos subnacionales, principalmente se ministra mediante fórmulas de distribución que toman en cuenta variables como extensión territorial, población y nivel relativo de recaudación.

El diseño y estructura del sistema de transferencias en un país federalista refleja las necesidades y el conocimiento de las deficiencias económicas y sociales que prevalecen entre regiones; su aplicación obedece a la generación de políticas públicas a favor de sinergias positivas de índole económico, así como la búsqueda de homologación fiscal y armonía entre órdenes subnacionales, a través de un pacto federal. Asimismo, estos mecanismos favorecen, teóricamente, el desalentar una “pereza” fiscal, ya que incentiva a los gobiernos locales el esfuerzo fiscal impulsado por las fórmulas de distribución.

No obstante, en la literatura del federalismo fiscal, el mecanismo de transferencias posee cierto escepticismo, en énfasis con la eficiencia y el rol que tiene la parte central en el control de los recursos fiscales. Brennan y Buchanan (1980) arguyen que el sistema de transferencias impide la competencia entre las jurisdicciones, bajo una perspectiva de federalismo competitivo, donde los agentes maximizan sus ingresos; por lo que el monopolio fiscal que ejerce la parte central delimita las funciones distributivas y autonomía de los gobiernos subnacionales, además, impone límites institucionales y físicos a las tasas impositivas locales, así como en el ejercicio/control de sus presupuestos locales.



I.I.II. Federalismo fiscal en México, características y particularidades

Desde el nacimiento de México como nación independiente, a través de la primera Constitución (en el año 1824) reflejaba la intención de organizarse en una federación. Sin embargo, desde esta primera constitución, en materia de federalismo fiscal se refleja una centralización del ingreso y gasto público (INDETEC, 2021), espejo también de una desorganización social y política producto de una nación independiente. Dentro de la misma se observa una contribución especial que las entidades deben de cumplir para el mantenimiento del estado central llamado “contingente”. Este contingente, debido a las turbulencias políticas y presiones sociales no pudo sostener financieramente al gobierno federal. Además, el nuevo federalismo mexicano tuvo que soslayar la presión del clero y clases superiores en la búsqueda del mantenimiento del poder social y económico como grupos dominantes (Cue, 1983).

En los siguientes veinticinco años del México independiente, el país tuvo características centralistas. Pero en 1857 se presentó la segunda fase del federalismo mexicano, al derrocar de forma definitiva hasta nuestros días las intenciones de un Estado centralizado (Mandujano, 2010), organizándose en una República federal, representativa y democrática. El propio federalismo ha defendido el espíritu independiente de la nación mexicana, así como la unidad nacional (Cue, 1983), como se observa en los diferentes movimientos de transformación social surgidos en las provincias del país o en la propia defensa ante las constantes invasiones por naciones extranjeras sufridas en el siglo XIX.

Entre los principales cambios en la Constitución de 1857 se observa una mejor distribución entre las potestades fiscales, como la introducción de la cláusula residual análoga al artículo 124 de la actual Constitución, donde se reservan diversos impuestos a la federación. Sucintamente, el aspecto fundamental en esta segunda fase del federalismo mexicano fue una delimitación de los campos tributarios entre la federación y las entidades federativas. Sin embargo, deja abierta la posibilidad (lo cual ocurrió) de concurrencia y anarquía fiscal (Serna, 2004), produciendo una excesiva carga a los contribuyentes con doble o triple tributación de una misma fuente de riqueza en deterioro de la actividad



económica. Los siguientes cincuenta años, el federalismo tuvo reformas no mayores, como la eliminación de las alcabalas y diversas nacionalizaciones debido a la fragilidad financiera del centro (INDETEC, 2021).

Para el período revolucionario y la fructificación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) de 1917, el federalismo fiscal mexicano presentó en una tercera fase. En ella se plasmó las diversas atribuciones a la federación; Venustiano Carranza, previamente, erigió derechos exclusivos para el centro, en materia de tributación sobre bancos, comercio y recursos naturales (principalmente energéticos), traducándose lo anterior en una mayor centralización tributaria (Astudillo, 1999). En materia de ingresos tributarios, la Constitución establece una posición federalista dual (más de dos órdenes jurídicos), residual (por exclusión, lo que no se expresa atribuible a la federación queda en potestad del estado y/o municipios) y concurrente (ambigüedad en la interpretación de la Constitución, donde tanto la Federación como los estados tienen la capacidad y autoridad de imposición de competencias tributarias) (INDETEC, 2021). Asimismo, se le dotó de personalidad jurídica al municipio y facultades tributarias⁴, pero hasta 1999 se le atribuyó la potestad inmobiliaria (Mandujano, 2010).

En otras palabras, en materia fiscal, la CPEUM distribuyó la concurrencia tributaria (artículos 73, fracción VII y 124), fuentes implícitas y exclusivas de la Federación (artículos 73, fracciones X, XXIX; 117, fracción IX y 118, fracción I), así como las restricciones a las entidades federativas (artículo 117, fracciones de la IV a la VII) (Astudillo, 2009). Además de las facultades a la federación por comercio (artículo 131). En este tenor, ante la ambigüedad en materia fiscal y los desequilibrios en materia de gasto público en los órdenes de gobiernos estatal y municipal ante la baja capacidad recaudatoria, en la historia del México contemporáneo, se llevaron a cabo cuatro coordinaciones fiscales (1925, 1933, 1947 y 1980), siendo la de 1980 la que actualmente rige las relaciones intergubernamentales. En la [Tabla 1.1](#)

⁴ Artículo 115, fracción IV de la CPEUM.



se resumen las primeras coordinaciones fiscales, destacando los principales acuerdos o menesteres de estas.

Tabla 1.1: Convenciones Nacionales Fiscales (Antecedentes)	
Primera Convención (1925)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El objetivo de esta primera convención es el establecimiento ordenado fiscal, distribuyendo competencias y entablar reformas a la Constitución con el fin de incrementar la eficiencia recaudatoria. ▪ No obstante, las diversas reformas planteadas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) no prosperó en el Congreso de la Unión. Aunque se llegaron a diversos acuerdos en la participación de los estados en diversos impuestos, como en actos no mercantiles, la tierra y edificios, o sobre las herencias o donaciones.
Segunda Convención (1933)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ De forma similar, esta convención tuvo como propósito el delimitar el sistema tributario, esclareciendo las facultades a los estados y/o Federación. ▪ Muchas de las conclusiones derivadas de la convención no fructificaron en reformas a la Constitución, la concurrencia tributaria seguía presente y siendo onerosa con los contribuyentes. ▪ Lo más destacado fue la modificación de los artículos 73, fracción X; y, 73, fracción XXIX, donde se otorgan participaciones a los estados y municipios en materia de energía eléctrica y cinematográfica, así como en las contribuciones especiales (derivados del petróleo, tabacos labrados, explotación forestal, cerveza y productos de fermentación).
Tercera Convención (1947)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Esta convención se materializó en la creación de nuevas leyes, las cuales, la coordinación entre la Federación y los estados mejoró con las mismas. ▪ En 1948 se promulgó la Ley Federal del Impuesto Sobre Ingresos Mercantiles, donde sustituyó a diversos impuestos federales y locales en materia de comercio e industria, unificando las tasas. ▪ Se crea la primera Ley de Coordinación Fiscal (LCF), en 1953, aunque fue hasta 1973 donde todas las entidades estaban adheridas a la misma, estaba encaminada a la revisión de las legislaturas locales para la detección de doble tributación contraria a lo que dicta la Constitución. ▪ En dicha ley de coordinación, las entidades entablaron acuerdos donde renunciaban contribuciones locales a cambio de participaciones.
Elaboración propia con base en: Gallardo (2017), INDETEC (2021) y Serna (2004)	



Para 1979, los problemas en la concurrencia tributaria no se habían resuelto, pese haberse constituido tres convenciones fiscales y, a la postre, significaba un alto costo fiscal y cumplimiento al contribuyente en detrimento, además, de la actividad económica. Es por lo que nace el Sistema Nacional de Coordinación Fiscal (SNCF) con la finalidad de ordenar y regular el sistema tributario nacional (INDETEC, 2021), además de la creación de un sistema de transferencias a las entidades federativas donde al adherirse al mismo⁵, tendrían derecho en participar a lo que hoy se conoce como Recaudación Federal Participable (RFP) que son todos recursos percibidos por la Federación en materia de conceptos tributarios y no tributarios (relacionados con la explotación de hidrocarburos) (Astudillo y Fonseca, 2017); estas transferencias sirven para compensar los desequilibrios horizontales y verticales en materia fiscal (Astudillo, 2009).

Con la entrada en vigor de la LCF (1980) las entidades se comprometieron a no gravar ciertas actividades y, también, se eliminaron alrededor de 18 impuestos federales y 458 impuestos locales (INDETEC, 2021), retribuyéndolos a través de los Fondos de Participaciones Federales. Con el avance del SNCF se fueron creando organismos para vigilar y coadyuvar a su funcionamiento. En 1998 se añadió el Capítulo V, los Fondos de Aportaciones Federales, que son recursos etiquetados o ejercidos por los estados y municipios para un fin en común, reglamentado en la propia LCF. Estos recursos, adicionados a otros convenios, constituyen el gasto federalizado; todos los recursos que la Federación ministra a los gobiernos subnacionales, estos constituyen (de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]) más del 80% de los ingresos totales de las entidades, en promedio.

Actualmente, las Participaciones Federales (Ramo 28) lo componen 11 fondos⁶ (o 13 si se cuenta los fondos de compensación), mientras que las Aportaciones Federales (Ramo 33) son 8 fondos⁷, junto con Otros Convenios de Colaboración Administrativa, han tenido el comportamiento como se muestra en el [Gráfico 1.1](#),

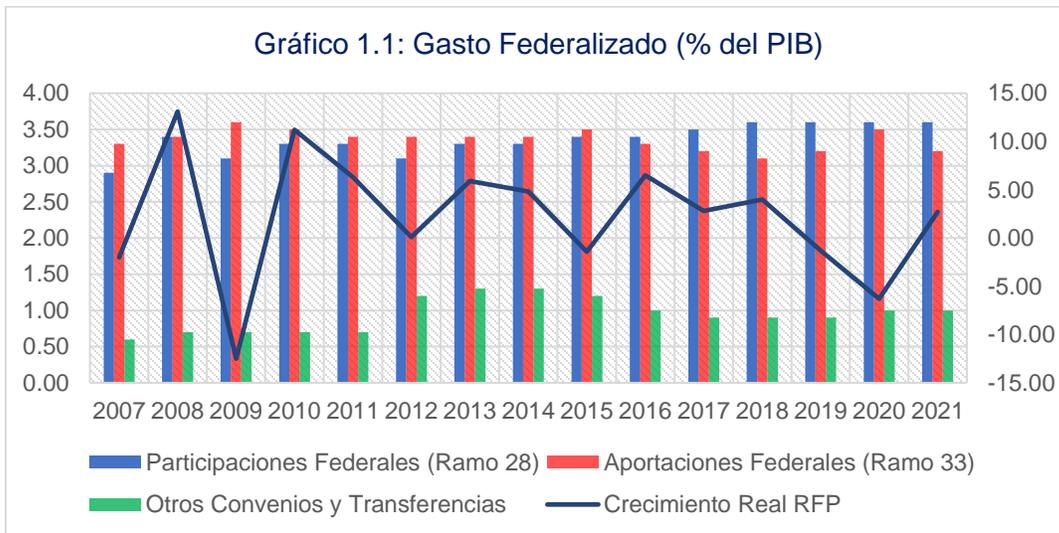
⁵ Mediante la firma del Convenio de Adhesión al Sistema Nacional de Coordinación Fiscal y sus Anexos.

⁶ Véase en LCF, Capítulo I: De las Participaciones de los Estados, Municipios y Distrito Federal en Ingresos Federales

⁷ Véase en LCF, Capítulo V: De los Fondos de Aportaciones Federales



teniendo en consideración la RFP que es la fuente de la mayoría de los fondos. Como se puede observar, caídas en la RFP impactaría en el gasto federalizado. Ya que dicha recaudación depende en más del 80.0% de ingresos tributarios y estos están fuertemente asociados a la evolución del PIB. Caballero (2012) menciona esta situación; a través de elasticidades ingreso (por impuestos) y cambio climático encuentra que, un aumento del 1.0% del PIB, la recaudación a largo plazo por ingresos por renta y especiales aumentarían en 1.2%, del valor agregado 1.3% y los tributarios en 1.4%. Actualmente, la RFP depende del 48.2% por impuesto a la renta, 31.7% al valor agregado y casi 8.0% de los impuestos especiales. El cambio climático, dependiendo del escenario, afectaría negativamente el potencial recaudatorio y, por lo tanto, afectaría los ingresos estatales y municipales por la dependencia a los ingresos federales.



Fuente: SHCP, Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas

En años recientes, la LCF ha sufrido dos importantes reformas; en el año 2007 cambiaron los objetivos de las fórmulas de distribución (tomando en cuenta el crecimiento económico estatal, población y niveles recaudación), de tal forma que incentivara mayor recaudación local y las entidades federativas dependieran de menor medida de los ingresos federales. Mientras que en el 2013 algunos fondos de participaciones y aportaciones, de igual forma, cambiaron la metodología de distribución, además de la descentralización del Impuesto Sobre la Tenencia y Uso Vehicular (Auditoría Superior de la Federación [ASF], 2016), considerado un



impuesto de corte ambiental debido a que fiscalizaba vehículos de combustión interna, dicha descentralización dio pie a una caída en la recaudación por el mismo concepto, además de cumplirse el teorema del ‘voto con los pies’ enunciado en el anterior subapartado del presente trabajo.

Pese a las reformas antes citadas, la dependencia de las entidades a los ingresos federales sigue teniendo un peso relativo extenso, como se puede apreciar en el **Gráfico 1.2** en una relación de cada cuatro años desde el 2008, en promedio 4/5 partes de los ingresos estatales provienen de participaciones y aportaciones federales. Existen, además, asimetrías entre las entidades; la Ciudad de México, Nuevo León, Jalisco y Quintana Roo son estados que dependen en un menor porcentaje (aunque sigue persistiendo una dependencia mayor al 60%), debido a la concentración económica y/o mejores sistemas tributarios. Por otro lado, revisando los criterios de ministración, puede llegar a concluirse que el sistema de transferencias presenta principios contrapuestos (en unos casos) distorsionando el propio SNCF (Mandujano, 2010). Además, es sistema complejo de entender dando lugar a dificultades en su implementación, fiscalización y evaluación de los resultados.



Fuente: INEGI, Finanzas Públicas Estatales y Municipales



Observando la dependencia y debilidad fiscal antes enunciada, esto nos lleva al siguiente punto: dado que hay una gran subordinación a los ingresos federales por parte de las entidades federativas ¿El federalismo contendrá elementos que coadyuve a la mitigación de emisiones? Es evidente que, con el avance de las eventualidades climáticas, el papel del federalismo fiscal debe contener instrumentos que coadyuven con la mitigación de GEI, además de generar ingresos canalizados a la misma índole. Esto da pie al [Subapartado III.IV](#), donde se indaga los posibles fondos con algún corte ambiental y, si existe, una correspondencia con los niveles de emisiones de GEI. Aunque, primeramente, se visualiza de forma general el impacto del cambio climático y los instrumentos para su fiscalización.

I.II. Cambio climático y fiscalización

La percepción del cambio en el clima es inminente, la pérdida de diversos ecosistemas, en los cuales nos basamos para nuestra supervivencia, es clara. El calentamiento global de origen antropocéntrico ha crecido en preocupación y discusión. En el presente subapartado se abordará brevemente las causas del cambio climático y sus consecuencias directas e indirectas a la economía y sociedad, particularmente a México. Posteriormente se hablará de los diferentes instrumentos teóricos que la economía ambiental prioriza para internalizar los costos producidos por productores y consumidores.

Nicholas Stern, en las conclusiones del *Informe sobre el Cambio Climático*, menciona “*el cambio climático es una grave amenaza mundial y exige una respuesta mundial urgente*” (Stern, 2007), lo que vislumbra en su primera conclusión la urgencia de atender y dar salidas claras en los siguientes lustros, de lo contrario, los problemas ambientales y sociales pueden escalar de forma catalítica al caos. Antes de abordar las bases científicas y las consecuencias del cambio climático, es importante conocer una definición institucional del mismo. La Ley General de Cambio Climático lo define como⁸:

⁸ Artículo tercero, párrafo IV de la Ley General de Cambio Climático, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de mayo de 2022.



Variación del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

I.II.I. Evidencia y efectos colaterales ante el cambio climático

Bases científicas y causas del cambio climático

Las emisiones de GEI de origen antropógeno son las más altas en toda la historia de la humanidad calentando la atmósfera, el océano y la tierra, produciendo rápidos cambios generalizados en la criosfera y biosfera (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC]⁹, 2021) aumentando la probabilidad de consecuencias climáticas por dicho calentamiento y retroalimentación climática, con altos niveles de incertidumbre.

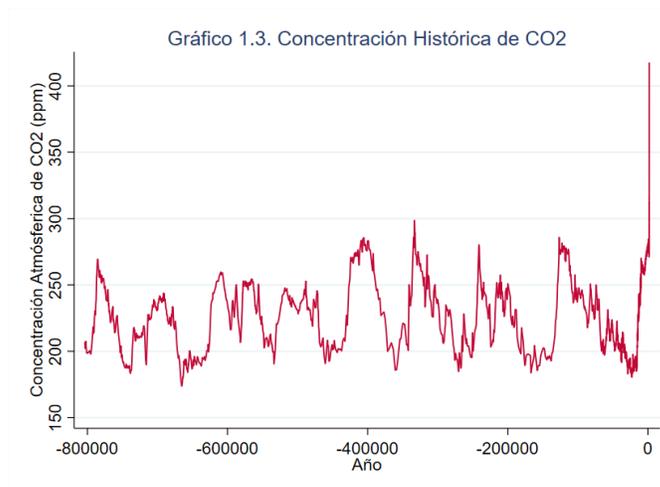
En un sistema termodinámico abierto debe existir un equilibrio entre el intercambio de energía, en este caso, entre la Tierra y la energía solar. Esto tiene influencia en el sistema climático del planeta (condiciones atmosféricas en el tiempo¹⁰: variabilidad de la temperatura, precipitaciones y viento), ya que interactúa con la dinámica de condiciones internas y externas (conocidos como “forzamientos”). Existen dos tipos de forzamientos: naturales (como erupciones volcánicas o radiación solar) y antropógeno (cambios inducidos por el ser humano). El flujo solar (ondas electromagnéticas) emite en promedio 342 vatios por metro cuadrado (Wm^{-2}) por segundo a la Tierra, a su vez, el planeta refleja una tercera parte de esta energía (por las nubes, desiertos y nieve) absorbiendo dos terceras partes (por la superficie terrestre, la atmósfera y nubes) (Molina, et al, 2017). Para conservar el equilibrio, considerando los principios de la termodinámica, la superficie de la Tierra emite radiación infrarroja al espacio, sin embargo, debido a los GEI no toda esta energía se regresa al espacio, sino mantiene parte de esta energía en la superficie terrestre permitiendo una temperatura 33° C más alta que si no existieran los GEI (-19° C).

⁹ Sexto Informe de Evaluación (AR6).

¹⁰ IPCC, 2014.



Lo anterior ha permitido un “equilibrio térmico” donde se logra un punto en el cual se deja de acumular y perder energía obtenida por el flujo electromagnético solar (Molina, et al, 2017). Los principales GEI es el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorocarbonos (CFC, estos gases son inexistentes de forma natural, son creados por el ser humano). Las concentraciones promedio de CO_2 (gas de efecto invernadero más abundante y de mayor concentración en la atmósfera) desde el año -800,000 A.C. al siglo XVIII fue de 228 partículas por millón (ppm)¹¹. Sin embargo, debido a la actividad humana, este promedio se ha incrementado de forma considerable en los últimos 150 años (como se observa en la [Gráfico 1.3](#)) a causa de un importante acontecimiento histórico: la revolución industrial.



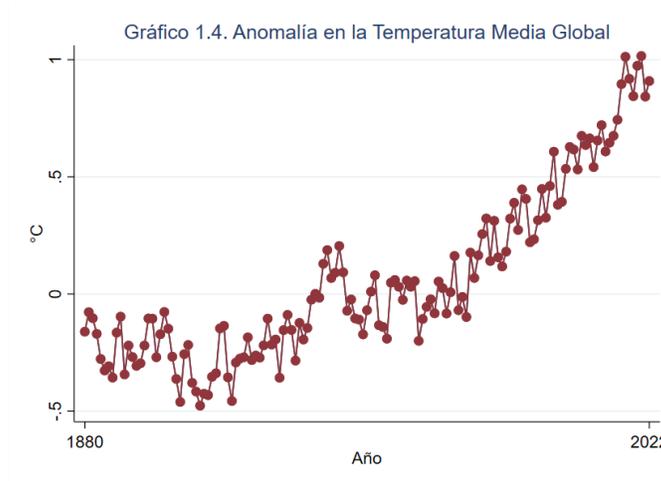
Fuente: Our World in Data

A partir de la revolución industrial, las concentraciones en la atmósfera de CO_2 (así como los demás GEI) se ha incrementado a 417 ppm, produciendo un mayor calentamiento y cambios climáticos generalizados en los sistemas humanos y naturales (IPCC, 2021). Por ejemplo, la disminución de temperaturas frías extremas, aumento de temperaturas extremas cálidas, elevación del nivel de mar o cambios en los patrones pluviales (estrés hídrico). Como se muestra en la [Gráfico 1.4](#), la anomalía en la temperatura promedio global se ha incrementado de forma sustancial en los últimos 50 años, de seguir con esa trayectoria sin haber políticas de mitigación y adaptación (*business-as-usual*), la incertidumbre y riesgos

¹¹ Datos obtenidos de la Universidad de Oxford, Our World in Data.



ecológicos serían catastróficos. En 800,000 años nunca se había alcanzado niveles de concentración tan altos, retroalimentando positivamente el forzamiento radiativo.



Fuente: Our World in Data

Asimismo, además de los efectos directos del cambio climático, existe un complejo encadenamiento de consecuencias indirectas de índole socioeconómico que se retroalimentan entre sí, produciendo ‘cascadas de riesgo’ dependiendo de la intensidad propias del cambio climático, estas son (Quiggin, et al, 2021):

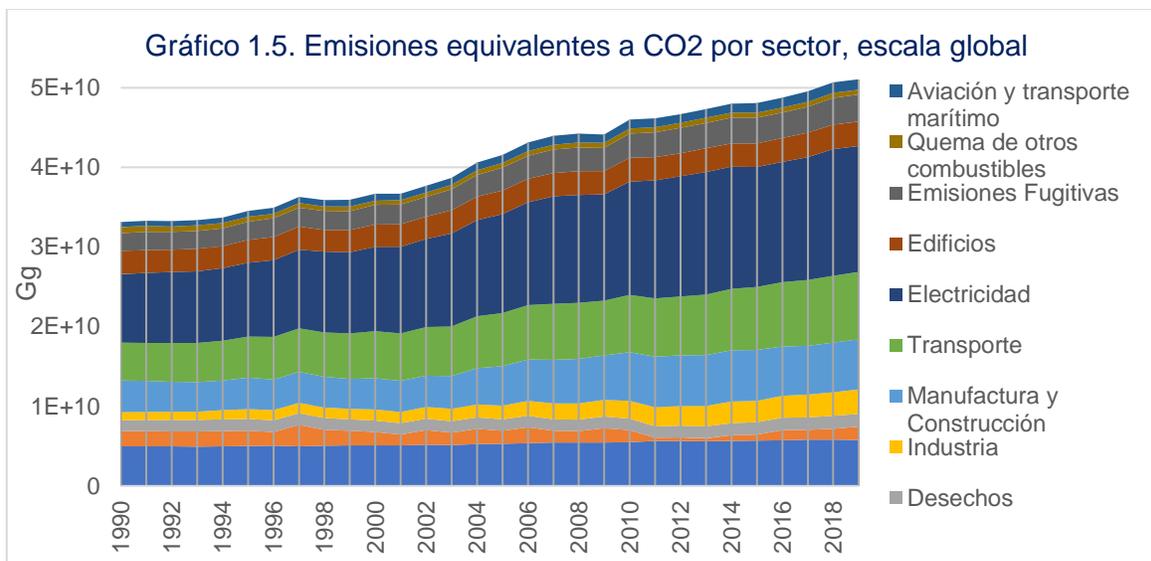
- Presiones económicas y comerciales;
- Seguridad a nivel nacional e internacional;
- Migraciones masivas;
- Seguridad alimentaria;
- Crisis sanitarias; y,
- Seguridad energética.

Un elemento principal del cambio climático ha sido el incremento de la población; ya que el aumento demográfico se traduce en una mayor de demanda per cápita de energía y de recursos naturales, además del uso inadecuado de tecnologías (Molina, et al, 2017). A partir de la Revolución Industrial la población pasó de menos de 1,000 millones de personas a casi 8,000 millones¹², multiplicándose por doce veces la demanda de energía. Para la implementación de políticas de mitigación, es importante identificar los sectores económicos que mayor energía

¹² Cifras obtenidas del Banco Mundial.



demanda; en una escala global, podemos observar que la producción de electricidad, el transporte, la industria y agricultura, son los principales sectores demandante de energía (véase la Gráfico 1.5).



Fuente: Our World in Data

Las proyecciones futuras de emisiones de GEI son esenciales para el cálculo monetario de los costos de transición, así como el establecimiento de metas/indicadores a seguir con la finalidad de alcanzar objetivos en común, como lo es el Acuerdo de París¹³. El cambio climático provocado por un conjunto de contaminantes concentrados, los GEI dependen de las tasas de emisión de esos gases en todos los momentos anteriores y de la medida en que varios sumideros de carbono han “secuestrado” o descompuesto GEI atmosféricos (Perman, et al, 2011). Debido a que no hay certeza de emisiones futuras, se realizan pronósticos de estas, en las cuales, los modelos dependen de los supuestos realizadas por los investigadores/as, ya que depende de las tasas de crecimiento económico, población, innovación o progreso tecnológicos, etc.

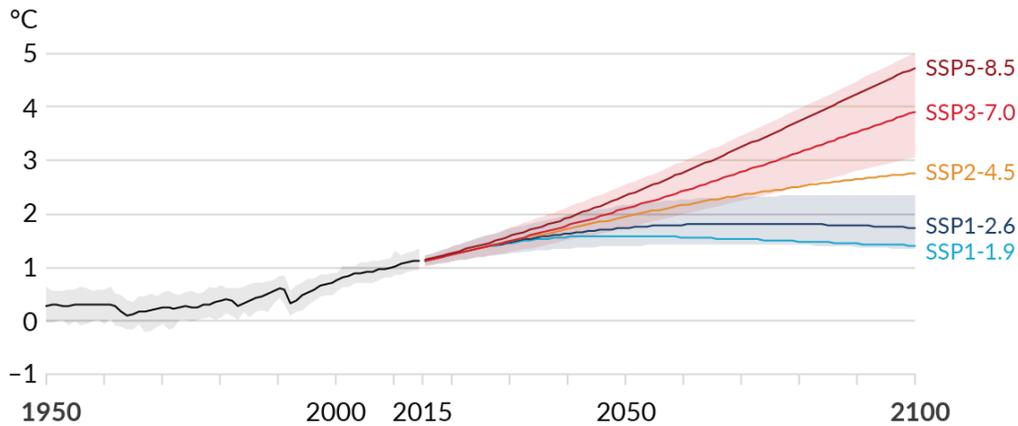
En el AR6 del IPCC proyecta diversas trayectorias estimadas, llamadas trayectorias socioeconómicas compartidas (SSP), donde proporcionan diversos

¹³ El Acuerdo de París es el arreglo de mayor exhaustividad y universal firmado en la historia de las Conferencias de las Partes (COP), en el cual establece una meta de no sobrepasar los 2° C de calentamiento terrestre promedio mundial, respecto a la era preindustrial. Aunque a ese incremento habrá cambios profundos en las distintas relaciones ecológicas, es un llamamiento para reducir la probabilidad de riesgo e irreversibilidad futura, dada las actuales trayectorias de emisiones de GEI.



escenarios dependiendo de las políticas climáticas adoptadas, siendo el mejor escenario al año 2100 un SSP1-1.9 (sostenibilidad) y el de mayores emisiones SSP5-8.5 (desarrollo basado en energías fósiles) como se muestra a continuación (Gráfico 1.6).

Gráfico 1.6. Escenarios SSP de Cambio Climático



Fuente: Gráfico obtenido del IPCC (2021)

Estas proyecciones presentan cierto grado de incertidumbre, debido a una subestimación o sobreestimación de los resultados que, como se mencionó, depende de los supuestos en cada modelo. Así también, cabe mencionar que la distribución geográfica o espacial del cambio climático será heterogénea: debido a la posición de la Tierra respecto al Sol y la dinámica del sistema climático, la zona comprendida del Ecuador a los Trópicos será más caliente en el futuro (Molina, et al, 2017) que, de forma irónica, se ubican la mayoría de los países pobres o con bajo nivel de ingreso y son los de menor participación históricas en las emisiones de GEI (Sánchez, 2020), lo que se traduce en una menor capacidad de adaptación al cambio climático. En este contexto, surge un cuestionamiento/crítica en la responsabilidad de emisiones de GEI, ya que los países desarrollados en el siglo pasado (especialmente el Reino Unido, Estados Unidos y Alemania) fueron los responsables de dos terceras partes de emisiones equivalentes de carbono, originando pasivos ambientales con aquellos países en desarrollo o la llamada deuda ecológica que es un reclamo a la desigualdad en la explotación de recursos naturales por parte de las principales economías desarrolladas (Martínez, 2017).



Aunque en las últimas dos décadas, países en desarrollo como China, India o México, han incrementado las emisiones de GEI en sus procesos económicos, por lo que la responsabilidad compartida de estos aumenta. No obstante, los acuerdos y cooperación internacional son esenciales para alcanzar las metas de menores emisiones de GEI en un futuro cercano. Para ello, de forma general, existen dos caminos para lograrlo (Perman, et al, 2011):

- I. Aumentar la capacidad de los sumideros biológicos o de carbono que capturen el dióxido de carbono y otros GEI de la atmósfera;
- II. Reducir las emisiones de GEI por debajo de la trayectoria actual (reduciendo así las entradas de GEI a la atmósfera);
- III. Cambio tecnológico.

Para el primer punto, tiene un efecto potencial a largo plazo, aunque limitado por el tamaño factible y el tiempo de crecimiento de la biomasa, además de representar un flujo de emisiones futuras. Por lo que una parte de la política ambiental se centra en el segundo punto y, para el presente trabajo, se revisarán las herramientas fiscales para internalizar los costos asociados al cambio climático en la [sección I.II.II](#).

Cambio climático en México

México tiene un complejo sistema ecológico único en el mundo, es de los pocos países que se consideran megadiversos; posee todos los climas (exceptuando la tundra) y alberga el 10% de flora y fauna del mundo (Molina, et al, 2017). Asimismo, por su orografía accidentada presenta numerosos caudales y cuentas hídricas, esenciales para la biodiversidad y el consumo humano. Con los riesgos por el cambio climático los ecosistemas naturales, el ciclo hídrico, la disponibilidad de alimentos y aumento de enfermedades de origen zoonótico, son algunas de las vulnerabilidades en un futuro próximo, aunado a las condiciones de pobreza.

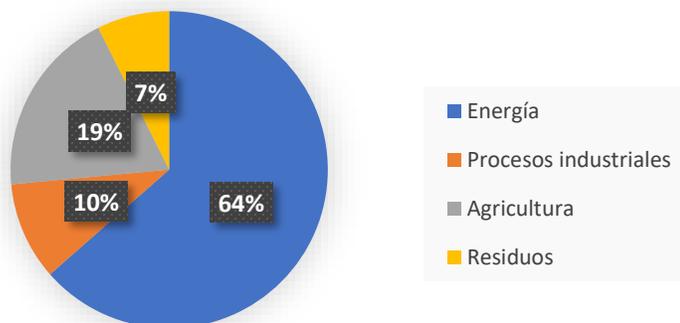
Podemos observar los diferentes impactos en temperatura y precipitación ante los futuros escenarios (en escenarios base de Trayectorias de Concentración Representativas [RCP]) con el Atlas Climático del Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México



(UNAM), donde las mayores afectaciones por temperaturas máximas se presentarán en la zona norte y centro, mientras que las mayores precipitaciones en la zona sur del país.

La situación y características geográficas de México hace que sea propenso a resentir con mayor intensidad los fenómenos naturales impulsados por el cambio climático. En términos de emisiones de GEI, México históricamente no tiene una participación alta en la contribución de emisiones globales de GEI. No obstante, en las últimas dos décadas ha intensificado el nivel de emisiones, posicionándose en el lugar trece de los mayores emisores de GEI a nivel mundial en el año 2019¹⁴. En un análisis por sector, la energía es la categoría de mayor participación de emisiones equivalentes de CO_2 , seguido de la agricultura y procesos industriales (véase Gráfico 1.7). Cabe mencionar que en el sector energía, los subsectores de generación de electricidad y transporte son los de mayor envergadura en emisiones.

Gráfico 1.7. Emisiones Gg CO_2e , 2019



Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI)

Los impactos directos del cambio climático pueden ser analizados desde la incidencia social, en actividades productivas y activos o capital natural. Respecto a la distribución de especies, la zona con mayor afectación por incremento de temperaturas, así como actividades antropogénicas, es el Altiplano Mexicano y la Faja Volcánica Transversal, las condiciones serán de mayor vulnerabilidad para la

¹⁴ Según datos del Global Carbon Project. Para el 2021, México ocupó el lugar quince, pero se debe tener en cuenta los efectos por la pandemia global de SARS-CoV-2.



supervivencia de especies endémicas (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT], 2018). Por otro lado, el impacto de mayores precipitaciones, incremento en el nivel del mar y acidificación del mismo, las zonas costeras del Mar Caribe y el Golfo de California serán las de mayor sensibilidad debido al cambio en el patrón de pesca de las aves (por un decremento en la población de especies marinas), siendo los mamíferos los que mayores pérdidas en especies tendrá, a comparación de anfibios y reptiles, con un potencial de vulnerabilidad de 206 especies en peligro por las condiciones de su hábitat natural (INECC-SEMARNAT, 2018).

Por otro lado, incrementos en 1 a 5 metros (m) del nivel del mar podría ocasionar la pérdida de 80-90% de manglares, alrededor de 8,391.99 hectáreas (ha), afectando cerca de 166 especies nativas y endémicas de zonas costeras (INECC-SEMARNAT, 2018). Considerando que México está rodeado en el Este y Oeste por océanos y, por su ubicación geográfica, presenta vulnerabilidad ante huracanes y ciclones, siendo la zona del Caribe y Sur del país las zonas de mayor afectación. Los manglares y arrecifes ofrecen una barrera natural contra inundaciones, en el peor escenario estas barreras ahondarían la vulnerabilidad en infraestructura y población de las zonas costeras. Asimismo, hay avance de la desertificación en el norte y centro del país, el pronóstico difiere de acuerdo a los escenarios antes comentados, sin embargo, prescindiendo del escenario base, es susceptible el 48-50% del territorio nacional a desertificación, siendo la península californiana y las entidades del norte del país los de mayor afectación (Oropeza en Martínez y Fernández, 2004), los bosques de coníferas, las selvas húmedas y la vegetación halófila disminuiría su área potencial (INECC-SEMARNAT, 2018) decrementando, a la vez, los distintos servicios ambientales que estos brindan.

Entre el 16.3 a 68.3% de la población asentada en zonas costeras estarán afectadas por el incremento del 1 a 5 m. del nivel del mar. Es decir, alrededor de 20 millones de personas poseen vulnerabilidad a inundaciones provocadas principalmente por el avance del mar, huracanes de mayor intensidad y frecuencia



(Molina, et al, 2017). Además, 35 islas pobladas y/o prioritarias peligran en desaparecer parcial o totalmente (Programa Especial de Cambio Climático [PECC] 2021-2024, 2021). De esta manera, el acceso al agua y su disponibilidad tendrán impactos heterogéneos entre las entidades federativas; las políticas en la administración, considerando la oferta y demanda del recurso hídrico, debe ir de la mano con un equilibrio ecológico con medidas preventivas. Las zonas urbanas, donde se concentra la mayor parte de la población, también tendrán impactos ambientales considerables; por ejemplo, el principal problema será el abasto del agua, así como eventos meteorológicos como son las islas de calor e inundaciones severas (INECC-SEMARNAT, 2018), causado por el decremento de zonas arboladas y el incremento de la densidad poblacional/urbanización. Como se mencionó, las zonas de mayor afectación será el Noroeste y el Caribe mexicano, se estima que 319 municipios son los que tendrán mayores afectaciones por vulnerabilidad al cambio climático, como se muestra en la **Figura 1.1**.

Figura 1.1. Riesgos y Vulnerabilidad Climática, México



Fuente: Gráfico obtenido del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático-INECC (2016)

Considerando lo anterior, induce a efectos indirectos sobre las actividades productivas y cuestiones sociales; entre los más importantes serán: lastre en el crecimiento económico, inseguridad alimentaria, incremento en la brecha de género, desigualdad económica, mayor migración y destrucción de infraestructura



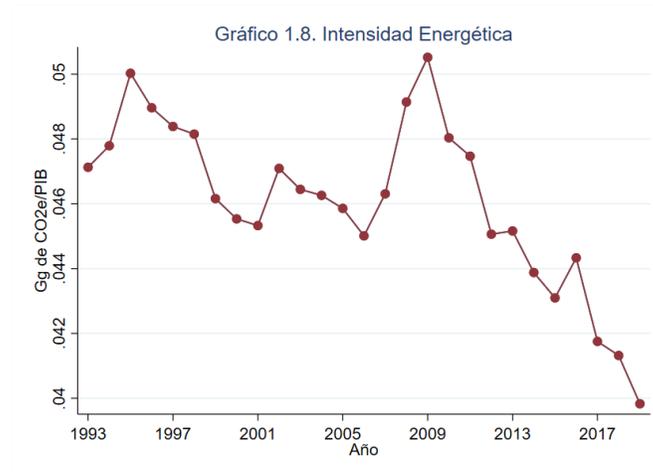
pública. Uno de los primeros sectores que manifestará afectaciones será la agricultura; teniendo en cuenta (con datos empíricos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SIAP) que el 79% de la superficie cultivada (más de 15 millones de ha) es de agricultura temporal y, 50% de los municipios agrícolas no utilizan fertilizantes y la tecnificación es baja, considerando el incremento de la temperatura y reducción en la precipitación, la erosión y pérdida de fertilidad de los suelos impactará en la seguridad alimentaria (INECC-SEMARNAT, 2018) en el mediano plazo, teniendo consecuencias inmediatas en la salud (ya que con mayor temperatura, la supervivencia de distintos vectores y plagas afectarán a la agricultura y salud humana, así como riesgo de nuevas enfermedades de origen zoonótico) y brecha de género (a causa del acceso a mejores dietas, mujeres y menores de edad tendrán menor probabilidad de acceder a ellas) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

Asimismo, un estudio reciente estima que un incremento de 1 °C de la temperatura media reduciría el crecimiento del Producto Interno Bruto [PIB] per cápita entre -0.77 y -1.76%, dependiendo la metodología, y un aumento de 1 milímetro (mm) en la precipitación media nacional tendría impacto negativo en el PIB per cápita entre -0.01 y -0.04% (Sánchez, 2020). Lo que exacerbaría la desigualdad económica, el hambre y la pobreza. Estos factores se interrelacionan y detonaría en incrementos de los flujos migratorios del país, es decir, las consecuencias directas e indirectas del cambio climático sería un factor de expulsión o en las decisiones implícitas de migración (Alscher, 2015). Es por ello, la importancia en la creación de metodologías, indicadores e incluir en las diferentes encuestas nacionales cuestiones medioambientales, además del fortalecimiento en la capacidad institucional para responder a la mitigación y adaptación al cambio climático.

La dinámica poblacional, así como los patrones de consumo y producción ha llevado a un mayor uso de combustibles fósiles. Sin embargo, la intensidad de carbono para el período 1990-2019 muestra una tendencia a la baja, como se puede apreciar en la [Gráfico 1.8](#). Recordando que México en 2016 ratificó el



Acuerdo de París, reafirmando su compromiso en reducir el nivel de emisiones de GEI a la mitad para 2050, por lo que en los siguientes lustros deberá incrementar la reducción en intensidad de carbono, resonando que la dinámica poblacional es positiva, así como la tendencia del producto per cápita.



Fuente: INEGYCEI e INEGI

Como se mencionó en párrafos anteriores, los impactos del cambio climático serán heterogéneos, incluso a nivel local. Por lo que es indispensable contar con mecanismos de adaptación y mitigación que contemple esta diversificación en los riesgos. México, recientemente, posee un sistema jurídico e interinstitucional con la finalidad de coordinar los esfuerzos para la mitigación/adaptación. Ejemplo de ello es la promulgación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) en 2013, deviniendo la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC) cuya función en ley es la formulación e instrumentación políticas nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático, considerando a gran número de secretarías federales y dependencias de estas, principalmente de la SEMARNAT.

Una de las principales metas que contempla la LGCC es que para el año 2050, México, habrá reducido el 50% de las emisiones de GEI, respecto al año base 2000¹⁵, lo que se traduce en una reducción de consumo de energía per cápita entre 2 a 3 tCO_2e , de forma anual. No obstante, la tendencia actual no converge con dicho objetivo. Por lo tanto, el choque por el cambio climático en México debe

¹⁵ No obstante, la Contribución Determinada a Nivel Nacional (2022) [NDC], establece una reducción de GEI entre 22 a 35% al 2030 pero dicha disminución se realiza como punto de referencia un escenario tendencial al 2030 sin intervención política. De forma análoga, un decremento no condicionada de 51% en carbono negro.



ser visto como áreas de oportunidad para encaminar políticas de desarrollo sustentable, con especial atención en la protección de los recursos naturales y ecosistemas.

I.II.II. Fiscalización/Internalización ambiental tradicional

En lo que atañe a la disciplina económica, desde una perspectiva de la economía ambiental, las y los economistas han desarrollado herramientas cualitativas y cuantitativas para identificar externalidades y fallas de mercado derivado de las distintas actividades económicas por los agentes económicos e introducir o internalizar los costos ocasionados al vector de precios. Es decir, la contaminación y daño ambiental es una consecuencia de la ausencia o falta de precio para ciertos recursos y servicios ambientales escasos (Cropper y Oates, 1992). Asimismo, la discusión también se ha centrado en la implementación de un desarrollo sostenible, el cual, tiene la concepción en la asignación intertemporal de los recursos naturales entre las generaciones actuales y que su consumo presente no comprometa el consumo de generaciones futuras (Basurto y Caballero, 2022).

En este tenor, se puede dividir en dos las áreas de estudio a la economía ambiental: la regulación de las actividades contaminantes y la valorización de bienes y servicios ambientales. En el presente trabajo se restringirá a la primera actividad, ya que tiene una mayor incumbencia en la implementación de políticas, así como en la relación del federalismo fiscal ambiental. Únicamente, como acotación, la valorización ambiental ha ido creciendo en estudios aplicados en el análisis del costo-beneficio tradicional, bajo las metodologías de preferencias reveladas y declaradas, las cuales, tienen como intención principal reflejar el valor económico total en el que se incurre en un proyecto económico o de inversión y no se toman en cuenta los costos y beneficios sociales al incurrir en dichas prácticas (Basurto y Caballero, 2022).

Primero, la generación de externalidades deriva cuando la actividad que realiza una persona o empresa afecta a una o más agentes en el margen del mecanismo de mercado (Rosen, 2008), esto da lugar a que el precio de mercado no refleje el costo social asociado a dichas actividades originando una asignación ineficiente



en el Sentido de Pareto. Además, esto genera una falta de compensación o pago a la parte afectada, alterando el beneficio y/o utilidad social (Perman, et al, 2011). Las externalidades pueden clasificarse dependiendo del origen de la actividad en la que se produce, así como en qué tipo de actividad afecta. Asimismo, posee las siguientes características (Rosen, 2008):

- Origen: las externalidades se originan tanto del lado del consumidor y/o productor, su identificación es esencial para el implemento de políticas regulatorias;
- Son de naturaleza recíproca: si son inexistentes los derechos de propiedad, el uso de un mismo recurso ambiental puede ser sujeto a diversos contaminadores;
- Positivos y negativos: las externalidades pueden también clasificarse dependiendo si beneficia o perjudica a un entorno social, considerando el origen de esta; y,
- Los bienes públicos puros son un tipo de externalidad: si una actividad que genera cierta persona o empresa es una externalidad positiva y esta es percibida en general, es un bien público.

Para determinar las políticas adecuadas, con efectos en mitigación del cambio climático, es importante la distinción entre los flujos de contaminación y su acumulación (stock); la clasificación de la contaminación varía dependiendo del tiempo de degradación y el espacio en el que se mezcla. Un flujo o emisión es aquella tasa o velocidad en la que se emiten y/o depositan residuos en el sistema ambiental en un momento del tiempo, mientras que la concentración o stock es la medida de concentración de las emisiones a lo largo del tiempo, por lo cual, es necesario que el tiempo de vida del contaminante sea positiva y supere el umbral de asimilación natural del medio ambiente (Perman, et al, 2011). La importancia de lo anterior subyace en el implemento de las políticas de regulación ambiental; ya que los contaminantes pueden disolverse o mezclarse de manera uniforme espacialmente, entonces la tasa de concentración no varía de un lugar a otro, por lo que la política se concentraría en el control de emisiones o flujo de contaminantes. Por otro lado, los contaminantes pueden no mezclarse uniformemente y, por ende, la tasa de concentración sería el objetivo de la política ambiental, así como la ubicación precisa de la emisión de dicho contaminante.



En lo que respecta a la economía del cambio climático, las políticas se enfocan principalmente a las emisiones que se mezclan uniformemente. Ya que es una característica, por ejemplo, de los GEI y su tasa de concentración es lo que ha provocado diversas consecuencias ambientales e incremento de la temperatura promedio global, respecto al nivel preindustrial, con creces e incertidumbre en las consecuencias provocadas por dicha concentración (como se mencionó sucintamente en el [Subapartado I.II.I](#)). De esta manera, considerando el tema central del presente trabajo, cambio climático y federalismo fiscal, es útil centrar la atención haciendo énfasis en los instrumentos para regular la emisión de contaminantes de mezcla uniforme.

Esto nos lleva al siguiente punto. Antes de abordar los principales instrumentos de control, es necesario tener presente las siguientes relaciones de un consumidor representativo (Cropper y Oates, 1992):

$$D = D(M) \dots (1)$$

$$U = U(X, D) \dots (2)$$

$$X = X(L, M, D) \dots (3)$$

La ecuación (1) representa la función de daño que depende únicamente por el nivel de emisiones M . La ecuación (2) representa el nivel de utilidad del consumidor representativo, el cual depende del consumo de un vector de bienes X y del nivel de daño D . La ecuación (3) representa la producción del vector de bienes X , representada por la entrada de insumos convencionales L (llámese capital y trabajo), también la contaminación resulta de los desechos o emisiones M en dicha producción de X , además se ve afectada por la función de daño D . Las relaciones marginales son las siguientes: $U_x > 0$; $U_D < 0$; $X_L > 0$; $X_M > 0$; $X_D < 0$ y $D_M > 0$. Donde los signos representan el cambio ante variaciones por X , D , L y M , para cada relación de las ecuaciones (1), (2) y (3). Dado lo anterior, se puede describir un modelo de contaminación de flujo eficiente, añadiendo las siguientes consideraciones (Perman, et al, 2011):

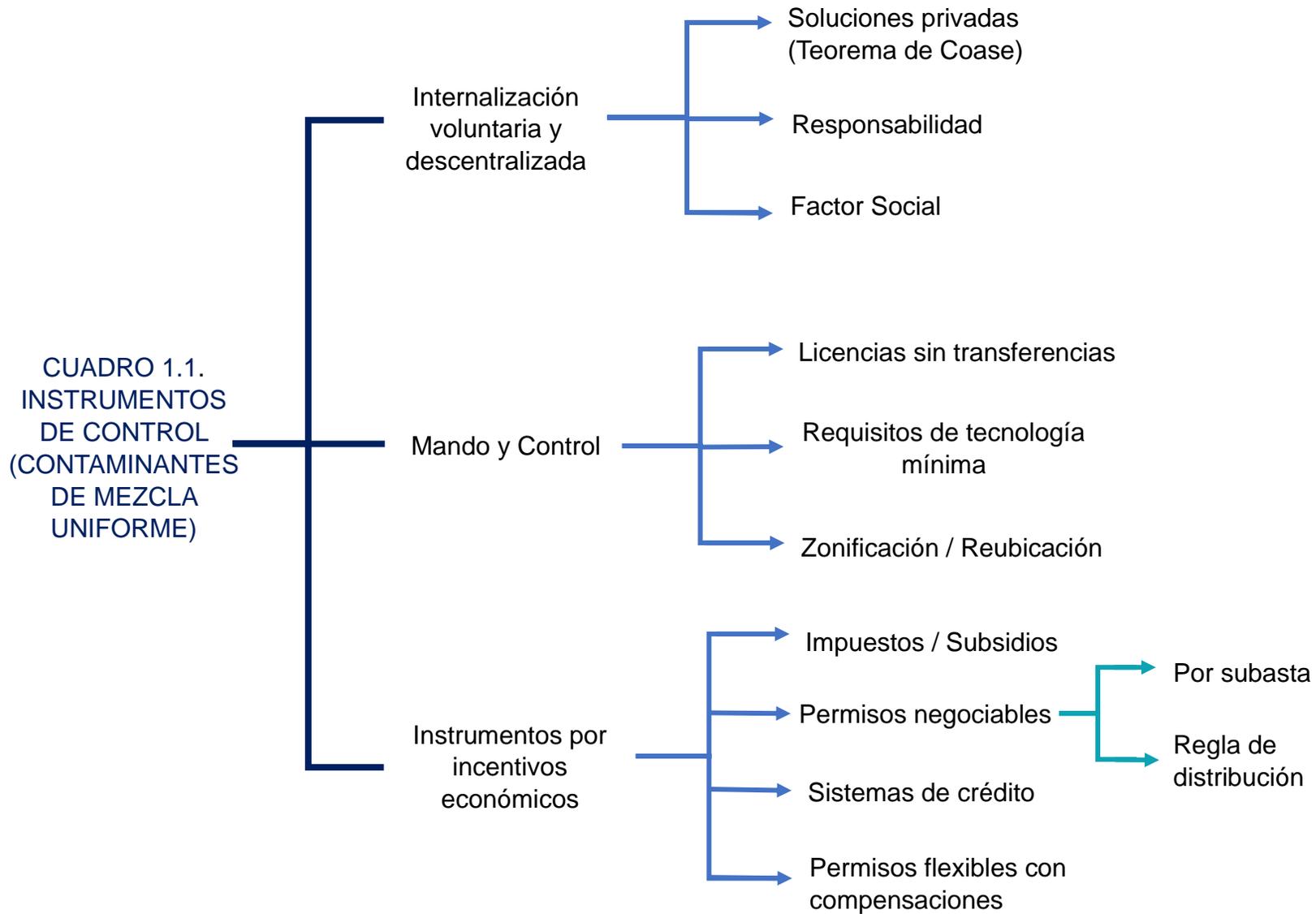
$$B = B(M) \dots (4)$$



$$NB = B(M) - D(M) \dots (5)$$

La ecuación (4) representa el beneficio por contaminar, *ceteris paribus*, en cual se define como aquel beneficio de un agente o empresa por contaminar, la relación marginal tiene el siguiente signo $B_M < 0$, lo que significa que a medida que se incrementan las emisiones, el costo asociado es mayor, por lo que cada unidad de emisión representa menores beneficios totales. En este sucinto modelo, se hace el supuesto que el nivel eficiente de emisiones (M^*) es aquel que maximiza el beneficio neto, ecuación (5), y este nivel eficiente es equivalente a la internalización de la externalidad por contaminar. Entonces, la maximización da como resultado que, en equilibrio, el beneficio marginal es igual al daño marginal por contaminar, obteniendo un valor en dicha intersección μ^* , que representa el precio sombra de la externalidad por contaminar (Perman, et al, 2011).

De esta manera, considerando los contaminantes de mezcla uniforme, se representan las principales herramientas de fiscalización o internalización de las externalidades, las cuales se dividieron en tres grandes grupos: internalización voluntaria y descentralizada, políticas de mando y control e instrumentos de mercado, como se representa en el Cuadro 1.1. En el Anexo 1, se describe de forma resumida las ventajas y desventajas, así como características principales de estos tres grandes grupos de control.



Fuente: Elaboración propia con base en Perman, et al, 2011



II. Revisión de literatura

Antes de evaluar el impacto de los fondos ambientales con la evolución de las emisiones de GEI a nivel estatal, se procede a la revisión de diversos estudios que tienen relación o son análogos al presente trabajo. De manera general, se puede visualizar en la [Tabla 2.1](#)¹⁶ los principales resultados, la metodología utilizada, así como el lugar de aplicación de las diversas investigaciones.

Existe un debate a nivel internacional si los impuestos al carbono o sus equivalentes a otras fuentes de contaminación tienen una verdadera incidencia en cambiar la conducta de aquellos agentes contaminadores. Como se observó en el [Capítulo I](#) del presente trabajo, existen distintas herramientas fiscalizadoras para internalizar los costos ambientales de diversas prácticas o actividades que dañan a terceros y, por lo tanto, engrosan las consecuencias derivadas del cambio climático. Sin embargo, persiste una falta de investigaciones empíricas que relacionen directamente las emisiones de GEI con los diferentes instrumentos de fiscalización, en este caso, con los impuestos al carbono. Existen otros estudios que son principalmente simulaciones donde relacionan la introducción de un impuesto y su afectación al nivel de emisiones. Esto puede ser atribuido a dos cosas; la primera es la falta de datos a nivel local o nacional, la carencia o insuficiencia de datos de forma desglosada ocasiona un alejamiento mismo para estudiar las emisiones de forma genérica; segundo, son pocos los países que cuentan con un esquema fiscal ambiental o los instrumentos con los que cuentan son demasiados laxos para inferir algún cambio de conducta en los agentes económicos.

En efecto, para el caso que compete esta investigación (México a nivel estatal) no hay estadísticas en el nivel de emisiones de forma desglosada como en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero proporcionado por el INECC. Trabajos relacionados son los presentados por Barragán, et al, (2018), junto con el de Antón y Hernández (2013), donde el primero de ellos realizan una proyección en la eficiencia de reducir el nivel de emisiones, comparando un impuesto al

¹⁶ En el [Anexo 2](#) se encontrará la [Tabla 2.1](#) más detallada.



carbono con un régimen de comercio de emisiones. Mientras el segundo, establece el impuesto óptimo que debería tener la economía mexicana en la gasolina por galón consumido que, como lo ejemplifica, se encuentra lejos de lo que se encuentra hoy en día (impuesto óptimo de \$1.90 dólares por galón a precios del 2013). De esta manera, la presente investigación es un esfuerzo en la utilización de los pocos datos disponibles para evaluar las distintas tasas impositivas que pueden ser catalogadas como ambientales y su impacto en las emisiones a nivel local, considerando y aceptando el alto grado de error en su cálculo y evaluación.

A nivel internacional, las investigaciones se concentran en países considerados de alto ingreso, así como conglomerados como la OCDE¹⁷ o la Unión Europea. Se puede decir que los resultados presentados en la [Tabla 2.1](#) resultan ser heterogéneos; las conclusiones difieren dependiendo de la metodología utilizada, así como la intromisión de los impuestos, ya sea de forma proporcional como ingresos, inmiscuidos en el precio o como evaluaciones *ex ante* y *ex post*. Sin embargo, puede decirse que existe un consenso en la mayoría relativa de las y los investigadores en aceptar que los diversos instrumentos son eficientes o deberían profundizarse debido a la urgencia de reducir las emisiones de GEI que, como responsabilidad ética, se deben implementar para cumplir con los propósitos de supervivencia de nuestra raza y de los ecosistemas que cohabitamos.

Algo peculiar es el caso de Suecia, es referenciado en cinco investigaciones en la [Tabla 2.1](#). Esto es atribuido, principalmente, en ser un país pionero en la imposición de impuestos ambientales. Las innovaciones fiscales energéticas data desde la década de los veinte del siglo pasado, cuando se aplicó impuesto al petróleo, a la electricidad y carbón en los cincuenta (Sundquist, 2007). Para la década de los noventa, fue uno de los primeros países en introducir un impuesto al transporte y los combustibles fósiles. Hoy en día, más del 90% de los ingresos derivado de impuestos al carbono provienen del consumo de gasolina, así como

¹⁷ Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).



del diésel (Andersson, 2019). Además, la disponibilidad de datos, proporcionados principalmente por instituciones gubernamentales, incentiva al estudio sueco.

Otros casos de estudio se centran en el Este de Europa (Alemania, Turquía y Polonia), así como los países nórdicos. Para el caso de América, las investigaciones se centran en los Estados Unidos y Canadá, existen casos para Latinoamérica, empero, son simulaciones en introducción de impuestos y su relación con las emisiones, como el caso chileno de Mardones y Cabello (2019), en el cual se tiene una temporalidad de estudio muy corta después de la introducción de impuestos. Como se mencionó, se trató de centrar la investigación en estudios de caso.

Respecto a las distintas metodologías empleadas, destaca el uso de datos de sección cruzada estimado principalmente por el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Una herramienta eficaz en los casos que se analizan aisladamente a un cierto país o región en específico. Si se cuenta con los suficientes datos repetidos dentro de cierta periodicidad, existe alta probabilidad de encontrar causalidad o cierta dependencia entre diferentes variables de control (retomadas más adelante) y la evolución de emisiones o el consumo de gasolina, como se puede observar en Shmelev y Speck (2018), Dinh (2011) o Andersson (2019), todos enfocados en el caso sueco. De igual forma, puede ser aplicado para la obtención de elasticidades, como es el caso de Kim, et al, (2010) para el consumo de gasolina frente al precio de mercado (con impuestos ambientales) y la ratio de sustitución entre el diésel y gasolina.

Otra herramienta ampliamente utilizada son datos panel. Se observó que, principalmente, se aplica cuando se evalúan un conjunto o conglomerado de países. Por ejemplo, Nar (2021), Miller y Vera (2013) y Morley (2012) utilizan esta metodología aplicada, en los primeros dos casos, a países miembros de la OCDE y en el caso de Morley para la Unión Europea. Lo que obedece a la obtención de observaciones de distintos países en una serie de tiempo. Aunque, también esta metodología es aplicada a nivel local. Por ejemplo, Pretis (2021) y Davis y Kilian (2009) aplican datos panel para la región de Columbia Británica y Estados Unidos,



respectivamente, gracias a que la obtención de datos favorece su aplicación. La anterior metodología es de gran utilidad y benévola cuando se presentan y se tenga la disponibilidad de datos de diferentes regiones, como es el caso del presente trabajo (por entidades federativas), que además toma en cuenta la heterogeneidad de estos, obteniendo resultados robustos en la evolución de alguna variable de interés, como es el caso del nivel de emisiones de carbono.

Las regresiones por diferencias en diferencias y control sintético coadyuvan en identificar si la introducción/intromisión de ciertas herramientas fiscales ambientales tuvieron alguna incidencia en desviar la trayectoria de las emisiones de GEI comparando con cierto grupo de control en un lapso. Es decir, un análisis *ex ante* y *ex post* comparando con regiones o países que posean rasgos económicos y sociales similares. Por ejemplo, las investigaciones de Lin y Li (2011) aplicado a los países nórdicos (en lugar de Islandia toma en cuenta a los Países Bajos) y Runst y Höble (2021) para el caso alemán, así como una de las estimaciones realizadas por Pretis (2021), hacen uso de estas metodologías en la determinación si el impacto de un impuesto al carbono afectó o no de forma significativa la trayectoria de las emisiones o la tasa de crecimiento de estas.

Por último, fueron pocas las investigaciones que hacen uso de series de tiempo. Específicamente, la investigación de Teletar y Birinci (2022) para el caso turco en la determinación si los impuestos ambientales están cointegrados con las emisiones, y para Rybak, et al, (2022) en el caso polaco mediante el uso de la técnica ARMAX, mientras que en una de las estimaciones de Davis y Kilian (2009) utilizan vectores autorregresivos para la determinación de retroalimentación en el consumo de gasolina. Sin embargo, las investigaciones que hicieron uso de series de tiempo encontraron resultados robustos en sus diferentes pruebas para determinar la significancia de sus conclusiones, aunque también se tiene el riesgo, como menciona Shmelev y Speck (2018), en la distorsión de los resultados, debido al análisis aislado y no tomar en cuenta diferentes choques exógenos incluidos en otras variables de control, proporcionado en el propio análisis histórico de las diversas investigaciones. Existen metodologías o herramientas ya



preestablecidas como la utilizada por Liu y Cirillo (2016), con softwares que ayudan a estimar, en este caso, un modelo discreto de automóviles en Washington para desagregar el impacto de diferentes impuestos y su impacto estimado en las emisiones de GEI.

Respecto a la variable dependiente o evaluada, recae primordialmente en dos: emisiones de GEI (o su equivalencia en carbono, así como la disgregación por sector) y consumo de gasolina. Dependiendo del enfoque y propósitos de las y los autores, estas variables pueden presentarse de forma física, logarítmica, por razones de cambio, intensidad energética o en términos per cápita. Los estudios que utilizan el consumo de gasolina como variable dependiente, por lo regular, manejan los resultados para estimar las reducciones en emisiones dependiendo de los movimientos en las diferentes tasas impositivas. Como es el caso de Kim, et al, (2010), donde las elasticidades precio son tomadas para calcular la reducción de las emisiones en Corea con el incremento del impuesto ambiental, caso análogo para Suecia con Dinh (2011). Un caso particular es el de Telatar y Birinci (2022) donde, además de evaluar las emisiones de CO₂, estudia el impacto en la huella ecológica de Turquía, argumentando que posee espectros más amplios para estudiar el impacto de los impuestos ambientales en el daño ambiental causado por la actividad del ser humano.

Respecto a la variable de control principal (comúnmente un impuesto al carbono y/o gasolina) se incorpora a los modelos como proporción del PIB o como porcentaje de los ingresos totales del gobierno (sea nacional o local), principalmente. Más de cinco de las investigaciones revisadas presentan este tipo de impacto a las emisiones. Otra modalidad es el impacto implícito a través del precio de mercado, es decir, movimientos en el precio percibido a consecuencia de incrementos/decrementos en la tasa impositiva. Tres de cuatro investigaciones que tienen esta presentación, la variable dependiente es el consumo de gasolina; esto, como se comentó en párrafos anteriores, tiene la finalidad de obtener elasticidades para, consiguientemente, estimar o pronosticar el cambio en el nivel de emisiones. Runst y Höble (2021) tiene la peculiaridad establecer el impuesto



implícito en el precio para evaluar el nivel de emisiones provenientes del sector transporte. Por último, en los modelos que implementan control sintético o diferencias en diferencias, en general, presentan variables dicotómicas para evaluar *ex ante* y *ex post* la intromisión del impuesto al carbono o en la gasolina, como se puede observar en Lin y Li (2011), Pretis (2021) o Andersson (2019).

Otras variables de control que fueron constantes en las investigaciones fue el nivel de ingreso per cápita y la población. Respecto al ingreso per cápita, esta variable por lo regular se le añade el término cuadrático con la finalidad de determinar un comportamiento parabólico, evocando una relación positiva con el nivel de emisiones hasta cierto nivel de ingreso y, a partir de este punto, comenzaría a decrecer, un comportamiento análogo a una U invertida (por ejemplo, Morley (2012); Runst y Höble (2021) o Lin y Li (2011)). Esto indicaría una dinámica descrita teóricamente como la Curva de Kuznets Ambiental. Por otra parte, la población en sí, o como tasa de urbanización, indicaría un forzamiento en la demanda de combustibles fósiles y en la actividad económica, sin tener en cuenta el cambio tecnológico, lo que contribuiría explícitamente en incrementos de las emisiones de GEI (por ejemplo, Miller y Vera (2013) o Morley (2012)).

Otros estudios, de forma particular, incorporan variables de corte social o tecnológico. Por ejemplo, el gasto en investigación y desarrollo (Lin y Li (2011)), desglose de impuestos en diversos sectores (Ryback, et al (2022)), rezagos en la variable dependiente para tomar en cuenta la inercia en el tiempo (Dinh (2011) o Pretis (2021)) y el tiempo como variable explicativa para incorporar los cambios tecnológicos (Sundquist (2007)). Es importante tener en cuenta la decisión de incorporar o no variables dependiendo del contexto histórico del análisis y la profundización del estudio, ya que las conclusiones, como se observará en los siguientes párrafos, pueden diferir y no lograr un consenso o ser ambiguas, como es el caso sueco.

Ejemplificando lo anterior, considerando los principales resultados evaluados, Shmelev y Speck (2018) y Lin y Li (2011) con modelos de regresión lineal y diferencias en diferencias, respectivamente, argumentan que los impuestos



ambientales no han producido un cambio significativo en las emisiones en Suecia. Para el primer caso, se argumenta (como previamente mencionado) que si el análisis es aislado por parte de los impuestos ambientales (a excepción de la gasolina) no producen cambios significativos en el nivel de emisiones, como el caso de Telatar y Birinci (2022). Mientras que, para el segundo estudio, el cambio estructural impositivo, no produjo cambios significativos en la tasa de crecimiento de las emisiones. Es importante la identificación de eventos exógenos que no son tomados en cuenta; en el presente caso, Suecia, a la par de la introducción de impuestos al carbono, reforzó la producción de energía nuclear e hidroeléctrica, además de incrementos en las importaciones de electricidad. Por otra parte, Andersson (2019) y Sundquist (2007) sustentan los resultados favorables en la reducción de emisiones en Suecia. En el primer caso refuta los resultados de Li y Lin (2011) argumentando fallas en la construcción de un contrafactual para el país de estudio, obteniendo evidencia significativa en reducciones importantes en las emisiones del sector transporte. Mientras que, para el segundo caso, impuestos al carbono, petróleo y gasolina impulsaron reducciones en el nivel de emisiones per cápita, por unidad e intensidad energética.

Por último, en aquellos estudios que conglomeran diversos países en conjunto, existe un mayor número relativo que sustentan la fiabilidad de la introducción de impuestos ambientales o al carbono para cambiar la trayectoria e inercia del nivel de emisiones, excepto para Nar (2021). Con ello, se puede concluir que los resultados de las distintas evaluaciones producen resultados heterogéneos dependiendo de la metodología empleada, datos disponibles y utilizados, así como en la forma que se utilizan. Sin embargo, existe un apoyo relativo mayor en la efectividad de los diversos impuestos ambientales, lo que apremia ampliar los estudios en la materia, para obtener resultados que coadyuven con las diferentes metas y lograr economías descarbonizadas, así como el cumplimiento de diversos acuerdos internacionales.

En este tenor, la revisión de literatura ofreció un panorama de las diversas investigaciones y la forma de visualizar los impactos de los impuestos



ambientales, así como la forma en que pueden ser vinculados, en el nivel de emisiones; controlando por población y/o nivel de ingreso per cápita. Con ello, se procede a presentar una metodología para el caso mexicano, considerando el sistema actual de transferencias. Así como la disponibilidad de datos con las que se cuenta.



Tabla 2.1: Relación de artículos de investigación. Impuestos ambientales (énfasis en gasolinas) con emisiones al ambiente

Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
Camila Barragán, Amalia Pizzaro, María Xylia, Sanna Syri y Semida Silveira	2018	Sector eléctrico mexicano	Modelo de optimización de equilibrio parcial (Modelo Balmorel)	Emisiones de GEI (millones de toneladas de CO ₂ anuales)	-Demanda de Electricidad; Capacidad de Trasmisión de Energía; Capacidad de Generación; Disponibilidad de Recursos Renovables; Precios del combustible; Tasa de Descuento.	Se recomienda la implementación de un ETS (11 USD/tCO ₂) en lugar de un CT, debido a mejores escenarios en abatimiento de GEI, eficiencia en costos económicos y distributivos (incremento de la tarifa por 1%).
Bruce Morley	2012	Países miembros de la Unión Europea y Noruega	Datos Panel Dinámico	(1) Total de Emisiones de GEI. (2) Consumo energético (ton de petróleo equivalente)	-Variable dependiente con un rezago; PIB per cápita real; PIB per cápita real al cuadrado; Formación de Capital per cápita; Impuestos ambientales; Población.	Encuentra un efecto negativo y significativo entre impuestos ambientales y emisiones, pero no hay una relación entre impuestos ambientales y consumo energético.
Young-Duk Kim, Hyun-Ok Han y Young-Seok Moon	2010	República de Corea	Elasticidad precio por variables instrumentales	Consumo de gasolina	-Precio de la gasolina (incluyendo impuestos ambientales); Ratio entre el precio de la gasolina y diésel.	La elasticidad precio oscila entre -0.4391 y -0.8764, mientras que la sustituibilidad se encuentra entre -0.0114 y -0.1390. Se estima que un impuesto de 50,000 wones por tonelada de CO ₂ , causaría una reducción de 916,124 ton de CO ₂ sin sustituibilidad y de 1,090,325 ton de CO ₂ con sustituibilidad.
Mehmet Nar	2021	Países de la OCDE (1990-2018)	Datos Panel (efectos aleatorios)	Emisiones totales de GEI por país (toneladas).	-Ratio de ingresos por impuestos al carbono sobre el PIB.	Los ingresos de impuestos al carbono como porcentaje del PIB no son significativos en la variación de las emisiones de GEI en los 36 países de la OCDE.
Felix Pretis	2021	Columbia Británica	(1) Diferencias en diferencias con efectos fijos panel. (2) Control sintético.	Emisiones totales de CO ₂ agregado y sectorial.	-Emisiones con rezago; Impuesto al carbono (como dummy y tasa); Población; PIB.	Existen disminuciones significativas en algunos sectores (principalmente en transporte). A nivel general no se encuentra evidencia significativa que la



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
			(3) Detección de ruptura con panel.			introducción del impuesto al carbono haya modificado las emisiones de CO ₂ . El modelo por ruptura identifica la imposición del impuesto al carbono como la causa en la disminución de emisiones en el sector transporte, pero no es el caso para las provincias canadienses.
Julius Anderson	2019	Suecia	(1) Control sintético (2) Mínimos Cuadrados Ordinarios	(1) Emisiones per cápita de CO ₂ provenientes del transporte (2) Consumo per cápita de gasolina (logaritmo)	(1) -PIB per cápita; Número de vehículos motorizados; Consumo per cápita de gasolina; Porcentaje de población urbana. (2) -IVA; Impuesto al carbono; Dummy para identificar la introducción de los impuestos; PIB per cápita; Urbanización; Tasa de desempleo.	La introducción del impuesto al carbono tiene éxito en la reducción de las emisiones con información ex ante y post. El efecto separado del IVA y el CT, donde los consumidores responden más contundente a cambios en el CT que en el precio de la gasolina. El CT sin tomar en cuenta el IVA, se le atribuye reducciones en las emisiones en 6.3% en el sector transporte.
Sebastián Miller & Mauricio Vela	2013	50 países, OECD, de América Latina y Asia.	(1) Regresión transversal. (2) Panel dinámico (estimación por el método general de momentos)	Cambio porcentual en: Emisiones de CO ₂ per cápita; superficie forestal; uso de energía per cápita; consumo de energía de combustibles fósiles; energía; producción de energía eléctrica de fuentes renovables per cápita; PM10 en microgramos por metro cúbico; emisiones de contaminantes del agua; y consumo de energía eléctrica per cápita.	-Variable dependiente rezagada; Ingresos por impuestos ambientales; PIB per cápita; Tasa de crecimiento; Porcentaje de población urbana.	En las distintas regresiones se muestra que el crecimiento de emisiones per cápita de CO ₂ disminuye con el crecimiento por ingresos de impuestos ambientales, entre ellos impuestos a la energía, transporte y contaminación. Países con mayores ingresos por impuestos ambientales tienen mejor desempeño en la reducción de emisiones de CO ₂ per cápita, PM10, contaminación del agua y consumo energético en base de combustibles fósiles.
Lucas Davis & Lutz Kilian	2009	Estados Unidos	(1) Mínimos Cuadrados	(1) (2) & (3) Cambio en el consumo de gasolina	(1) Cambio en el precio de la gasolina ajustado	Un incremento de 10 centavos, el consumo de gasolina disminuye -



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
		(nacional y local)	Ordinarios (nacional y panel) (2) Variables Instrumentales (nacional y panel) (3) Vectores Autorregresivos (nacional)		por la inflación. (2) Cambio en el precio de la gasolina después de impuestos, excluyendo el IVA y tomando en cuenta cambios nominales en el impuesto a la gasolina. (3) Cambio en el precio/impuesto.	0.31% (MCO con una elasticidad de -0.10, nacional), -0.59% (MCO, con elasticidad de -0.19, panel) y -1.43% (con variables instrumentales (elasticidad -0.46, panel). Con el modelo VAR, el consumo de gasolina decrementa -0.37% y -3.39%, utilizando 12 rezagos con elasticidad precio e impuesto, respectivamente.
Boquiang Lin & Xuehui Li	2011	Finlandia, Dinamarca, Suecia, Noruega y Países Bajos	Diferencias en diferencias	Tasa de crecimiento de las emisiones per cápita de CO ₂	-Emisiones per cápita con un rezago; Población; PIB per cápita; Urbanización; Estructura industrial; Gasto en Investigación y Desarrollo; Dummy sectorial; Dummy temporal.	Los resultados para países fueron heterogéneos; para Finlandia, el impacto del CT fue significativo con un decrecimiento de las emisiones en 1.69%, para Dinamarca, Suecia y los Países bajos no fue significativo el CT. Noruega presentó una relación positiva en el CT, pero no significativa.
Petrik Runst & David Höble	2021	Alemania	Control sintético	Emisiones de carbono, toneladas de CO ₂ provenientes del sector transporte	(1)-Precio del combustible; PIB; Población; Kilómetros por usuario/pasajeros; Longitud de las carreteras estatales; Transporte ferroviario y Combustible usado para automóviles. (2)-PIB per cápita y Densidad vial.	La imposición de un cuasi impuesto al carbono redujeron las emisiones del sector transporte en 0.2 y 0.35 ton de CO ₂ anuales. La imposición, coincide con la innovación de nuevas tecnologías que hacen mayor eficiente a los automóviles. Se observa un cambio en el consumo hacia el uso del diésel como alternativa a la gasolina.
Osman Telatar & Nagihan Birinci	2022	Turquía	Análisis de series de tiempo, no lineales (cointegración)	(1) Huella Ecológica (2) Emisiones de CO ₂	(1) & (2) -Impuestos ambientales (como porcentaje del PIB)	Los impuestos ambientales no están cointegrado con las variables dependientes. No hay relación significativa a largo plazo en la Huella Ecológica, ni en las emisiones de CO ₂ . El nivel de impuestos está afectado por impuestos indirectos como el



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
Arturo Antón & Fausto Hernández	2013	México	Metodología Parry & Small para maximizar la utilidad respecto al cambio en el impuesto a la gasolina	Impuesto (dólares por galón)	-Componente Pigouviano (uso del combustible, distancia recorrida, congestión y accidentes); Componente Ramsey.	impuesto especial al consumo y a los vehículos motorizados. El impuesto se descompone de \$1.62 dólares por galón en el componente pigouviano y \$0.28 por el componente Ramsey. Este impuesto óptimo (\$1.90) es progresivo a excepción del último decil.
Aurelia Rybak, Jaroslaw Joostherens, Anna Manowska & Joachim Pielot	2022	Polonia, en comparativa con Suecia	Modelo autorregresivo de medias móviles con entrada exógena (ARMAX)	(1) Emisiones de CO ₂ (2) Emisiones de CH ₄	-(1) y (2) Componentes ARMA (p, q). -(1) y (2) Ingresos por impuestos ambientales diferenciados: energía, transporte, contaminación y recursos naturales.	Las variables explicativas fueron estadísticamente significativas, sin embargo, únicamente el impuesto en el sector energético tuvo una relación negativa en el nivel de emisiones de CO ₂ , explicado principalmente por la representatividad del impuesto. Para el caso del CH ₄ , sólo el impuesto a la energía y transporte fueron significativo.
Patrik Sundquist	2007	Suecia	Sección cruzada por MCO	(1) Emisiones de CO ₂ /consumo de energía (2) Consumo energético/PIB (3) Emisiones per cápita de CO ₂ (4) Emisiones per cápita de CO ₂ (para la OCDE)	(1) -Tiempo; Impuestos ambientales: petróleo, gasolina, carbón y gas natural. (2) -Tiempo; Impuestos ambientales: <i>ibid.</i> (3) -Tiempo; PIB per cápita; Impuestos ambientales: <i>ibid.</i> (4) -Impuesto ambiental; PIB per cápita; porcentaje de energías renovables; gasto en I+D; gasto social y Coeficiente de Gini.	En los primeros tres modelos evaluados, los CT y al petróleo resultaron los más eficientes en la reducción de emisiones de CO ₂ , emisiones per cápita. El impuesto al gas natural resultó adverso en incrementar las unidades de CO ₂ , así como emisiones per cápita. A nivel OCDE, el impuesto a la gasolina implica una reducción significativa en las emisiones de CO ₂ . Existe una correlación negativa entre mayor ingreso per cápita, mayor la reducción de emisiones.
Stanislav Shmelev & Stefan Speck	2018	Suecia	Regresión lineal	(1) (2) Emisiones de CO ₂	(1) -Energía nuclear; energía hídrica; uso del petróleo; uso de diésel; precio del combustible;	De forma aislada, el impuesto al CO ₂ no es lo suficientemente significativo para generar un cambio en las emisiones de CO ₂ , a



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
					impuesto al carbono en el petróleo/gasolina; impuesto energético en carbón; impuesto energético en gas; importaciones de palma y café. (2) Se agrega a (1) la Importación neta de electricidad; uso del carbón y de la biomasa.	excepción de la gasolina. El análisis de impuestos combinados en energía presenta significancia en la reducción de emisiones, aunque la mayor contribución a dichas emisiones es atribuida a la innovación nuclear e hidroeléctrica, junto con la importación de energía eléctrica y aceite de palma.
Yan Liu & Cinzia Cirillo	2016	Área Metropolitana de Washington, DC	Los autores realizan un modelo que combina la propiedad de automóviles continuo discreto integrado con el software MOVES2014 con la finalidad de desagregar cuatro submodelos: (a) tipo de vehículo y elección de época; (b) elección en la cantidad de vehículos; (c) elección del uso vehicular; y (d) estimar las tasas de GEI vehiculares. Una vez realizado los cálculos en cada submodelo, se estima la reducción de GEI equivalentes de acuerdo con la propuesta de los autores, mediante una serie de incrementos equivalentes de (dólares) \$92.5, \$185 y \$370 de cuota anual por vehículo en tres tipos de impuesto: a la propiedad, a los combustibles y a la compra/adquisición.			El impuesto más efectivo para reducir las emisiones es a los combustibles, teniendo su mayor impacto en los grupos de bajos ingresos. El impuesto a la propiedad es el del menor impacto en la reducción de GEI. El impuesto a la venta tiene un mayor impacto en las familias con mayor número de vehículos.
Mai Dinh Guy	2011	Suecia	Mínimos Cuadrados Ordinarios	(1) (2) (3) Consumo de gasolina (en logaritmo)	(1) -Precio de la gasolina real; PIB per cápita; subsidio en autos ecológicos (dicotómica); regulación en las emisiones (dicotómica). (2) - <i>Ibid.</i> , parque vehicular (3) -Precio de la gasolina real; PIB per cápita; variable dependiente con rezago.	Los modelos (1) y (2) son de corto plazo, el consumo de la gasolina es inelástico al precio y al ingreso. Mientras que en el largo plazo (3) se torna elástico. Un incremento en 0.128 SEK por litro podría reducir las emisiones en 0.04% y 0.67% en el corto y largo plazo. Desde 1991 al 2010 (utilizando las elasticidades) la reducción por el impuesto al carbono redujo 10.8%.



III. Método, datos y resultados

En el presente capítulo se dividirá en cuatro secciones. La primera, se establecerá el método utilizado, datos panel, las ventajas y desventajas de su utilización. El segundo, las bases de datos que se lograron recopilar, la especificación de las variables utilizadas y los modelos. Siguiendo con las estadísticas descriptivas, finalizando con los resultados de los modelos.

III.I. Metodología panel

Para evaluar a los gobiernos estatales y el papel que tienen los fondos catalogados como ambientales (véase en el siguiente Subapartado III.II) es útil adoptar la metodología panel, ya que combina las características individuales y temporales de forma conjunta. En el presente subapartado se describirá sucintamente esta metodología, las ventajas que ofrece dos tipos de modelos: efectos fijos y efectos aleatorios.

La elección de un modelo econométrico depende de dos elementos para su análisis, a saber: la dimensión de los datos utilizados y las relaciones entre la variable a explicar y la(s) variable(s) que pretende dar cierta relación y/o causalidad a la dependiente (Mayorga y Muñoz, 2000). Entre el análisis de la información recabada, es importante el estudio según las cualidades de este (Gujarati y Porter, 2010). Primero, la temporalidad de los datos, es decir, series de tiempo; una serie de tiempo incluye la información de una o diversas variables en diferentes puntos del tiempo (mes, año, bianual, etc.). Segundo, independiente del tiempo, es el carácter individual de una muestra o población de datos; son las características de las unidades presentes en la información recabada en un momento determinado del tiempo o en un corte transversal.

De esta manera, aquel conjunto de datos o información que posea características individuales y a lo largo del tiempo, es decir, de corte transversal y series de tiempo, se emplea la metodología tipo panel, ya que, gracias a la técnica empleada, coadyuva a incorporar la heterogeneidad no observable entre las unidades individuales, con el tiempo (Wooldridge, 2015). Ahora bien, el modelo general panel se emplea de la siguiente manera (Mayorga y Muñoz, 2000):



$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta x_{i,t} + u_{i,t} \dots (7)$$

$$i = 1 \dots n$$

$$t = 1 \dots T$$

Siendo i las observaciones para cada individuo o unidad en particular, t las observaciones a través del tiempo, y es la variable dependiente del modelo, α es un vector de interceptos de tamaño n , β es el vector de parámetros de tamaño k , x es la observación i -ésima del tiempo t para las k variables explicativas y, u es el término de error de tamaño n . Los diferentes modelos (descritos en párrafos posteriores) estriba en la descomposición de u , ya que se puede descomponer de la siguiente manera:

$$u_{i,t} = \mu_i + \delta_t + \epsilon_{i,t} \dots (8)$$

Siguiendo a Mayorga y Muñoz (2000), μ representa los efectos no observables diferibles entre los individuos, pero constantes en el tiempo, δ son los efectos temporales, pero no difieren entre los individuos y el término ϵ es el error aleatorio. Se pueden tomar tres supuestos distintos para el término u_i , a saber:

- Si el término $\mu_i = 0$, quiere decir que no existen diferencias entre los individuos, es decir, no hay heterogeneidad entre las unidades particulares, ni con el tiempo, por lo que, será mejor realizar un estudio de regresión agrupada (*pooled cross sections*), estimado por mínimos cuadrados ordinarios (Wooldridge, 2015);
- Si el término $\mu_i \neq 0$, significa que existe diferencias entre los individuos, es decir, se acepta la heterogeneidad y se incorpora a la constante del modelo, a través de variables dicotómicas. En otras palabras μ_i es efecto fijo, de ahí el nombre del modelo (*fixed effects*);
- No obstante, si $\mu_i \neq 0$ y además presenta correlación serial con las variables explicativas [$\mu_i | x_i \sim N(0, \sigma_\mu^2)$], entonces término μ_i es aleatorio no observable que varía entre individuos, más no en el tiempo (*random effects*).

Previo a detallar los modelos de efectos fijos y aleatorios, se enunciarán las ventajas y desventajas del uso de los modelos panel. Entre las ventajas tenemos (Mayorga y Muñoz, 2000):



- Incrementa el número de observaciones, por ende, los grados de libertad para su análisis, así como una reducción en la colinealidad de las variables explicativas;
- Captura la heterogeneidad de los individuos o unidades particulares, mejorando la eficiencia en la estimación y permite la realización de diversas pruebas de hipótesis para comprobar su heterogeneidad o rechazarla;
- Mejora la dinámica de los procesos de ajuste, en comparación con estimaciones agrupadas, incrementando la posibilidad de realizar modelos de mayor complejidad de comportamiento, con la combinación transversal y series de tiempo.

Entre las desventajas encontramos (Gujarati y Porter, 2010):

- Combinan los problemas de corte transversal (como heterocedasticidad) y de series de tiempo (autocorrelación, por ejemplo) lo que puede sesgar los resultados obtenidos;
- Puede ocurrir datos faltantes, ya que las encuestas o censos que recopilan información, es difícil mantener una observación individual y que esta sea del mismo individuo en algún otro punto del tiempo, obteniendo un panel desbalanceado o con datos faltantes.

Efectos Fijos

Como se mencionó anteriormente, la aplicación de efectos fijos requiere la estimación de n interceptos, empleando variables dicotómicas que absorben las diferencias de las unidades individuales. El modelo de efectos fijos se puede generalizar como sigue (Wooldridge, 2015):

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta x_{i,t} + u_{i,t} \dots (9)$$

$$u_{i,t} = \mu_i + \epsilon_{i,t}$$

Siendo α_i el vector de variables dicotómicas invariables en el tiempo para el individuo i , mientras que $u_{i,t}$ es el error compuesto; siendo μ_i el error constante y fijo para cada individuo y $\epsilon_{i,t}$ el error aleatorio que cumple con los requisitos de mínimos cuadrados ordinarios. Cabe señalar que, en este modelo, debe cumplir el supuesto de no correlación entre el error y la constante entre los individuos, de lo contrario, sesgaría los resultados.

Efectos Aleatorios



Este modelo considera una correlación entre el término de error y las variables explicativas del modelo. Es decir, existen factores que afectan a la variable que se quiere explicar, no obstante, estos son inobservables, por lo que se añade una perturbación aleatoria. El modelo de efectos aleatorios se modela como sigue (Wooldridge, 2015):

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta x_{i,t} + v_{i,t} \dots (10)$$

$$v_{i,t} = \alpha_i + \delta_t$$

Donde el término $v_{i,t}$ es el error compuesto, que agrupa el error entre individuos α_i , mientras que δ_t representa el término no observable o el error asociado con el tiempo. Dado que no se cumplen los supuestos básicos de estimación por mínimos cuadrados ordinarios, se estima por mínimos cuadrados generalizados, ya que suaviza el cumplimiento de los supuestos tradicionales (Mayorga y Muñoz, 2000). Además, el término α_i no se correlaciona con las variables explicativas, es decir, la $Cov(x_{i,t}, \alpha_i) = 0$, en todos los períodos.

Prueba Hausman

Para resolver la disyuntiva entre el uso de efectos fijos o aleatorios se emplea, comúnmente, la Prueba de Hausman. La presente prueba utiliza una distribución Chi-cuadrada, en la cual, la hipótesis nula establece que el modelo de efectos aleatorios es el mejor estimador, cumpliendo las características ya mencionadas; mientras que la hipótesis alternativa establece que existen diferencias entre emplear efectos fijos y aleatorios, por lo que se recomienda hacer uso de efectos fijos.

H_0 : se emplean efectos aleatorios,

$$y_{i,t} = \beta_0 + \beta x_{i,t} + v_{i,t}$$

H_1 : se emplean efectos fijos,

$$y_{i,t} = \alpha_i + \beta x_{i,t} + u_{i,t}$$



De esta manera, es posible establecer un criterio estadístico para el empleo de uno o determinado modelo, considerando las características intrínsecas de cada uno de ellos y evitar un sesgo en la estimación.

III.II. Especificación del modelo

Con la finalidad de evaluar el impacto en las emisiones de GEI o de CO₂ equivalente, se identifican dos impuestos ambientales que emergen del SNCF. A raíz de la reforma al federalismo fiscal del año 2007, se implementa una participación a las entidades federativas del Impuesto Especial sobre Productos y Servicios, en gasolinas y diésel (IEPS-GyD), en el cual se cobra una tarifa por el consumo de combustibles fósiles¹⁸. Además del Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (ISAN), en función de la demanda de vehículos junto con un Fondo de Compensación¹⁹. Existen otros impuestos/cuotas ambientales, en específico en los combustibles fósiles. Sin embargo, estos ingresos no son participables a las entidades federativas y sus cuotas apenas superan el 0.1% del total de ingresos recaudados a nivel federal (4,699.2 millones de pesos).

Un elemento adicional que debe tomarse en cuenta es la abrogación de la Ley del Impuesto sobre la Tenencia en el año 2007. Dicho impuesto, que nace con fines recaudatorios con miras a las Olimpiadas organizadas en 1968, poseía rasgos federales y podría ser progresivo como quisiese y, también, podría ser catalogado como un impuesto ambiental (Urzúa y Velázquez, 2018). Con la suspensión, comenzó una carrera competitiva que refleja lo comentado en el [Subapartado I.I.I](#), competencia entre los gobiernos subnacionales, en este caso entre las entidades federativas. Produciendo una caída en la recaudación debido al 'Voto con los Pies', renunciando a una percepción de 15,000 millones de pesos, de acuerdo con el último año (2011) antes de descentralizarse por completo (Galán, 2019).

Países, principalmente de alto ingreso, utilizan los impuestos ambientales como herramienta para disminuir las emisiones de GEI. Sin embargo, como se mencionó en la revisión de literatura, para el caso mexicano no se encontraron estudios que relacionen si realmente hubo afectaciones (sea positivas o regresivas) a las

¹⁸ Observar el Artículo 2-A, de la Ley del IEPS.

¹⁹ Ver la Ley del ISAN.



emisiones. Persisten estudios interesantes sobre la regresividad de los impuestos al carbono (inmiscuidos en la Ley del IEPS), como el caso de Huesca y López (2016), asentando que dichos impuestos tienden a ser no regresivos. No obstante, el impacto ambiental ha quedado de lado en la literatura, centrando la atención en los niveles de recaudación, los cuales, han sido crecientes en los últimos años, considerando las cuotas del IEPS estatales. Ya que, si consideramos las cuotas aplicadas a nivel federal, se observa una recaudación negativa para el período comprendido del 2011 al 2016, debido a un mecanismo de protección o subsidio ocasionado por incrementos diferenciados en el precio internacional de las gasolinas y/o combustibles fósiles, compensando variaciones extremas.

La disponibilidad de información es un problema mayúsculo para implementar estudios de impacto en las emisiones atribuido a alguna intervención de mercado. México no cuenta con un registro a nivel estatal desagregado como análogo al INEGYCEI²⁰. Sin embargo, la SEMARNAT tiene disponible el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)²¹, donde se registran aquellos sujetos que superen el umbral del listado de contaminantes/sustancias en la Norma establecida por la SEMARNAT en su proceso productivo y se encuentra disponible por entidad federativa. Por lo que se tomará como variable dependiente en este modelo. En esta base de datos, únicamente se tomaron en cuenta las emisiones de GEI (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos) y se transformaron de acuerdo con su equivalencia a carbono²². Ya que originalmente, se encuentra medido por kilogramos emitidos.

Asimismo, dado que los impuestos ambientales afectan directamente al sector transporte, siendo un sector representativo en las emisiones totales a nivel nacional (en promedio, 30.34% del total de emisiones en los últimos 12 años) y,

²⁰ Se realizaron consultas a través del Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) dirigidos a la SEMARNAT e INECC. A pesar de contar con un marco normativo que dota la creación de herramientas para la intervención pública para la compilación de información, como es la LGCC, no existe un desglose a nivel local para evaluar los impuestos ambientales, que incluso las propias entidades federativas emprendan.

²¹ Bajo la NOM-165-SEMARNAT-2013.

²² Se utilizó la Calculadora de Equivalencia de GEI provista por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) para generar valores equivalentes a CO₂. El enlace es el siguiente: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero#results>



además, considerando la dependencia en la movilidad por autotransporte; se construyó una variable proxy, utilizando como ponderador²³ la participación relativa que tiene cada entidad federativa respecto al PIBE total (obtenido previamente con información del INEGI). Las emisiones en el sector transporte fueron tomadas del INEGYCEI, donde ya se tiene la conversión a gigatoneladas de CO_{2e}.

De esta manera, se evaluarán dos modelos: el primero considerando el RETC y el segundo las emisiones en el sector transporte; afectado por los impuestos mencionados de forma indirecta y directamente, respectivamente. Ambas bases son subtotales en el nivel de emisiones, pero los impuestos estudiados en el presente trabajo están diseñados en afectar principalmente al sector transporte. Por lo que se propone un modelo tipo panel con las siguientes características:

$$\log Emiss_{i,t} = \alpha_0 + \beta_1 T_{i,t} + \beta_2 rIEPS_{i,t} + \beta_3 rISAN_{i,t} + \beta_4 \log PIBE_{\text{cápita}}_{i,t} + \beta_5 \log PIBE_{\text{cápita}}^2_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \dots (11)$$

$$\log EmissT_{i,\tau} = \gamma_0 + \delta_1 T_{i,t} + \delta_2 rIEPS_{i,\tau} + \delta_3 rISAN_{i,\tau} + \delta_4 \log PIBE_{\text{cápita}}_{i,\tau} + \delta_5 \log PIBE_{\text{cápita}}^2_{i,\tau} + \varepsilon_{i,\tau} \dots (12)$$

Donde,

$$rIEPS = \frac{IEPS_{i,t}}{PIBE_{i,t}}; rISAN = \frac{ISAN_{i,t}}{PIBE_{i,t}}; EmissT_{i,\tau} = \frac{PIBE_{i,\tau}}{\sum_{i=1}^{32} PIBE_{\tau}} * EmissTC_{\tau}$$

Teniendo en cuenta:

- *Emiss*: Emisiones per cápita de GEI (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre e hidrofluorocarbonos) equivalente al carbono;
- *EmissT*: Proxy de emisiones per cápita de GEI del sector transporte equivalente al carbono;
- *EmissTC*: Emisiones de GEI del sector transporte equivalente al carbono;
- *T*: Dummy atribuido al tiempo;
- *IEPS*: Impuesto Especial sobre Productos y Servicios a lo referido del artículo 2-A de la Ley de esta;

²³ Inicialmente se pretendía utilizar como ponderador las ventas o volumen total. Se solicitó dicha información a través del INAI a la SHCP, Secretaría de Energía (SENER) y Petróleos Mexicanos (Pemex), no obstante, se remitió al Sistema de Información Energética (SIE), donde se tienen los datos de volumen y ventas totales, pero dos entidades permanecían con datos en ceros (Tlaxcala y Quintana Roo), lo que imposibilitaba la realización de un ponderador.



- *ISAN*: Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (considerando el Fondo de Compensación);
- *PIBE*: Producto Interno Bruto Estatal;
- *i*: Entidad Federativa *i*, considerando $i = 1, 2, \dots, 32$;
- *t*: temporalidad anual, considerando $t = 2008, 2009, \dots, 2021$;
- τ : temporalidad anual, considerando $\tau = 2008, 2009, \dots, 2019$;
- $\varepsilon_{i,t}$: error compuesto.

Nótese que, en ambos modelos, los impuestos ambientales se toman como un ratio o percepción de ingresos relativos al producto por entidad federativa, los ingresos de estos impuestos son tomados de las estadísticas de la SHCP. Se consideran variables de control la población (para la creación de las variables per cápita) y el ingreso per cápita, ambas variables son provistas por el INEGI. La población no se encuentra de forma anual, pero se realizó una interpolación lineal para anualizar la variable. Además, otra variable control es el Tiempo para tomar en cuenta la inercia de las emisiones de períodos anteriores.

El uso de los impuestos ambientales como porcentaje o ratio del PIBE se utiliza como un indicador proxy a la tasa impositiva real²⁴ (dado que se deflactó a precios base). Diversas investigaciones, como se observa en el [Capítulo II](#), utilizan esta especificación como variable explicativa. Asimismo, el ingreso per cápita real estatal se utiliza para cuantificar el efecto lineal y no lineal del ingreso de la población en las emisiones. Comúnmente el término cuadrático se maneja para observar si su comportamiento es cóncavo; hipotéticamente, conforme aumenta el nivel de desarrollo, las emisiones alcanzan cierto ápice (máximo) y comienzan a descender. La literatura se le conoce como la Curva de Kuznets Ambiental.

Asimismo, se optó por no incluir más variables explicativas por la propia heterogeneidad de las entidades federativas. Como se puede apreciar en el [Anexo 2](#), aquellas investigaciones que utilizan un panel de datos, las variables explicativas son análogas al presente trabajo. El incluir más variables, los resultados pueden estar sesgados por la diversidad de los individuos, aunado a la dificultad en el nivel de desagregación. Además, el PIBE per cápita es un indicador

²⁴ Por ejemplo, Morley (2012), Nar (2021), Miller y Vela (2013), Telatar y Birinci (2022) o Ryback, et, al, (2022) utilizan dicha variable como tasa impositiva real. Véase la discusión del [Capítulo II](#) o el [Anexo 2](#).



clásico que inmiscuye datos generales de desarrollo y, dada la dependencia de movilidad de personas y mercancías por autotransporte, un incremento en el ingreso por lo general aumenta el nivel de emisiones²⁵. Por último, la metodología utilizada alivia en cierto grado la mencionada heterogeneidad entre las entidades.

III.III. Estadísticas descriptivas

Se presentan a continuación las descriptivas en las Tablas 3.1 y 3.2. Para comprobar/corroborar la heterogeneidad, así como la robustez de los resultados a nivel general, se realizaron tres grupos que servirán como ancla comparativa: a nivel Regional²⁶ (Norte, Centro y Sur), por Ingreso²⁷ (división a la mitad de las entidades con mayores y menores niveles de producto estatal per cápita) y por nivel de Emisiones²⁸ (división a la mitad de las entidades con los mayores y menores niveles de emisiones de CO₂ equivalente per cápita).

**Tabla 3.1. Estadísticas Descriptivas (Modelo RETC)
Modelo General**

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	448	9,187,818.7	32,866,163	0	6.187e+08
GEI per cápita	Tonelada	448	3.39	8.86	0	104.14
Año	-	448	2014	4.0	2008	2021
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	448	0.21	0.15	0.004	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	448	0.06	0.03	0.003	0.203
Población	Unidad	448	3,700,570.5	3,075,298.2	587083.6	17,219,536
PIBE per capita	Millones de	448	0.15	0.12	.046	1.09

²⁵ Este incremento en el ingreso dependerá de la cultura, heterogeneidad entre sociedades y no necesariamente de la biología humana, como explica Martínez y Roca (2013) la elasticidad ingreso del uso exosomático de la energía es mayor a la unidad, sobre todo en países desarrollados.

²⁶ La división de regiones se basó en el estudio publicado por el Centro de Estudios Espinosa Yglesias (CEEY), 2017, "Intergenerational Social Mobility in Mexico and its Regions", en el cual, se agrupó a la región Norte como Norte y Norte-Occidente, y el Centro como Centro y Centro Norte.

²⁷ Como año base fue 2019. Las entidades con mayor ingreso son: Sinaloa, Jalisco, Tamaulipas, Colima, Chihuahua, Baja California, Aguascalientes, Quintana Roo, Querétaro, Tabasco, Coahuila, Sonora, Baja California Sur, Nuevo León, Ciudad de México y Campeche. Los de menor ingreso: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Estado de México, Zacatecas, Nayarit, Veracruz, Morelos, Durango, Guanajuato, Yucatán y San Luis Potosí.

²⁸ Año base 2019. Base RETC. Mayores emisores: Durango, Baja California, Sinaloa, Estado de México, Sonora, Michoacán, Tabasco, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Campeche, Guanajuato, Veracruz, Tamaulipas, Baja California Sur e Hidalgo. Menores emisores: Nayarit, Guerrero, Aguascalientes, Colima, Quintana Roo, Tlaxcala, Zacatecas, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Morelos, Ciudad de México, Querétaro, Coahuila y Jalisco.

Base Transporte. Mayores emisores: Querétaro, Michoacán, Tabasco, Campeche, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California, Sonora, Puebla, Coahuila, Guanajuato, Veracruz, Jalisco, Nuevo León, Estado de México y Ciudad de México. Menores emisores: Tlaxcala, Colima, Nayarit, Zacatecas, Baja California Sur, Morelos, Durango, Aguascalientes, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Hidalgo, Quintana Roo, San Luis Potosí y Sinaloa.



		pesos, 2013					
id		-	448	16	9.24	1	32
Modelo Regional (Norte)							
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx	
GEI	Tonelada	154	9,295,911.2	16,480,619	0.0	1.475e+08	
GEI per cápita	Tonelada	154	3.37	7.031	0.0	57.73	
Año	-	154	2014	4.0	2008	2021	
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	154	0.20	0.14	0.025	0.628	
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	154	0.06	0.03	0.013	0.203	
Población	Unidad	154	2,659,797.4	1,243,671.9	587,083.6	5,861,755.8	
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	154	0.15	0.04	0.09	0.24	
Modelo Regional (Centro)							
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx	
GEI	Tonelada	182	10,043,304	48,757,577	57,893.48	6.187e+08	
GEI per cápita	Tonelada	182	2.95	9.94	0.06	104.14	
Año	-	182	2014	4.04	2008	2021	
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	182	0.20	0.16	0.013	0.863	
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	182	0.07	0.03	0.017	0.175	
Población	Unidad	182	4,765,310.4	4,143,961.4	617,531.4	17,219,536	
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	182	0.12	0.06	0.07	0.34	
Modelo Regional (Sur)							
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx	
GEI	Tonelada	112	7,649,027.2	9,769,575.1	49,494.98	55,442,612	
GEI per cápita	Tonelada	112	4.12	9.27	0.01	69.71	
Año	-	112	2014	4.05	2008	2021	
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	112	0.23	0.16	0.004	0.597	
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	112	0.05	0.03	0.003	0.142	
Población	Unidad	112	3,401,431	2,121,244.6	795,356.6	8,170,342	
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	112	0.20	0.23	0.05	1.09	
Modelo por Ingreso (Mayor PIBE per cápita)							
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx	
GEI	Tonelada	224	9,748,993.8	20,685,874	29,404.92	2.252e+08	
GEI per cápita	Tonelada	224	4.83	10.1	0.01	69.71	
Año	-	224	2014	4.04	2008	2021	
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	224	0.13	0.06	0.004	0.336	
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	224	0.07	0.04	0.003	0.203	
Población	Unidad	224	3,152,896.9	2,328,819.9	587,083.6	9,333,042.4	
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	224	0.21	0.15	0.11	1.09	
Modelo por Ingreso (Menor PIBE per cápita)							
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx	
GEI	Tonelada	224	8,626,643.6	41,673,435	0.0	6.187e+08	



GEI per cápita	Tonelada	224	1.94	7.15	0.0	104.14
Año	-	224	2014	4.04	2008	2021
Ratio IEPS	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.29	0.18	0.032	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.06	0.03	0.013	0.175
Población	Unidad	224	4,248,244.1	3,596,017.7	1,030,861	17,219,536
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	224	0.09	0.02	0.05	0.13

Modelo por Emisiones (Mayores emisiones per cápita)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	224	11,341,778	14,353,470	29,404.92	1.475e+08
GEI per cápita	Tonelada	224	4.46	8.53	0.01	69.71
Año	-	224	2014	4.04	2008	2021
Ratio IEPS	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.16	0.07	0.004	0.394
Ratio ISAN	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.06	0.03	0.003	0.203
Población	Unidad	224	4,153,981.5	3,536,008.5	587,083.6	17,219,536
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	224	0.17	0.16	0.07	1.09

Modelo por Emisiones (Menores emisiones per cápita)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	224	7,033,859.7	44,157,337	0.0	6.187e+08
GEI per cápita	Tonelada	224	2.31	9.07	0.0	104.14
Año	-	224	2014	4.04	2008	2021
Ratio IEPS	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.26	0.19	0.013	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	224	0.06	0.03	0.013	0.175
Población	Unidad	224	3,247,159.5	2,457,837.6	617,531.4	9,333,042.4
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	224	0.12	0.06	0.05	0.34

Tabla 3.2. Estadísticas Descriptivas (Base Transporte)

Modelo General

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	384	5,196,657.8	5,338,645.3	867,200	31,008,400
GEI per cápita	Tonelada	384	1.59	1.42	0.40	12.74
Año	-	384	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	384	0.20	0.15	0.004	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (miillones de pesos, 2013)	384	0.03	0.01	0.003	0.074
Población	Unidad	384	3,656,623.1	3,043,236.4	587,083.6	16,810,762
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	384	0.15	0.13	0.05	1.09
id	-	384	16	9	1	32

Modelo Regional (Norte)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	132	4,367,831.8	3,026,102.7	1,013,600	13,420,800
GEI per cápita	Tonelada	132	1.56	0.45	0.79	2.67



Año	-	132	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	132	0.20	0.14	0.025	0.628
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	132	0.03	0.01	0.016	0.063
Población	Unidad	132	2,623,697.6	1,218,495.3	587,083.6	5,671,343.6
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	132	0.15	0.04	0.09	0.24

Modelo Regional (Centro)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	156	6,537,690.4	7,503,517.5	867,200	31,008,400
GEI per cápita	Tonelada	156	1.31	0.62	0.65	3.41
Año	-	156	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	156	0.20	0.16	0.013	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	156	0.03	0.01	0.015	0.056
Población	Unidad	156	4,710,370.8	4,101,324	617,531.4	1,6810,762
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	156	0.12	0.06	0.07	0.34

Modelo Regional (Sur)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	96	4,157,115.6	2,327,032.9	2,016,000	10,133,400
GEI per cápita	Tonelada	96	2.07	2.63	0.40	12.74
Año	-	96	2013	3.47	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	96	0.22	0.16	0.004	0.597
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	96	0.03	.01	0.003	0.074
Población	Unidad	96	3,364,555.4	2,110,365	795,356.6	8,020,640.5
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	96	0.19	0.24	0.05	1.09

Modelo Ingreso (Mayor PIBE per cápita)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	192	6,539,833.3	6,507,701.3	902,600	31,008,400
GEI per cápita	Tonelada	192	2.24	1.78	1.11	12.74
Año	-	192	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	192	0.13	0.06	0.004	0.317
Ratio ISAN	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	192	0.04	0.01	0.003	0.074
Población	Unidad	192	3,111,988.7	2,309,545.7	587,083.6	9,174,057.6
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	192	0.21	0.16	0.11	1.09

Modelo Ingreso (Menor PIBE per cápita)

Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	192	3,853,482.3	3,342,780.2	867,200	15,949,600
GEI per cápita	Tonelada	192	0.94	.192	0.40	1.32
Año	-	192	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje (miilones de pesos, 2013)	192	0.28	0.18	0.032	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje	192	0.03	0.01	0.015	0.056



Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
Población	Unidad	192	4,201,257.4	3,555,376.6	1,030,861	16,810,762
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	192	0.09	0.02	0.05	0.13
Modelo Emisiones (Mayores emisiones per cápita)						
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	192	8,284,135.9	6,113,367	3,191,400	31,008,400
GEI per cápita	Tonelada	192	2.05	1.87	0.75	12.74
Año	-	192	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje	192	0.14	0.07	0.004	0.363
Ratio ISAN	Porcentaje (millones de pesos, 2013)	192	0.03	0.01	0.003	0.063
Población	Unidad	192	5,163,030.4	3,548,054.1	795,356.6	16,810,762
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	192	0.19	0.17	0.07	1.09
Modelo Emisiones (Menores emisiones per cápita)						
Variable	Unidad	Obs	Media	Des. Est.	Mín	Máx
GEI	Tonelada	192	2,109,179.7	783,181.1	867,200	3,934,900
GEI per cápita	Tonelada	192	1.12	0.37	0.40	2.24
Año	-	192	2013	3.46	2008	2019
Ratio IEPS	Porcentaje	192	0.27	0.18	0.032	0.863
Ratio ISAN	Porcentaje (millones de pesos, 2013)	192	0.03	0.01	0.015	0.074
Población	Unidad	192	2,150,215.7	1,191,674	587,083.6	5,469,103.2
PIBE per capita	Millones de pesos, 2013	192	0.11	0.03	0.05	0.23

Para el Modelo RETC, considerando los años del 2008 al 2021 para la [Tabla 3.1](#), se puede observar una alta desviación en las emisiones de CO₂ equivalentes, además que presentan algunos valores con cero unidades (atribuido a dos observaciones correspondientes al estado de Nayarit, que será aliviado incrementando una unidad al momento de obtener el logaritmo de las emisiones per cápita). En las emisiones per cápita promedio, a nivel general se emiten 3.39 toneladas, similar al último reporte del Banco Mundial (3.59 toneladas para el año 2019). Las variables IEPS, ISAN y PIBE se encuentran en millones de pesos constantes (año base 2013), se observa una heterogeneidad en el producto y en la población, muestra de la disparidad entre las propias entidades federativas. Respecto a los grupos, se puede observar que, en el grupo Regional, en el Centro hay en promedio un mayor nivel de emisiones, seguido del Norte y Sur, no obstante, a nivel per cápita se invierte esta relación. La ratio IEPS se mantiene



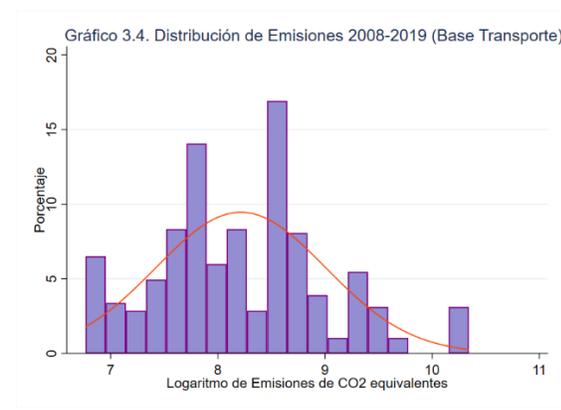
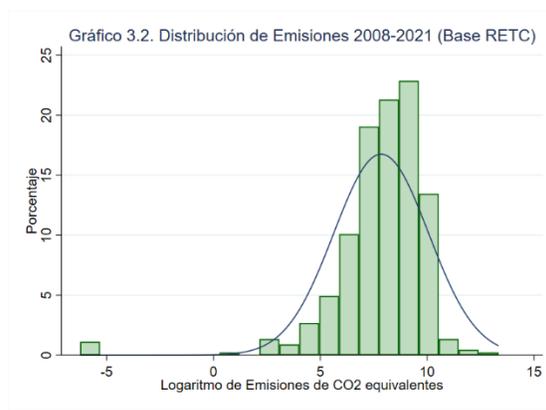
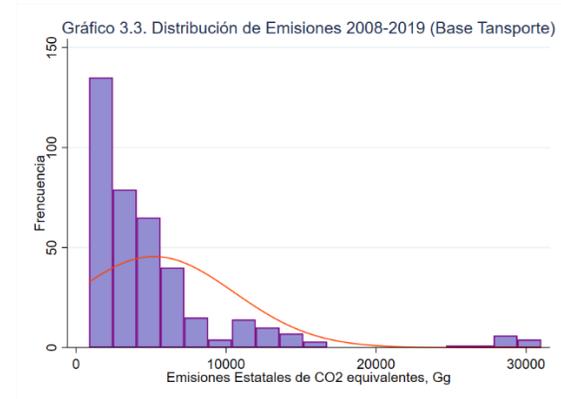
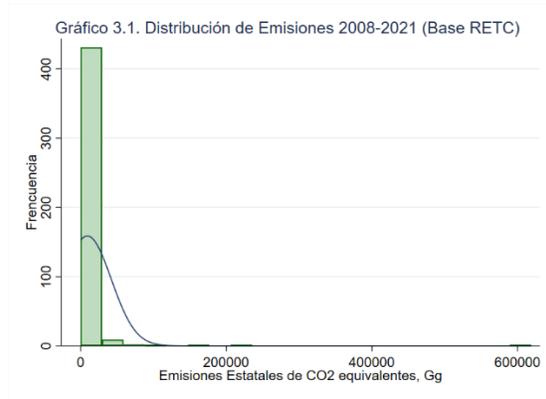
constante en las tres regiones, al igual que el ISAN (ligeramente mayor en la región Centro). Respecto al grupo Ingreso, lógicamente el producto per cápita es mayor en el primer subgrupo, el nivel de emisiones, en promedio, no existe mucha divergencia entre ambos, pero en las emisiones per cápita sí impera una alta diferencia entre ambos subgrupos (2.24 a 0.94), así también la ratio IEPS es mayor en el grupo de menor producto per cápita. Para el último grupo, Emisiones, hay una divergencia en el nivel de emisiones, pero algo que llama la atención es la relación del producto per cápita y el nivel de emisiones, se observa que los de mayor ingreso presenta (en promedio) mayor nivel de emisiones, cuestión que se podrá comprobar en la siguiente subsección.

Para el Modelo Transporte, se puede observar la misma heterogeneidad en el nivel de las emisiones equivalentes por entidad federativa, considerando también que el nivel de observaciones se acota debido a la disponibilidad de datos del INEGYCEI. Las emisiones per cápita es menor que la primera base, así como en la referencia al Banco Mundial. Además, al ser una variable proxy, todas las entidades cuentan con observaciones. Para la cuestión de los grupos, presenta un comportamiento casi análogo a la primera base. En el grupo Regional, se observa que la zona Centro concentra mayores emisiones promedio, seguido del Norte y Sur, pero esta relación se invierte cuando se observa a nivel per cápita, además el nivel de ingreso per cápita y la ratio IEPS es más alta en la zona Sur. Segundo, el grupo Ingreso, las emisiones promedio son casi el doble en el primer subgrupo, al igual que el ingreso per cápita promedio, no obstante, la relación del IEPS es más alto en el subgrupo de menor ingreso. Por último, en el grupo Emisiones, se observa en promedio diferencias de casi cuatro veces el nivel de emisiones entre un subgrupo y otro (y casi el doble a nivel per cápita), la diferencia de ingreso promedio es un tanto más alto en el primero (mayores emisiones), aunque la ratio IEPS es casi el doble en el subgrupo de menores emisiones. En todos los grupos de la base Transporte, la relación del ISAN se mantiene constante.

En cuanto a la distribución de las emisiones, primero, en las [Gráficas 3.1 y 3.2](#) de la base RETC, las observaciones se concentran (en logaritmo) menos de 10

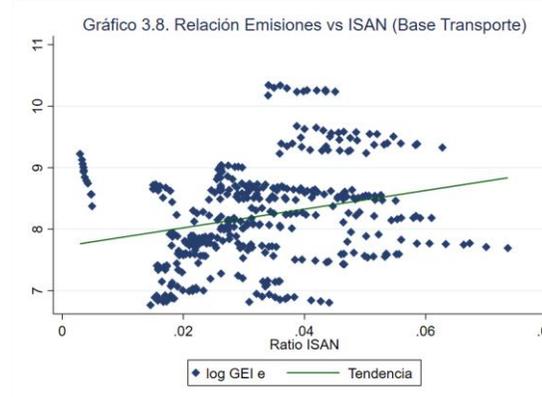
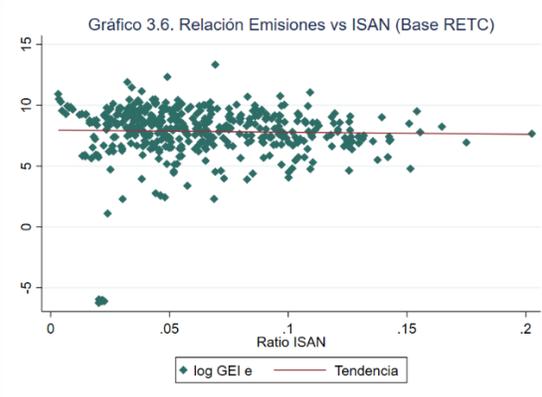
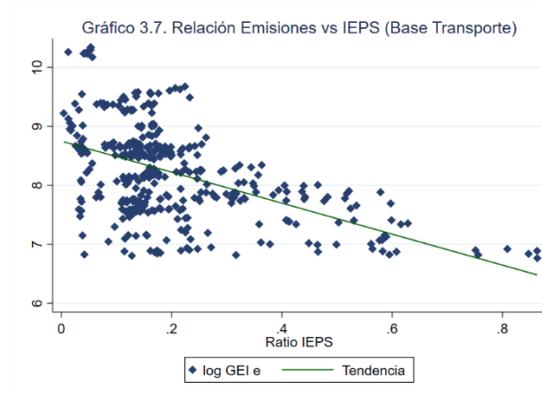
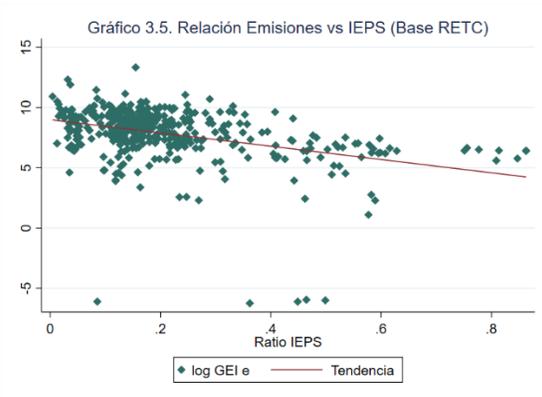


millones de Gg (con la finalidad de visualizarlo de mejor manera), con la aplicación del logaritmo se asemejó a una normal centrada a la media.



Mientras que, para la segunda base, los Gráficos 3.3 y 3.4, la mayoría de las observaciones se concentran en menos de 10,000 Gg de CO₂, con la aplicación de logaritmo se asemeja a una normal. Asimismo, existen observaciones fuera del rango de la media, debido al peso que tienen entidades²⁹ de la Ciudad de México, Nuevo León, Jalisco y el Estado de México ya que su actividad económica les otorga un peso mayor en la distribución de las emisiones por su construcción. Para atestiguar lo anterior, se presentan los siguientes gráficos que conjuga la relación de los impuestos ambientales con el nivel de emisiones estatales.

²⁹ Véase a mayor detalle el Anexo 3, correspondiente para el año base que se tomó en cuenta para la división de los grupos previamente mencionados.



Para base RETC se observa una mayor dispersión en la ratio del ISAN, sin embargo, no es clara la relación con el nivel de emisiones para esta base; mientras que para la ratio IEPS persiste una tendencia negativa en las emisiones conforme la ratio aumenta, lo que podría sugerir incidencia en la reducción de las emisiones. Por otra parte, en la base Transporte, se observa una tendencia en ambas ratios; primero, es más pronunciada la relación inversa entre el nivel de emisiones y la ratio del IEPS. Segundo, existe una mayor dispersión en la relación emisiones y la ratio ISAN en esta segunda base, pero en los valores ajustados, se observa una tendencia positiva que se corroborará en las estimaciones en el siguiente subapartado.

III.IV. Resultados

Se trabajarán ambas bases de forma separada. Primero, se realizaron diferentes regresiones con la finalidad de elegir, sea por efectos fijos o por aleatorios (como se observó en el [Subapartado III.I](#)), la Prueba de Hausman coadyuvará en la elección del modelo. Posteriormente, con los resultados de la Prueba Hausman, se realizaron regresiones análogas para los tres diferentes grupos que



previamente se formaron para comprobar cierto grado de robustez en el modelo general de ambas bases de datos. En el presente subapartado se discutirá los resultados de forma general, en el siguiente capítulo se toman estos resultados para la realización de propuestas de política económica y la discusión del rechazo/aprobación de la tesis que se intenta sustentar.

Respecto a la Prueba Hausman aplicada en ambos modelos, los resultados recomiendan efectos fijos para ambos. Ya que el estadístico, para el modelo RETC, χ^2 da como resultado 13.61 ($P > \chi^2 = 0.0183$). Mientras que, para el modelo Transporte, el estadístico χ^2 da como resultado 18.75 ($P > \chi^2 = 0.0021$). Por lo tanto, de acuerdo con la hipótesis suscrita en el [Subapartado II.III.I](#), con un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$, se rechaza la hipótesis nula y se aceptan efectos fijos para ambos modelos.

Ahora bien, se modelaron los grupos en base en los resultados anteriores. Es decir, con efectos fijos para los tres grupos establecidos previamente. Como se puede observar en las [Tablas 3.3 y 3.4](#), se presentan los resultados del modelo General y para los tres grupos (modelo Regional, Ingreso y Emisiones).



Tabla 3.3. Resultados Base RETC

VARIABLES	Modelo General	Modelo Regional ^{1\}			Modelo Ingreso ^{2\}		Modelo Emisiones ^{3\}	
	Log GEIe	Sur Log GEIe	Norte Log GEIe	Centro Log GEIe	Mayor Ingreso Log GEIe	Menor Ingreso Log GEIe	Mayores Emisores Log GEIe	Menores Emisores Log GEIe
Log PIBE per cápita	1.8536*** (0.46)	2.4803*** (0.52)	-11.1296*** (2.27)	0.4507 (4.06)	2.2650*** (0.71)	7.7533* (3.76)	2.5857*** (0.60)	4.2391* (2.36)
Log PIBE per cápita ²	0.6615*** (0.18)	0.8055*** (0.10)	-2.5898*** (0.59)	0.2744 (0.96)	1.0320** (0.44)	1.6863** (0.66)	1.0759*** (0.34)	1.1208* (0.56)
Ratio ISAN	-3.8141** (1.83)	-5.3371* (2.43)	-2.9982 (1.94)	-5.4007* (2.99)	-3.1511 (3.20)	-5.1534* (2.61)	-1.7837 (1.61)	-6.4070* (3.11)
Ratio IEPS	-0.4769 (0.41)	-1.2287 (0.70)	0.4474 (0.70)	-1.3692 (1.04)	-0.9334 (2.49)	-0.8091** (0.31)	-0.7077 (0.82)	-0.1225 (0.49)
Tiempo	-0.0085 (0.02)	0.0131 (0.03)	-0.0093 (0.04)	0.0036 (0.02)	-0.0163 (0.03)	0.0120 (0.01)	0.0133 (0.02)	-0.0243 (0.03)
Constante	2.1832*** (0.73)	2.6037* (1.23)	-10.3958*** (2.77)	1.0806 (4.41)	2.2974*** (0.72)	9.9715* (5.35)	2.0948** (0.76)	4.8936* (2.67)
Observaciones	448	112	154	182	224	224	224	224
R-2	0.138	0.300	0.135	0.143	0.176	0.124	0.172	0.180
Número de id	32	8	11	13	16	16	16	16

Errores Robustos en paréntesis
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, SHCP, RETC-SEMARNAT y EPA.

1\ La región Sur comprende las entidades de: Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Centro: Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Aguascalientes, Colima, Michoacán y San Luis Potosí. Norte: Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas, Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

2\ Año base 2019. Mayor ingreso: Sinaloa, Jalisco, Tamaulipas, Colima, Chihuahua, Baja California, Aguascalientes, Quintana Roo, Querétaro, Tabasco, Coahuila, Sonora, Baja California Sur, Nuevo León, Ciudad de México y Campeche. Menor ingreso: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Estado de México, Zacatecas, Nayarit, Veracruz, Morelos, Durango, Guanajuato, Yucatán y San Luis Potosí.

3\ Año base 2019. Mayores emisores: Durango, Baja California, Sinaloa, Estado de México, Sonora, Michoacán, Tabasco, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Campeche, Guanajuato, Veracruz, Tamaulipas, Baja California Sur e Hidalgo. Menores emisores: Nayarit, Guerrero, Aguascalientes, Colima, Quintana Roo, Tlaxcala, Zacatecas, Yucatán, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Morelos, Ciudad de México, Querétaro, Coahuila y Jalisco.



Tabla 3.4. Resultados Base Transporte

VARIABLES	Modelo General	Modelo Regional ^{1\}			Modelo Ingreso ^{2\}		Modelo Emisiones ^{3\}	
	Log GEIe	Sur Log GEIe	Norte Log GEIe	Centro Log GEIe	Mayor Ingreso Log GEIe	Menor Ingreso Log GEIe	Mayores Emisores Log GEIe	Menores Emisores Log GEIe
Log PIBE per cápita	0.8976*** (0.03)	0.9258*** (0.05)	0.9787*** (0.21)	1.4305*** (0.17)	0.8799*** (0.06)	1.5096*** (0.30)	0.9043*** (0.05)	0.9228*** (0.13)
Log PIBE per cápita ²	-0.0443*** (0.01)	-0.0389** (0.01)	-0.0257 (0.06)	0.0529* (0.03)	-0.0586** (0.02)	0.0669 (0.06)	-0.0369* (0.02)	-0.0462 (0.03)
Ratio ISAN	-2.0724*** (0.71)	-0.7150 (0.99)	-1.5338 (1.15)	-5.4467* (2.60)	-1.6031* (0.77)	-1.4295 (1.76)	-2.3346* (1.28)	-2.2263*** (0.72)
Ratio IEPS	0.1587*** (0.03)	0.0801 (0.08)	0.1710** (0.06)	0.2705*** (0.09)	0.4104** (0.16)	0.1562*** (0.04)	0.3566*** (0.12)	0.1527*** (0.04)
Tiempo	-0.0295*** (0.00)	-0.0268*** (0.00)	-0.0288*** (0.00)	-0.0376*** (0.00)	-0.0313*** (0.00)	-0.0307*** (0.00)	-0.0308*** (0.00)	-0.0306*** (0.00)
Constante	2.5669*** (0.03)	2.5658*** (0.04)	2.6146*** (0.20)	3.4074*** (0.27)	2.5350*** (0.02)	3.3901*** (0.39)	2.5413*** (0.03)	2.6488*** (0.13)
Observaciones	384	96	132	156	192	192	192	192
R-2	0.834	0.930	0.740	0.634	0.876	0.763	0.872	0.772
Número de id	32	8	11	13	16	16	16	16

Errores Robustos en paréntesis
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI, SHCP e INEGYCEI -INECC.

1\ La región Sur comprende las entidades de: Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo. Centro: Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Estado de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Jalisco, Aguascalientes, Colima, Michoacán y San Luis Potosí. Norte: Baja California Sur, Sinaloa, Nayarit, Durango, Zacatecas, Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

2\ Año base 2019. Mayor ingreso: Sinaloa, Jalisco, Tamaulipas, Colima, Chihuahua, Baja California, Aguascalientes, Quintana Roo, Querétaro, Tabasco, Coahuila, Sonora, Baja California Sur, Nuevo León, Ciudad de México y Campeche. Menor ingreso: Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Tlaxcala, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Estado de México, Zacatecas, Nayarit, Veracruz, Morelos, Durango, Guanajuato, Yucatán y San Luis Potosí.

3\ Año base 2019. Mayores emisores: Querétaro, Michoacán, Tabasco, Campeche, Tamaulipas, Chihuahua, Baja California, Sonora, Puebla, Coahuila, Guanajuato, Veracruz, Jalisco, Nuevo León, Estado de México y Ciudad de México. Menores emisores: Tlaxcala, Colima, Nayarit, Zacatecas, Baja California Sur, Morelos, Durango, Aguascalientes, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Yucatán, Hidalgo, Quintana Roo, San Luis Potosí y Sinaloa.



Para la base RETC, en el modelo General se observa que las variables explicativas son significativas, a excepción del Tiempo y el IEPS; no obstante, es de notar el alto coeficiente que presenta la ratio ISAN. Cabe recordar que esta base se ve afectada de manera indirecta por los impuestos ambientales, además, considerando la dependencia de la movilidad por autotransporte, resulta un tanto lógico que este efecto presente un coeficiente alto y negativo. Por otro lado, la ratio IEPS presenta un menor impacto, ya que un incremento de 1 unidad porcentual de la relación de ingresos ambientales produciría una reducción en las emisiones de CO_{2e} por 47.69%, pero dicha relación no es significativa, como se mencionó. Se observa que el incremento en el nivel de ingreso per cápita produciría un crecimiento en el nivel de emisiones de forma continua y creciente. Por último, el coeficiente del Tiempo evoca decrementos anuales promedio, es decir, de forma anual las emisiones disminuyen 0.0085 por ciento, considerando la no significancia. Un punto importante es la magnitud en incrementos/decrementos por ingresos ambientales y su relación con las emisiones; como se observó en las [Tablas 3.1 y 3.2](#), el promedio a razón del PIB de estos ingresos es muy bajo, por ello, incrementos en una unidad porcentual tendría caídas o incrementos importantes en el nivel de emisiones.

Respecto a los modelos de los grupos, comenzando con el Regional, se observa que la ratio del IEPS no es significativa, mientras que el ISAN, aunque presenta coeficientes negativos análogos al modelo General, sólo presentó significancia en el Sur y Centro. Llama la atención el comportamiento atípico que tiene la región Norte con los demás subgrupos, comenzando por el nivel de ingreso per cápita, tiene coeficientes muy altos y de forma negativa, una posible explicación sea por el comportamiento económico dinámico que ha tenido dicha región en los últimos años, además, la ratio IEPS afecta de manera positiva el nivel de emisiones ante incrementos porcentuales en la relación de ingresos medioambientales. En los tres subgrupos regionales, el incremento promedio anual de las emisiones per cápita es positivo en el Sur y Centro, pero no en el Norte, aunque no es significativa la variable Tiempo.



Para las últimas dos modelos de la base RETC, se observa lo siguiente: tanto en el subgrupo de menores emisiones como de menor PIBE per cápita la ratio ISAN afecta de forma significativa y severa decrementos en el nivel de emisiones y, sólo el IEPS afecta de forma significativa en el grupo de menor ingreso, de forma negativa. Aquí puede entrar a la disyuntiva la concentración del ingreso y la disparidad entre las distintas entidades federativas. Lo que visualmente podría coadyuvar al nivel de emisiones, resultaría en impuestos ambientales regresivos para estos grupos. Por otro lado, el ingreso per cápita afectaría de forma positiva y significativa a estos dos subgrupos. Para finalizar, el Tiempo no fue significativo en ninguno de estos grupos, aunque el coeficiente resultaría negativo para los de mayor ingreso y menores emisiones, lo contrario para los de menor ingreso y mayores emisiones.

Por lo tanto, con los resultados de los modelos de los tres grupos, se puede comprobar un comportamiento análogo y cierta robustez en el modelo General. Donde se observa que incrementos en el ingreso per cápita, el nivel de emisiones sería continuo y exponencial. Y, las ratios por impuestos ambientales, por el lado del IEPS no tendría efecto alguno el nivel de emisiones de CO_{2e} per cápita, mientras que el ISAN, en sólo cuatro modelos de los subgrupos fue significativo y negativo, lo que se dudaría de su significancia en el modelo General.

Para la base Transporte, los resultados de la [Tabla 3.4](#), en el modelo General muestra resultados distintos a la primera base, principalmente respecto al IEPS. Teniendo en cuenta que es una variable proxy y, además, es afectada directamente por los impuestos ambientales planteados, puede dar más certeza estos resultados respecto a la causalidad de la internalización de externalidades ambientales. Primero, todas las variables presentan alta significancia (mejorada por los errores robustos, aliviando la heterocedasticidad), siendo el ISAN con un coeficiente negativo al igual que la anterior base, aunque menor magnitud. Una cuestión que resalta es el sentido de la ratio IEPS, ya que es positivo; en otras palabras, no incide en la reducción de emisiones (cuestión que se tomará en cuenta en el próximo [Capítulo IV](#)). Por el lado de los ingresos per cápita en esta



base se cumple, en la mayoría de los casos, se encuentra que el signo cuadrático es negativo, lo que alude en incrementos en el ingreso per cápita aumentará el nivel de emisiones hasta cierto punto (25,084.36 millones de pesos, base 2013), aludiendo a un posible cumplimiento de la hipótesis de Kuznets Ambiental. Por último, existe una tendencia de decrecimiento promedio anual de 0.02 por ciento, atribuido al coeficiente de Tiempo.

Ahora bien, los modelos de los grupos, comenzando de igual forma por los modelos Regionales. Se puede observar tanto en el Sur como en el Norte que el ingreso per cápita tiende a crecer hasta cierto punto, ya que el término cuadrático es negativo (con puntos máximos similares), pero en el Centro no es el caso. En lo que atañe a las ratios de impuestos ambientales se observa que, a excepción del Centro, el ISAN no presenta significancia, pese al comportamiento inverso con el nivel de emisiones. Mientras que la ratio del IEPS presenta un comportamiento directo en el nivel de emisiones; en todos los subgrupos fue significativo (a excepción del Sur), lo que concluye que no incide en reducir el nivel de emisiones, sino que produce un efecto contrario, acentuado en el Centro, donde un incremento de una unidad porcentual produciría un decremento en el nivel de emisiones por 27.05%. Por último, la tendencia promedio en las tres regiones es negativa, lo que enuncia decrementos en el nivel de emisiones en el sector transporte de forma anual.

En los modelos (por Ingreso y Emisiones), se observa un comportamiento análogo respecto al modelo general. A excepción del grupo de menor PIBE per cápita, en todos los casos el PIBE per cápita tiende a crecer hasta cierto punto, con varianza en el nivel máximo de la curva hipotética, aunque carece de significancia (en el subgrupo de menores emisiones). Algo que resalta es la baja significancia del ISAN en dos subgrupos (mayor ingreso y emisiones), aunque en el de menores emisiones se asemeja al modelo general. Mientras que la ratio del IEPS, por otro lado, presenta fuerte significancia y un efecto positivo en el nivel de emisiones, contrario a lo que había sucedido en la anterior base. Y, para finalizar, el Tiempo



presenta un coeficiente negativo, lo que enuncia un comportamiento decreciente anual promedio en el nivel de emisiones de forma generalizada.

De esta manera, se puede comprobar que en los diferentes modelos un comportamiento análogo al modelo General sólo difiere en dos grupos respecto al nivel de ingreso per cápita; pero en todas las variables presenta significancia análoga, así como la dirección de la posible causalidad de las variables explicativas estudiadas. Únicamente se puede dudar de la ratio ISAN que, a pesar de poseer la misma dirección en su coeficiente, la significancia difiere entre los diferentes grupos. La deficiencia, claro está, que es una aproximación al nivel de emisiones por entidad federativa, sin embargo, dada la relación con el producto, puede ser una buena y lógica aproximación para el panel que se formó y se estableció las distintas relaciones entre los impuestos ambientales.

Dado que ya se estableció la robustez y los resultados de los distintos modelos, en el próximo capítulo se discutirán estas derivaciones con la hipótesis que se intenta sustentar, así como propuestas tomando en cuenta la heterogeneidad y divergencia presentada en ambos modelos.



IV. Discusión y Recomendaciones

En el presente capítulo se retomarán los resultados y el valor agregado a la discusión de la literatura que, previamente revisada en el [Capítulo II](#), así como las implicaciones con la política económica que se encuentra inmersa en el federalismo fiscal mexicano y su adaptación en un contexto de cambio climático y su urgencia de implementar políticas para favorecer su mitigación e internalización de las externalidades.

IV.I. Discusión de los resultados y la relación con la literatura

Como se observó en el [Subapartado III.IV](#), ambos modelos presentaron resultados divergentes entre sí, de forma acentuada en las ratios que son de importancia para el presente trabajo. Sin embargo, estos resultados están relacionados con la literatura; las diversas investigaciones a menester de impuestos ambientales también, en forma general, divergen entre sí en el impacto de las emisiones de CO_{2e}. Como ya se discutió, esta divergencia depende del método utilizado, la disponibilidad de datos, la región y temporalidad del estudio, así como el número de variables de control. En el [Subapartado III.II](#) se resaltó la carencia de información de emisiones de GEI equivalentes a nivel estatal, las fuentes utilizadas son en realidad una subvaloración de las emisiones reales netas por entidad federativa, aunque el método utilizado da cierta vicisitud del comportamiento en el tiempo y su relación con los pocos impuestos que tiene el país en materia federal-ambiental. Además, el método utilizado, así como el control por el ingreso y su estudio de las variables a nivel per cápita, fueron utilizados en su gran mayoría de las investigaciones.

La primera dificultad, como menciona Antón y Hernández (2013), es el cálculo en la tasa marginal del daño ambiental y establecer un instrumento fiscal para internalizar la externalidad, sin embargo, tanto el ISAN como el IEPS no poseen un carácter pigouviano estricto, únicamente encarecen o elevan el precio de aquellas actividades que generan externalidades negativas, en este caso, al ambiente. Estos impuestos inmiscuidos en el federalismo fiscal afectan al sector transporte, es decir a la contaminación ambiental. Considerando esto, se ha observado que el parque vehicular en México en los últimos 10 años, según cifras



provistas por el INEGI, ha incrementado 67.90% en promedio, siendo los automóviles predominando en su uso (70%) seguido del transporte de carga (21%), lo que equivale a un empuje en el nivel de las emisiones, además por los incrementos marginales en el nivel de ingreso, población y urbanización, ha generado una mayor dependencia de la movilidad por autotransporte y, por lo tanto, un incremento en el consumo de gasolinas y diésel. Además, el avance en la nueva tecnología, como autos híbridos o electromovilidad, ha tenido avances lentos, representando en el año 2021 el 2.5% de autos vendidos, considerando su alto costo y cuestionamiento en eficiencia por la matriz energética de México.

Primero, el caso singular del ISAN, impone un impuesto a la adquisición de autotransporte, de acuerdo con lo establecido en la propia Ley del ISAN. Mi hipótesis fue que dicho impuesto no afectaría al nivel de emisiones; ya que, como menciona Galán (2019), grava tecnología nueva que, por lo general, se piensa es más eficiente en el consumo energético. Por lo que incentivaría a un mayor uso en el autotransporte obsoleto y de mayor contaminación, los cuales se abstienen de este tipo de impuestos. No obstante, los resultados de la [Subsección III.IV](#) mostró lo contrario. Es decir, el impuesto sí incide en ambas bases de datos en la reducción en el nivel de emisiones de CO_{2e}, *ceteris paribus*. Por lo tanto, no encuentro evidencia para que se cumpla mi hipótesis, una vez analizados los pocos datos disponibles de emisiones estatales.

Un elemento que pudo coadyuvar en este resultado es la probabilidad de inhibir el consumo de autos y las mejoras en la eficiencia energética. Es decir, a pesar del incremento sostenido en el parque vehicular, el encarecimiento fiscal por la adquisición de un autotransporte ayudó a reducir su compra, considerando el crecimiento poblacional, así como una continua mejora en la eficiencia por kilómetro transitado, lo que aplaza la renovación de dicho activo.

Por el lado del IEPS-GyD, mi hipótesis inicial es análoga a la planteada por el ISAN, no hay incidencia del presente impuesto, debido a que su objetivo no es ambiental sino recaudatorio y, los incrementos marginales en la tasa correspondiente a nivel estatal, ha sido tal que no hay una percepción por parte de



los consumidores para hacer cambiar su comportamiento, además de la dificultad de encontrar un sustituto cercano o perfecto. Además, los subsidios a las tarifas a nivel federal para mantener estable su precio y evitar que se traslade a brechas inflacionarias generales, ha creado una percepción de estabilidad del precio, lo que no hay incentivos para atenuar su consumo. Los resultados proveen información en ambas bases de datos, a pesar de poseer signos contrarios, de no significancia en el nivel de emisiones a nivel estatal. Por lo que encuentro evidencia para aceptar mi hipótesis, en este caso.

Al respecto Reyes, et al, (2010) mencionan que ante escenarios de crecimiento económico existe una alta probabilidad, sin una apropiada política de precios, incrementos en la demanda de gasolina y, por ende, mayores emisiones de contaminantes. Ya que, como menciona el estudio, hay una elasticidad alta entre ingreso y demanda de gasolinas; incrementos en el ingreso de las familias se relaciona con mayor demanda de movilidad, considerando el lastre en la infraestructura pública en transporte público, la rápida urbanización y nuevos mercados de la industria automotriz, da a la postre incrementos en el nivel de emisiones, tal como se figura en la segunda base, donde los coeficientes fueron positivos. Por lo tanto, el presente impuesto no cumple con los criterios básicos de internalización de externalidad, en este caso, producción/emisión de contaminantes y el congestionamiento vial ocasionado por el uso de la gasolina (Antón y Hernández, 2013). Aunque, pese a no contribuir aparentemente en la reducción de CO₂e enfocado en el sector transporte, sigue siendo una herramienta eficaz para internalizar externalidades, pero la cuestión radica en su correcta implementación.

Además, hay que considerar el decremento anual (por tendencia, visto por la variable Tiempo en los modelos) alrededor del 2%, empero, la participación de las emisiones en el sector transporte sigue teniendo un peso importante, casi un tercio del total de emisiones, y se ha mantenido a lo largo del período de estudio. Por lo cual, es importante analizar y comprobar el correcto funcionamiento de los impuestos ambientales y, en un escenario de federalismo, la importancia de la



coordinación entre la unidad central y subnacional de gobierno, considerando los impactos heterogéneos del cambio climático a lo largo y ancho del país. Por ello, en la siguiente subsección se realizarán una serie de propuestas bajo este escenario federalista fiscal con la finalidad de proveer de resiliencia, tanto fiscal y climática, a las entidades federativas y contribuir a la mitigación por medio de la reducción de emisiones, alineando la política fiscal ambiental a las metas del nuevo siglo.

IV.II Propuestas de política fiscal ambiental

Con los resultados obtenidos, se desglosan tres tipos de propuesta: i) etiquetado de los recursos recaudados; ii) incremento en las cuotas estatales y; iii) reforma al federalismo fiscal mexicano. Claro está, los resultados dan una idea general, más no contundente, sobre el impacto de los impuestos ambientales y su enlace con el federalismo fiscal mexicano.

i) Etiquetado de los recursos recaudados

Originalmente, en la reforma realizada en el año 2007, los recursos recaudados por motivo de las cuotas del artículo 2°-A fracción segunda de la Ley del IEPS se debían destinar *exclusivamente a infraestructura vial, sea rural o urbana; infraestructura hidráulica; movilidad urbana y por lo menos 12.5 por ciento a programas para la protección y conservación ambiental*. Sin embargo, la Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) invalidó dicho párrafo³⁰, desde su visión, el enfoque de destinar el recurso a lo anterior generaba beneficios/necesidades individuales y no necesariamente tendría una consecuencia social o general, al imponer un recurso de libre administración este tendría un destino general y, además, no vulneraría la soberanía hacendaria de las entidades federativas y los municipios.

Claramente, el caso del IEPS-GyD, no necesariamente cumple ser un impuesto de doble dividendo ambiental; esto es, genera beneficios ambientales y su recaudación genere beneficios sociales, en la cual, podría reducir ineficiencia económica. Caso análogo con el ISAN, que su ministración radica en la libre

³⁰ Sentencia publicada el 11 de junio del 2008 en el Diario Oficial de la Federación.



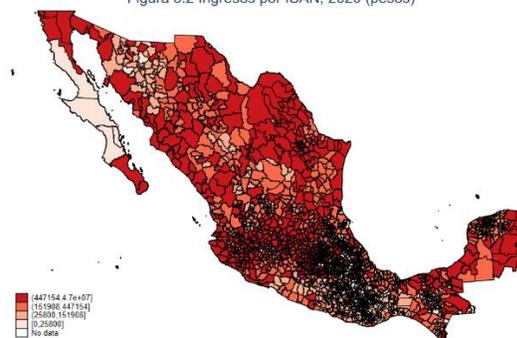
administración por parte de los estados y municipios. No obstante, quince años después de dicha sentencia, como todo, las necesidades y el pensamiento cambian. México firmó tanto el acuerdo de París y se comprometió a alinear sus políticas públicas para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, donde la mitigación y adaptación son ejes primordiales para contrarrestar el cambio climático. Para lograr lo anterior se necesitan recursos y que estos recursos tengan a su vez propósitos inherentes o especificados para su correcto funcionamiento.

De esta manera, desde una perspectiva particular, se debe devolver el destino especificado del fondo IEPS-GyD, así también con el ISAN. Ambos son impuestos ambientales que afectan directamente al sector transporte, por lo que su destino o etiquetado debe ser de la misma índole. Sin embargo, además del destino a infraestructura vial, hidráulica y de transporte, su resarcimiento debe obedecer a la justicia ambiental. Obsérvese las Figuras 4.1 y 4.2 comparándolo con la Figura 1.1 del Subapartado I.II.I, en un ejercicio de ingresos municipales para el año 2020 por ambos impuestos, sabiendo que mínimamente este subgobierno debe recibir al menos 20 por ciento de la recaudación que le corresponde a la entidad y, en el caso del IEPS se toma en cuenta 70% la población como factor de reparto.

Figura 3.1 Ingresos por IEPS, 2020 (pesos)



Figura 3.2 Ingresos por ISAN, 2020 (pesos)



Elaboración propia con datos del INEGI-Marco Geoestadístico de México 2020 y SHCP. En dicha comparación, se puede observar que la distribución de los recursos favorece, como se observa jurídicamente, a las entidades con mayor población y dinámica económica, pero no necesariamente así a los más vulnerables por cambio climático. Especialmente el caso de la península californiana, el noroeste, la zona costera del Sur (Golfo de Tehuantepec) y la península yucateca. Entonces,



con la finalidad de dotar a aquellos estados y municipios de mayores recursos fiscales para atender un incremento potencial en la demanda de bienes públicos en el corto y mediano plazo y, a la par, cree un desarrollo sostenible con adaptación y mitigación al cambio climático, la distribución de estos recursos debe también modificarse.

Actualmente, dentro de la LCF, la distribución del IEPS (9/11 partes) y el ISAN se distribuyen en función del consumo efectuado en su correspondiente enmarcación territorial (ASF, 2016), y 2/11 restantes del IEPS se compensa a las entidades con menor PIB no minero y no petrolero³¹. Con este panorama, la propuesta radica en dos puntos: como se mencionó, devolver el etiquetado al IEPS y hacer la misma regla para el caso del ISAN y; modificación a las reglas de distribución. Adicionalmente al devolver el etiquetado del IEPS-GyD, el uso de los recursos del ISAN podrían destinarse al financiamiento de inversión sostenible enfocado, principalmente, en el sector transporte. Por ejemplo, transporte público, reforzamiento de la infraestructura pública ante potenciales catástrofes por fenómenos naturales, reconversión vial, inversión en edificios gubernamentales y en viviendas de bajos ingresos eficientizando el consumo eléctrico e hídrico, etc.

La propuesta para la distribución es la que sigue. Para el caso del IEPS-GyD, a la parte correspondiente de 9/11 partes se deben adicionar nuevos elementos, además del consumo real efectuado, a la repartición de este porcentaje: se añadiría el esfuerzo fiscal en la recaudación de impuestos ecológicos y el factor poblacional. El primer factor incentivaría la creación de impuestos para internalizar los diversos costos ambientales y diversas externalidades negativas al medioambiente. Actualmente sólo 11³² de las 32 entidades federativas poseen diversos impuestos ecológicos (destaca la extracción de materiales, por emisión de GEI, disposición y almacenamiento de residuos, emisión de contaminantes al suelo y/o subsuelo y emisión por contaminantes al agua). Los 2/11 restantes tendrían que cambiar a un enfoque de vulnerabilidad para crear resiliencia; la

³¹ Artículo 4-A, párrafo II de la LCF.

³² De acuerdo con la Guía de Impuestos Ecológicos en México, 2022, publicada por la consultora Price Waterhouse México.



repartición de este recurso estaría en función por la vulnerabilidad al cambio climático con información tanto de la SEMARNAT como del INECC, incrementando el porcentaje destinado a los municipios y/o demarcaciones. Para el ISAN tendría una distribución análoga a los 9/11 partes que se citó del IEPS con la diferencia que, en lugar de la suma de impuestos ecológicos, se compense a la recaudación relacionados al transporte; como congestión vial, tenencia e imposición a la producción de contaminantes.

Con estas modificaciones, tanto por el etiquetado del recurso como nuevos factores de distribución traería dos tipos de beneficios: el primero, crearía nuevas fuentes de inversión alineado a diversos ODS y, segundo, incrementaría la recaudación de impuestos ecológicos entre las entidades, sin perjuicio a una doble o triple tributación. Además, con la descentralización en las decisiones de tributación ecológica y el gasto etiquetado beneficia a que la creación de respuestas locales resultaría de información local, demandando más pesquisa de muchos servicios ecológicos que aún no se contabilizan (Molina, et al, 2017). Estas inversiones deberán estar acompañadas de una fiscalización de entes federales y estatales, con la finalidad de que no ocurra lo que históricamente ha sucedido con la inversión pública; esta no posee correlación positiva con un desarrollo regional y junto con la alta corrupción los montos invertidos se sesgan a proyectos con mayor costo y no solucionen los problemas de asignación social eficiente (Ayala y Chapa, 2018).

ii) Incremento en las cuotas estatales

Como se pudo observar en los resultados obtenidos, para el caso del ISAN es conveniente seguir impulsando incrementos marginales en la tasa para disminuir los niveles de emisiones de GEI, principalmente en el sector transporte. No obstante, el IEPS-GyD no se obtuvieron resultados favorables para dicha enmienda. Anteriormente enuncié que, si bien no hay incidencia sobre las emisiones por parte de este impuesto, no es conveniente desecharlo, ya que es una fuente de ingresos a las haciendas estatales y municipales, pero no ha cumplido el rol de impuesto ambiental. Si bien, desde el año 2015, las cuotas al



referente artículo 4-A ha tenido incrementos marginales en sus tasas, no ha sido suficiente para generar un carácter modificadorio cognitivo o en las decisiones para la utilización de estos energéticos.

Se observa, históricamente, una baja elasticidad-precio en la demanda de la gasolina, por lo que para generar un cambio en el comportamiento es necesario modificaciones sustanciales en el precio para reducir el consumo de gasolina, sin embargo, emprender política de precios implica costos sociales y políticos importantes (Reyes, et al, 2010). Una explicación a ello son los subsidios establecidos en las cuotas federales del IEPS, del 2005 al 2016 se observa una recaudación negativa para estas cuotas, lo que se ha utilizado como fuente recaudatoria para hacer frente a choques externos en el precio de referencia (Galán, 2019). Diversos estudios han determinado viables incrementos en las cuotas para que el impuesto ambiental surta efectos en el consumo de los combustibles fósiles y reducir las emisiones de GEI. Por ejemplo, Huesca y López (2015), así como la propia SHCP (2020), enuncian que, ante incrementos en las cuotas en el consumo de combustibles, este será progresivo³³. Conforme se traslada a deciles más altos, el gasto en combustibles es mayor, caso análogo al ISAN. Considerando, además, un alto porcentaje de la población mexicana que no cuenta con un automóvil. Por lo que se recomienda, dado estos estudios, incrementar las cuotas de este impuesto.

Sin embargo, si bien estos impuestos tienden a ser progresivos. Se debe profundizar en el análisis y viabilidad social en incrementarlo. México, como se mencionó anteriormente, es altamente dependiente de su movilidad por autotransporte, un incremento importante en el precio resultado de incrementos en las cuotas podría trasladarse en una espiral inflacionaria, produciendo incrementos en las tasas de referencias por parte del banco central, provocando recesiones exacerbando la desigualdad persistente y crónica del país. Aunque, una propuesta es trasladar progresivamente las cuotas federales a las cuotas estatales para que, en caso de haber subsidios por modificaciones en el precio de referencia

³³ Con base a lo reportado en las Encuestas Nacionales de Ingresos y Gastos (ENIGH) 2014 y 2020.



internacional, el subsidio fuese menor poco a poco y, contemplando la propuesta i) genere sinergias positivas tanto económica como ambientales.

Con ello, cumpliéndose i) y ii), podría existir alternativas en el sector transporte para sustituir el consumo de gasolinas y diésel, sustitutos en el que la gran mayoría podría acceder a ellos, reduciendo las emisiones per cápita de GEI y creando una atmósfera de desarrollo sostenible, internalizando las diversas externalidades negativas por contaminación e inversiones en infraestructura y capital natural.

iii) Reforma al federalismo fiscal mexicano

Las propuestas i) y ii) son reformas a la coordinación fiscal. No obstante, estos fondos del federalismo fiscal no son los más importantes en los ingresos de los gobiernos subnacionales. Como se observó en el [Subapartado I.I.II](#), las participaciones y aportaciones representan en promedio más de 80% de los ingresos subnacionales, predominando el Fondo General de Participaciones, ya que se alimenta de la RFP y representa a los impuestos de mayor fuente de riqueza (sobre la renta y valor agregado). La ponderación más representativa se da por nivel de recaudación, crecimiento económico y población. Por el lado de las aportaciones federales, el Fondo Aportaciones para la Nómina Educativa y Gasto Operativo (FONE) representa en promedio el 60% del gasto etiquetado. Lo que ha generado diversas brechas y asimetrías fiscales de forma horizontal y vertical.

Existe una vasta literatura del federalismo fiscal mexicano y su urgencia en la revisión/descentralización del gasto para obtener un Estado con mayor eficiencia. La problemática que se observa en el mediano y largo plazo es la dependencia del crecimiento económico; el nivel de recursos recaudados y que son ministrados a los gobiernos subnacionales dependen del crecimiento económico y la población. Estudios como Sánchez (2020) hacen mención que, en los escenarios de cambio climático tanto más optimistas como los más catastróficos³⁴, la tasa de crecimiento del producto caerá. El crecimiento económico se sigue concibiendo como aquella expansión sin límites y poco realista (Harris, 2013), considerando asimismo la

³⁴ Utilizando diversos escenarios RCP (2.6, 4.5 y 6.0).



transición poblacional de México, se traducirá en menores recursos para afrontar las constantes crisis y demanda de bienes públicos en el mediano plazo. Teniendo en cuenta que, de acuerdo con Galindo, et al, (2022), el nivel de emisiones es más sensible a la población que al PIB per cápita. Incluido del desacoplamiento observado entre emisiones y el PIB. No olvidando la alta elasticidad mencionada en el **Capítulo I**, entre ingresos tributarios (RFP) y las variaciones del PIB.

Además, con las atribuciones y obligaciones a los municipios en 1983 y 1999, con la finalidad de promover una “descentralización”, los gobiernos municipales (principalmente) han incrementado sus niveles de deuda (Smith, 2018), al igual que los gobiernos estatales, debido a las muchas asimetrías con los estados “fuertes” en términos demográficos y económicos, con un débil conocimiento en la relación costo-beneficio. Además de tintes de corrupción ha llevado a que en el 2016 se haya publicado la Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y los Municipios (LDFEFM) con la finalidad de establecer los techos de deuda y las diversas condiciones para contratarla, para reducir el riesgo por quiebra hacendaria.

De esta manera, los diversos cuellos de botella en materia fiscal y su potencial de no obtener los recursos, tanto por el sistema de transferencias del federalismo fiscal como en el mercado crediticio, existen áreas de oportunidad para afrontarlo. Primero, han pasado ya más de 15 años de las últimas reformas importantes al federalismo fiscal mexicano, existe una oportunidad para discutir nuevas formas de la repartición de los recursos, enfatizando otras maneras de concebir el crecimiento y trasladarlo a un desarrollo sostenible, introduciendo las cuentas ecológicas a la propia discusión e inmiscuir las como factores de distribución. Segundo, orientación a los gobiernos subnacionales a la nueva ingeniería en las finanzas sostenibles, acercando aquellos instrumentos que deben ser alineados a los ODS y tener nuevas rutas u oportunidades de crédito. Aunque deben tomar en cuenta los límites potenciales como déficits y deuda, límites ambientales y ecológicos y las diversas barreras políticas (Harris, 2013). Pero sin duda, debe haber un nuevo consenso para afrontar el futuro inmediato.



Conclusiones

El cambio climático impactará de manera diferenciada a todo el mundo. Demanda y demandará la oportuna toma de decisiones en conjunto para su pertinente mitigación y adaptación al mismo. México posee una alta vulnerabilidad ante los efectos directos e indirectos del cambio climático; hay una probabilidad que se generen limitaciones y presiones en términos fiscales por un incremento en la demanda de bienes públicos y una laxa internalización de las externalidades medioambientales. Es por ello, que el propósito y motivación del presente trabajo se centró en dos aspectos fundamentales; impuestos ambientales y su incidencia en el nivel general de emisiones, en un marco de federalismo fiscal.

A lo largo de los últimos 20 años se ha observado que los gobiernos subnacionales tienen una alta dependencia de los recursos transferidos por la federación; justificado principalmente por razones de eficiencia en la cesión de impuestos de alta movilidad y poder tributario. Aunado a controles en la deuda pública subnacional, queda ambivalente el accionar propio de gobierno ante situaciones perennes por el cambio climático. No obstante, en este sistema federal, se observan dos instrumentos fiscales ambientales: IEPS-GyD e ISAN, los cuales afectan en mayor medida al sector transporte. La hipótesis que se sostenía era que ambas fuentes tributarias no incidían en el nivel general de emisiones estatal enmarcado de los años 2008 al 2021. Ya que, en general, su construcción se basa con enfoque recaudatorio en lugar de un ambiental tradicional. El IEPS-GyD ha tenido incrementos ínfimos en sus cuotas, a la sombra de los diversos subsidios de las cuotas federales. Mientras que el ISAN grava el autotransporte nuevo que, en teoría, es tecnología más eficiente en el consumo de combustibles, lo que ocasionaría incremento en el consumo de tecnología obsoleta y más contaminante.

El reto más importante, que representa un área de oportunidad, fue el acceso a una fuente que contuviera el nivel de emisiones desagregada a nivel estatal, sin embargo, no existe para México. Por lo cual, se optó por la construcción de una variable proxy (emisiones a nivel estatal, base Transporte) y la base RETC (la cual



tiene sus características para el reporte de emisiones). Los resultados fueron registrados y discutidos en los [Subapartados III.IV y IV.I](#). Para la base RETC se encontró que ante incrementos en el ingreso per cápita, el nivel de emisiones tiende a crecer de forma exponencial, la ratio ISAN fue positivo y significativo (como en la mayoría de los subgrupos), mientras que el IEPS-GyD no fue significativo. Para la base Transporte, hay evidencia en que incrementos en el ingreso per cápita, el nivel de emisiones crece hasta cierto punto y posteriormente comienza a descender, la ratio ISAN fue negativa y significativa, caso contrario con el IEPS-GyD que mostró coeficiente positivo y significativo. Se presentaron tres propuestas que coadyuvan entre sí para mejorar el sistema federal y evitar la “pereza fiscal” (o el efecto *flypaper*) en materia ambiental en el [Subapartado IV.II](#).

Se concluye de forma general que en el caso del ISAN, no hay evidencia para aceptar la hipótesis planteada, mientras que el IEPS-GyD contiene elementos para aceptar la premisa original. Aunque, en diversos estudios empíricos a nivel internacional muestran resultados heterogéneos, existe un campo de estudio para profundizar las relaciones de estos impuestos ambientales, mejorar su diseño e implementación, apoyado por una descentralización en los ingresos. Con la finalidad de que cada entidad federativa y en particular los municipios, posean recursos financieros con la idea de alinear las políticas públicas con los diversos objetivos en el panorama actual de cambio climático, como la Agenda 2030 y adaptarse a una nueva realidad. Ya que, como menciona Galindo y Caballero (2010) “*los costos de la inacción son superiores a los costos de mitigación para el conjunto de la economía mexicana*”.

No es novedoso que el actual régimen de transferencias es anacrónico a los nuevos retos del siglo. Las nuevas implementaciones y reformas son necesarias y urgentes si se quiere encaminar a escenarios de menor impacto que se avecinan en el mediano plazo. La distribución de los recursos, y por principios de justicia ambiental, debe tener en cuenta la vulnerabilidad de los estados y municipios, de la mano con autoridades fiscalizadoras e institutos de investigación para fortalecer e implementar los distintos esquemas fiscales ambientales. Además, se



desprenden diversas líneas de investigación para profundizar el presente trabajo. Del método cuantitativo (como diferencias en diferentes o modelos de series de tiempo) y teórico, como modelar la trayectoria de las emisiones utilizando las investigaciones previas con impuestos óptimos o la utilización de otras herramientas de fiscalización y relacionarlas con la coordinación fiscal. Asimismo, la utilización de datos fuera del ámbito institucional para el nivel de emisiones a nivel local.



Anexo 1. Instrumentos de Control

Internalización voluntaria y descentralizada

Este primer bloque se caracteriza por ser políticas de prevención, además de un fortalecimiento en los arreglos institucionales, ya sea existentes o en la creación de estos. Coadyuva el comportamiento voluntario descentralizado, primero, mejora la eficiencia en la asignación de los derechos de propiedad para el establecimiento eficiente de los recursos y, segundo, incrementa la responsabilidad social en la toma de decisiones individuales, considerando un entorno social (Perman, et al, 2011).

En el primer grupo, *soluciones privadas*, se propone una solución entre las partes afectadas (el agente que contamina y el que sufre por la externalidad), donde dicha negociación se obtiene mediante compensaciones monetarias, donde la parte contaminante afronte el costo por sus actividades, obteniendo un nivel óptimo de contaminación (M^*) o producción (Q^*). Este resultado es el llamado Teorema de Coase, el cual, se sustenta con dos supuestos importantes: los costos de negociación son bajos entre las partes y están definidos los derechos de propiedad para que dé lugar la asignación del recurso en cuestión (Rosen, 2008).

No obstante, es poco probable que se dé acuerdos privados en la mayoría de las externalidades negativas, las cuales, sean de mezcla uniforme. Lo anterior recae, primero, en el número de personas afectadas; por lo regular es difícil establecer acuerdos entre las fuentes de emisión y las personas afectadas, piénsese por ejemplo en los GEI, el costo asociado para entablar acuerdos es demasiado alto. Segundo, para muchos bienes y servicios ambientales, por lo regular, no tienen establecido un derecho de propiedad, por ejemplo, la atmósfera. Por último, no se está considerando la negociación intertemporal, es decir, de acuerdo con el desarrollo sustentable, en las negociaciones privadas no hay acuerdos entre las generaciones actuales y futuras, donde estas últimas pueden verse afectadas por dicha negociación (Cropper y Oates, 1992).

Por parte de la *responsabilidad*, es un instrumento que se basa en una serie de sanciones, donde se establece una regla de responsabilidad a quien incurra en cualquier acto con efectos externos, creando incentivos conductuales adecuados para que no se incurra en tales actos (Cropper y Oates, 1992). Es decir, crea un costo de oportunidad para no incurrir en prácticas contaminantes dentro de un marco normativo. Para ello, los derechos de propiedad se erigen a favor de los posibles perjudicados o perjudicadas ante el potencial daño incurrido. El funcionamiento de la responsabilidad busca crear incentivos suficientes, de tal forma que se busque adoptar medidas precautorias para reducir el riesgo o los



riesgos, produciendo medidas mitigadoras. Hay dos versiones de responsabilidad, a saber (Perman, et al, 2011):

- Responsabilidad estricta: ante algún accidente, la persona jurídica responsable se hará cargo de una indemnización completa a la(s) víctima(s);
- Responsabilidad por negligencia: es una medida más laxa, ya que únicamente se hará el responsable del daño si y sólo si la víctima se encontraba establecida previo al mismo.

Lo anterior tiene impactos redistributivos, dependiendo de quien tenga el derecho de propiedad, además, se diferencia de los impuestos, ya que otorga una compensación directa a las víctimas. No obstante, ante emisiones de mezcla uniforme, esta medida podría ser costosa, así como difícil de implementar. Las cuestiones intertemporales también suelen ser problemáticas, considerando las imperfecciones del sistema legal en cuestión.

Por último, el *factor social*, deviene de cuestiones culturales y propagación de información ante cuestiones de contaminación ambiental. Esto ayuda a la toma de decisiones en el consumo y presiona a los contaminadores a mejorar e implementar medidas de mitigación y de menor impacto. Por ejemplo, la difusión de la huella ecológica incurrida en la producción de los bienes y servicios.

Políticas de Mando y Control

Este tipo de políticas posee un gran potencial para reducir la tasa de emisiones en el momento que se implementa. Su característica principal radica en que la autoridad regulatoria prescribe los lineamientos que se deben adoptar para cada fuente de contaminante (Cropper y Oates, 1992). El objetivo, como se muestra en la [Cuadro 1.1.](#), se aplica en el nivel de emisiones, producción o reubicación de las fuentes de emisión.

En primer lugar, las *licencias intransferibles*, tiene como objetivo establecer una meta de emisiones (dígase anuales) establecido por la autoridad reguladora. Una vez establecida la meta, la autoridad asigna licencias de contaminación a las empresas o industrias con un tope máximo de emisiones, sin posibilidad de transferencias o negociación entre ellas.

Lo anterior crea ciertos problemas. En un principio, esta política puede ser eficiente y de costo mínimo si se conocieran los costos de mitigación de cada empresa y, en función de esto, asignar de la mejor manera las licencias y cumplir con el objetivo general (Perman, et al, 2011). Sin embargo, en la vida cotidiana, es sumamente costoso calcular dichas curvas de mitigación (incluso asimetrías de información), además, aunado a la recopilación de información, el monitoreo



también implica costos para la autoridad regulatoria, considerando que no necesariamente hay ingresos fiscales.

Los *requisitos de tecnología mínimos* es un instrumento de gran alcance, suponiendo que se cuenta con la disponibilidad de tecnología apropiada. La autoridad regulatoria estipula por mandato procesos de producción acorde a características específicas en tecnología a los contaminadores potenciales (Perman, et al, 2011). Aunque en un principio puede ser observable una reducción rápida en las emisiones, esta herramienta no crea un dinamismo intertemporal en inversiones en investigación y desarrollo. Asimismo, en un mundo con restricciones tecnológicas y competencia desleal, la disponibilidad tecnológica carece de rentabilidad. Además, no se tiene en cuenta la diferenciación en los costos entre empresas; lo que podría distorsionar el mercado ante este tipo de asimetrías.

Por último, la *zonificación* o reubicación de las fuentes de emisión, carece de sentido en los contaminantes que se mezclan uniformemente, aunque esta política funcionaría *ex ante*. Es decir, antes del funcionamiento de alguna fábrica, por ejemplo, la planificación en su ubicación coadyuva a una menor exposición a las fuentes contaminadoras y las personas circundantes a ella, de esta manera puede implementarse mejor alguna otra política regulatoria.

Instrumentos de cuasimercado

El propósito de estos instrumentos es el cambio en los precios relativos, es decir, los métodos de cuasimercado funcionan en la modificación de la estructura de pagos que enfrentan los diferentes agentes económicos en una economía, en la cual, se espera una modificación del comportamiento (voluntario) inducido por el incremento en costos, así internalizar los costos por contaminación (Perman, et al, 2011). En la presente subrama de estos instrumentos, se enfoca en dos clases: impuestos (pigouvianos)/subsidios de mercado en la emisión de contaminantes o el uso de sistemas de permisos negociables, donde se asignan derechos por contaminar hasta cierto punto considerado por el ente regulador como el óptimo. Bajo este paradigma, se establece la interrogante, si establecer el precio o establecer la cantidad de contaminación.

Comencemos con los *impuestos sobre emisiones*; la esencia de este tipo de instrumentos recae en establecer un gravamen por cada unidad producida, en aquellos agentes que contaminan, la cuantía de este gravamen debe ser igual al daño marginal infligido al nivel eficiente de producción (Rosen, 2008). En efecto, el impuesto hace que el agente perciba costos más altos, por unidad de producción, lo que requiere modificar el nivel de producción, tal que, los nuevos costos



marginales sean igual a los beneficios marginales por contaminar, a un nivel eficiente de contaminación, digamos M^* .

La problemática en este instrumento es la dificultad en el cálculo de las curvas de costos y beneficios marginales para establecer el nivel eficiente de contaminación, así como el precio sombra derivado de ello, μ^* , cuyo precio debe ser, en efecto, la tasa constante por unidad de emisión, tc^* . Suponiendo, por otro lado, que todas las empresas ajustan su nivel de producción al nivel eficiente de contaminación y, como persiste una tasa impositiva uniforme, los costos marginales también serán uniformes. Esto produce un resultado eficiente; el impuesto a la tasa tc^* logrará que las empresas ajusten los niveles de reducción de contaminantes para equiparar el costo marginal con la tasa impositiva (Pearson, et al, 2011). Es decir, es rentable para los agentes reducir sus respectivos niveles de contaminación cuando los costos marginales sean menores que el valor de la tasa impositiva, en cada unidad de contaminación.

No obstante, en la vida cotidiana las industrias de mayor envergadura, así como las más contaminantes, es un sector concentrado con alta incertidumbre. Primero, si el regulador obtiene información imprecisa, puede imponer una tasa impositiva muy laxa o estricta, además, si el cálculo de las curvas marginales de beneficio o costos resultan pendientes empinadas, el resultado sería una reducción menor al óptimo con graves consecuencias ambientales y no internalizaría por completo el daño ambiental ocurrido (Cropper y Oates, 1992). Segundo, en caso de industrias concentradas, la producción se restringe por debajo de lo socialmente óptimo, es decir, hay una pérdida de bienestar. Por lo que, al imponer un impuesto a la contaminación, la contracción en la producción podría ser más severa. En este caso, la política podría combinarse con un impuesto pigouviano sobre las emisiones, así como un subsidio a la producción igual a la diferencia entre el costo e ingreso marginales en el nivel de producción óptimo (Cropper y Oates, 1992), como sigue:

$$t^* = tc^* - \left[(P - CMg) \frac{dX}{dM} \right] \dots (6)$$

Lo anterior puede traducirse que, en caso de industrias no competitivas, el impuesto óptimo (t^*) es igual al impuesto pigouviano (tc^*), en condiciones competitivas, menos la pérdida de bienestar por la reducción de la producción, expresado como la diferencia entre el valor de una unidad marginal de producción y su costo ($P - CMg$) multiplicado por la reducción en la producción asociada con una unidad de disminución en las emisiones, $\frac{dX}{dM}$ (Cropper y Oates, 1992).

De forma análoga, en el caso de *subsidios* en la reducción en las emisiones, si el número de empresas es constante, así como la estructura de costos no cambia



entre estas, el efecto entre impuestos y subsidios son idénticos (Perman, et al, 2011). No obstante, existen diferencias distributivas entre ambos instrumentos: la subvención representa incrementos en los beneficios de las empresas, por lo que, en el largo plazo incentivará a la entrada de más empresas, por lo que incrementaría o compensaría la reducción las emisiones por contaminantes (Rosen, 2008).

En cuanto a los *permisos negociables*, se basa en el siguiente principio: cualquier aumento en las emisiones se debe compensar en la reducción equivalente en otro lugar (Perman, et al, 2011), es decir, se basa en la creación de un mercado a través de un límite en el total de emisiones que, en otras palabras, dan el derecho a contaminar y este tendrá un valor: el precio vigente del mercado. En este tipo de instrumentos se trabaja en cantidad en lugar de precios, la ventaja que tienen los permisos recae en el control directo de emisiones, además de mayores ahorros en su implementación. Como se ilustra en la [Cuadro 1.1](#), tenemos dos tipos de permisos que el ente regulador puede optar: por subasta y por regla de distribución.

En el primer caso, *permisos negociables por subasta*, las empresas puján por los permisos a diferentes niveles, la cual, puede interpretarse como la demanda de mercado. Dicha curva de demanda es análoga a la curva de beneficio marginal agregada. En este tenor, el precio por permiso se determina al nivel de emisiones permitido, M^* , y el costo asociado por reducción de emisiones implícito dado la demanda de mercado, dando un precio de equilibrio μ^* . Aquellas empresas que no opten por pagar μ^* , tendrán que reducir su nivel de producción o bien, cambiar la tecnología utilizada por una menos contaminante (Rosen, 2008), lo que representa un costo de oportunidad. En el caso de la repartición por *regla de distribución*, el ente regulador dicta el número de permisos que le corresponde a cada empresa contaminadora y posteriormente, cada cual puede realizar intercambios entre ellas en un mercado, el mecanismo es casi el mismo que los permisos negociables por subasta. La diferencia radica en que cada empresa valorará la cantidad de permisos (unas pueden tener más/menos de los que necesita) y así las diferentes valoraciones surgirá un precio de equilibrio, μ^* , idéntico al caso análogo por subastas logrando el límite de contaminación establecido M^* (Perman, et al, 2011), no obstante, en el presente caso no hay algún ingreso fiscal al gobierno (o ente regulador) por el mecanismo de permisos por regla de distribución.

Cualquiera que sea la distribución de los permisos negociables, en el precio de equilibrio garantiza que los costos marginales de reducción por unidad de contaminación sea el mismo para todas las empresas (Perman, et al, 2011), además de un control más directo sobre el nivel de emisiones, el sistema de permisos es un instrumento equivalente a los impuestos/subsidios por emisiones,



con un costo relativo menor en su implementación. Aunque, también puede fracasar por distintos argumentos, por ejemplo, el comportamiento estratégico de las empresas y las imperfecciones del mercado impiden un funcionamiento correcto del sistema de permisos (Cropper y Oates, 1992).

Los *sistemas de crédito*, por otro lado, se realizan una vez establecido el sistema de permisos negociables. La parte reguladora, ya sea por completo o de forma aleatoria, realiza inspecciones de cumplimiento y, de acuerdo con marco legal y reglamento, sanciona aquellas empresas que rebasen los límites adquiridos por contaminar. Aunque, puede también ser el caso de empresas que no lleguen al tope o límite de sus permisos por contaminar; de esta forma, obtiene créditos que puede vender/comercializar con empresas que pronostiquen un rebase el límite de sus emisiones para evitar alguna penalización (Perman, et al, 2011). Con ello, existen incentivos posteriores para migrar a tecnologías de menor contaminación y obtener beneficios adicionales que coadyuven a atenuar los costos por dicha transición.

Por último, el *sistema de permisos flexibles* se caracteriza por una diferenciación en las zonas de control y libres de permisos en emisiones. Primero, se presenta un conjunto controlado con permisos máximos en emisiones, este se encuentra inmerso en un conjunto más grande que, sin embargo, no se encuentra regulado por el ente fiscal. Segundo, alguna empresa puede estimar emisiones por encima de su límite, pero existe una flexibilidad en pagar a fuentes externas una suma inferior al precio de comercio por reducir sus emisiones en la zona no controlada a cambio de incrementar o tener un derecho a sobrepasar el umbral que le corresponde (Perman, et al, 2011). Es decir, la empresa localizada en la zona controlada está dispuesta a pagar a otra empresa fuera de la zona de control reducciones de emisiones siempre que el costo de dicha reducción sea menor al precio μ^* resultante del mercado de permisos.

Lo anterior crea una potencial desventaja en términos ambientales, considerando que estamos bajo la perspectiva de contaminantes de mezcla uniforme, es posible que el nivel de emisiones se incremente, debido a que el ente regulador ya no controla el nivel neto de dichas emisiones. La flexibilidad en la política de control permite que las reducciones de emisiones se compensen por el incremento de las empresas que sobrepasan sus límites de contaminación y en general requiera un mayor costo en vigilar la zona de control y libre de políticas.

Una vez revisado de forma general las principales herramientas de control por contaminantes de mezcla uniforme, caso de los GEI, existe una pugna por pérdida en competitividad al elevar los costos totales de las empresas y, de esta forma, incrementar el precio relativo derivando en una pérdida en los mercados de exportación y un incremento en las importaciones en productos de bienes



similares de empresas contaminantes. Sin embargo, lo anterior, es muy probable que el incremento en los costos ambientales y su impacto en el comercio internacional se vea nulificado por los cambios en los costos laborales, fluctuaciones del tipo de cambio real, etc. (Cropper y Oates, 1992). Considerando, además, que la mayoría de los países industrializados han comenzado a introducir este tipo de internalización de costos ambientales.

Por otro lado, también se ha tratado la hipótesis de refugio por contaminación, donde hay una mudanza por parte de las empresas contaminadoras a países cuyo nivel de control o regulación es más laxo o inexistente que el país de residencia. Este es un punto importante donde los instrumentos pueden fracasar en las políticas de mitigación del cambio climático, teniendo en cuenta que las emisiones/contaminantes de mezcla uniforme y su abatimiento es un bien público internacional, es menester la coordinación transfronteriza y llegar acuerdos de compromiso para evitar este tipo de comportamiento.

Asimismo, es importante tomar en cuenta las críticas realizadas por la economía ecológica, por ejemplo, el caso de la deuda ecológica o los servicios ambientales que brindan, principalmente, los países en vías de desarrollo como sumideros de carbono y coadyuvan en la mitigación del cambio climático. Considerando, además, la situación en que se encuentran los países en desarrollo y de bajos ingresos; la mayoría se localizan entre los límites del Ecuador y los Trópicos, por lo que, como se observó en el [Subapartado I.II.I](#), tendrán las mayores consecuencias del cambio climático, también con fuertes problemas para internalizar los costos asociados por contaminar entre ellos: fragilidad financiera o el alto costo por deuda externa ha llevado a que las políticas de crecimiento se basen en la sobreexplotación de los recursos naturales libres de controles para subsanar el déficit fiscal incurrido. Además, falta de entereza política y socioeconómica debido a la situación perenne de pobreza y rezago social que ha prevalecido históricamente en estas zonas (Martínez, 2017), principalmente en América Latina, el Este asiático y África.

Por último, la comprensión de las relaciones ecológicas en el sistema económico sigue siendo complejo e incompleto, dar por sentado que las políticas ambientales se realizan sobre una base científica puede llevar a una falacia, debido a la no mensurabilidad monetaria de los distintos procesos naturales, de los cuales, depende la raza humana, y los resultados dicha monetización dependerá de la metodología y suposiciones realizadas (Russi, et al, 2003). Por ello, es importante la consideración de estas críticas para la realización de las políticas de control adecuadas, al menor costo posible, con el menor impacto regresivo y, sobre todo, la efectividad en la reducción de emisiones.



Anexo 2. Tabla 2.2: Relación de artículos de investigación

Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
Camila Barragán, Amalia Pizzaro, María Xylia, Sanna Syri y Semida Silveira	2018	Sector eléctrico mexicano	Escenarios Base con un Modelo de optimización de equilibrio parcial (Modelo Balmorel), comparando un impuesto al carbono (CT) y un régimen de comercio de emisiones (ETS)	Emisiones de GEI (millones de toneladas de CO ₂ anuales)	-Demanda de Electricidad. -Capacidad de Trasmisión de Energía. -Capacidad de Generación. -Disponibilidad de Recursos Renovables. -Precios del combustible. -Tasa de Descuento.	Se recomienda la implementación de un ETS (11 USD/tCO ₂) en lugar de un CT, debido a mejores escenarios en abatimiento de GEI, eficiencia en costos económicos y distributivos (incremento de la tarifa por 1%).
Bruce Morley	2012	Países miembros de la Unión Europea y Noruega	Datos Panel Dinámico	(1) Total de Emisiones de GEI. (2) Consumo energético (ton de petróleo equivalente)	-Variable dependiente con un rezago. -PIB per cápita real. -PIB per cápita real al cuadrado. -Formación de Capital per cápita. -Impuestos ambientales (como proporción entre el PIB y los ingresos ambientales). -Población. (todas las variables en logaritmo, excepto los impuestos ambientales)	Encuentra un efecto negativo y significativo entre impuestos ambientales y emisiones, pero no hay una relación entre impuestos ambientales y consumo energético.
Young-Duk Kim, Hyun-Ok Han y Young-Seok	2010	República de Corea	Elasticidad precio por variables instrumentales	Consumo de gasolina (logaritmo)	-Precio de la gasolina (incluyendo impuestos ambientales,	La estimación de la elasticidad precio (utilizando cuando el impuesto a la



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
Moon					exceptuando el IVA). -Ratio entre el precio de la gasolina y diésel. (en logaritmos todas las variables)	gasolina aumenta) oscila entre -0.4391 y -0.8764, mientras que la sustituibilidad se encuentra entre -0.0114 y -0.1390. Con los datos anteriores, se estima que un impuesto de 50,000 wones por tonelada de CO ₂ , causaría una reducción de 916,124 ton de CO ₂ sin sustituibilidad y de 1,090,325 ton de CO ₂ con sustituibilidad.
Mehmet Nar	2021	Países de la OCDE (1990-2018)	Datos Panel (efectos aleatorios)	Emisiones totales de GEI por país (toneladas), logaritmo	-Ratio de ingresos por impuestos al carbono sobre el PIB. (en logaritmo)	La estimación panel con efectos aleatorios, dio como resultado que los ingresos de impuestos al carbono como porcentaje del PIB no es significativo en la variación de las emisiones de GEI en los 36 países de la OCDE.
Felix Pretis	2021	Columbia Británica	(1) Diferencias en diferencias con efectos fijos panel. (2) Control sintético. (3) Detección de ruptura con panel.	Emisiones totales de CO ₂ agregado y sectorial, logaritmo.	-Emisiones con rezago. -Impuesto al carbono (como dummy y tasa). -Población. -PIB. (logaritmo todas las variables, excepto el impuesto al carbono).	Los resultados en los tres modelos, el autor encuentra disminuciones significativas en algunos sectores (principalmente en transporte), sin embargo, a nivel general o agregado no se encuentra evidencia significativa que la introducción del impuesto al carbono haya modificado las emisiones de CO ₂ en Columbia Británica. La detección del modelo por ruptura identifica la imposición del impuesto al



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
						carbono como la causa en la disminución de emisiones en el sector transporte, pero no es el caso para las provincias canadienses donde se identificó la ruptura con otras políticas intervencionistas.
Julius Anderson	2019	Suecia	(1) Control sintético (2) Mínimos Cuadrados Ordinarios	(1) Emisiones per cápita de CO ₂ provenientes del transporte (2) Consumo per cápita de gasolina (logaritmo)	(1) -PIB per cápita -Número de vehículos motorizados. -Consumo per cápita de gasolina. -Porcentaje de población urbana. (2) -IVA. -Impuesto al carbono. -Dummy para identificar la introducción de los impuestos. -PIB per cápita. -Urbanización. -Tasa de desempleo.	La construcción de un contrafactual para Suecia, evidencia que la introducción del impuesto al carbono tiene éxito en la reducción de las emisiones con información ex ante y post a su introducción en el sector del transporte en un 11%. El efecto separado del IVA y el CT, se evidencia en la semielasticidad, donde los consumidores responden más contundente a cambios en el CT que en el precio de la gasolina. El CT sin tomar en cuenta el IVA, se le atribuye reducciones en las emisiones en 6.3% en el sector transporte.
Sebastián Miller & Mauricio Vela	2013	50 países, OECD, de América Latina y Asia.	(1) Regresión transversal. (2) Panel dinámico (estimación por el método general de momentos)	Cambio porcentual de las variables (9): Emisiones de CO ₂ per cápita; superficie forestal; uso de energía per cápita en kilogramos equivalentes de	-Variable dependiente (año base 1995 para (1) y con rezagos de 2 y 4 años para (2)). -Ingresos por impuestos. -Ingresos ambientales. -PIB per cápita. -Tasa de crecimiento.	En las distintas regresiones (regresión transversal y el panel por MM con 2 y rezagos) se muestra que el crecimiento de emisiones per cápita de CO ₂ disminuye con el crecimiento por ingresos de impuestos ambientales, entre ellos impuestos a la



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
				petróleo; consumo de energía de combustibles fósiles como porcentaje del consumo total de energía; energía eléctrica fuentes de combustibles fósiles per cápita; producción de energía eléctrica de fuentes renovables per cápita; PM10 en microgramos por metro cúbico; emisiones de contaminantes orgánicos del agua; y consumo de energía eléctrica per cápita.	-Porcentaje de población urbana.	energía, transporte y contaminación. Países con mayores ingresos por impuestos ambientales tienen mejor desempeño en la reducción de emisiones de CO ₂ per cápita, PM10, contaminación del agua y consumo energético en base de combustibles fósiles.
Lucas Davis & Lutz Kilian	2009	Estados Unidos (nacional y local)	(1) Mínimos Cuadrados Ordinarios (nacional y panel) (2) Variables Instrumentales (nacional y panel) (3) Vectores Autorregresivos (nacional)	(1) (2) & (3) Cambio en el consumo de gasolina	(1) Cambio en el precio de la gasolina ajustado por la inflación. (2) Cambio en el precio de la gasolina después de impuestos, excluyendo el IVA y tomando en cuenta cambios nominales en	Considerando un incremento de 10 centavos para marzo 2008, el consumo de gasolina decrementa -0.31% (para MCO con una elasticidad de -0.10, nacional), -0.59% (MCO, con elasticidad de -0.19, panel) y -1.43% (con variables instrumentales (elasticidad - 0.46, panel).



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
					<p>el impuesto a la gasolina. (3) Cambio en el precio/impuesto</p>	<p>El efecto con el modelo VAR en el mismo período, el consumo de gasolina decrementa -0.37% y -3.39%, utilizando 12 rezagos con elasticidad precio e impuesto, respectivamente. Mientras -0.22% y -3.91%, con rezagos en base AIC. Se acepta que los modelos (1) y (2) presentan problemas de endogeneidad por choques macroeconómicos que afectan al precio, mientras que en (3) no hay retroalimentación contemporánea del consumo de gasolina.</p>
Boquiang Lin & Xuehui Li	2011	Finlandia, Dinamarca, Suecia, Noruega y Países Bajos	Diferencias en diferencias	Tasa de crecimiento de las emisiones per cápita de CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> -Emisiones per cápita con un rezago. -Población. -PIB per cápita. -Urbanización. -Estructura industrial. -Gasto en Investigación y Desarrollo. -Dummy sectorial. -Dummy temporal. <p>(Las variables de control se presentan en logaritmo)</p>	<p>El PIB per cápita tiene una relación positiva con el crecimiento de las emisiones per cápita, mientras que la estructura industrial, el gasto I+D y el precio de la energía una relación significativa negativa con las emisiones. La urbanización no fue significativa. Los resultados de los países de estudio fueron heterogéneos; para Finlandia, el impacto del CT fue significativo con un decrecimiento de las emisiones en 1.69% (en comparación sin el CT), para</p>



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
						<p>Dinamarca, Suecia y los Países bajos no fue significativo el CT en la reducción de emisiones. Noruega presentó una relación positiva en el CT, pero no significativa. La diferencia en el impacto de las emisiones proviene, principalmente, de la diferenciación de los impuestos y sus exenciones.</p>
<p>Petrik Runst & David Höble</p>	<p>2021</p>	<p>Alemania</p>	<p>Control sintético</p>	<p>Emisiones de carbono, toneladas de CO₂ provenientes del sector transporte</p>	<p>(1)-Precio del combustible (neto de impuesto), PIB, Población, Kilómetros por usuario/pasajeros, Longitud de las carreteras estatales, Transporte ferroviario y Combustible usado para automóviles. (2)-PIB per cápita, Densidad vial.</p>	<p>Encuentra evidencia que la imposición de un cuasi impuesto al carbono (no basado en el contenido de carbono, pero afecta directamente al precio final de las emisiones de CO₂) redujeron las emisiones del sector transporte en 0.2 y 0.35 ton de CO₂ anuales. La imposición, también, coincide con la innovación de nuevas tecnologías que hacen mayor eficiente a los automóviles y también se observa un cambio en el consumo hacia el uso del diésel como alternativa a la gasolina.</p>
<p>Osman Telatar & Nagihan Birinci</p>	<p>2022</p>	<p>Turquía</p>	<p>Análisis de series de tiempo, no lineales (cointegración)</p>	<p>(1) Huella Ecológica (2) Emisiones de CO₂ (en logaritmo, tones equivalentes)</p>	<p>(1) & (2) -Impuestos ambientales (como porcentaje del PIB)</p>	<p>Los autores encuentran que los impuestos ambientales no están cointegrado con las variables dependientes, es decir, no hay relación</p>



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
						<p>significativa a largo plazo en la Huella Ecológica, ni en las emisiones de CO₂. Empero, el nivel de impuestos está afectado por impuestos indirectos como el impuesto especial al consumo y a los vehículos motorizados.</p>
Arturo Antón & Fausto Hernández	2013	México	Metodología Parry & Small para maximizar la utilidad respecto al cambio en el impuesto a la gasolina	Impuesto (dólares por galón)	<p>-Componente Pigouviano (uso del combustible, distancia recorrida, congestión y accidentes). -Componente Ramsey.</p>	<p>El impuesto óptimo, para el caso mexicano, se descompone de \$1.62 dólares por galón en el componente pigouviano (explicado una tercera parte por el componente de accidentes) y \$0.28 por el componente Ramsey. Ante este impuesto óptimo (\$1.90), tomando en cuenta el gasto por deciles, que es progresivo a excepción del último decil, atribuido al consumo de gasolina por decil.</p>
Aurelia Rybak, Jaroslaw Joostherens, Anna Manowska & Joachim Pielot	2022	Polonia, en comparativa con Suecia	Modelo autorregresivo de medias móviles con entrada exógena (ARMAX)	(1) Emisiones de CO ₂ (2) Emisiones de CH ₄	<p>-(1) y (2) Componentes ARMA (p, q) -(1) y (2) Ingresos por impuestos ambientales diferenciados: energía, transporte, contaminación y recursos naturales</p>	<p>Las variables explicativas en sus diferentes categorías fueron estadísticamente significativas, sin embargo, únicamente el impuesto en el sector energético tuvo una relación negativa en el nivel de emisiones de CO₂, explicado principalmente por la representatividad del impuesto (80% del total).</p>



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
						Para el caso del CH ₄ , sólo el impuesto a la energía y transporte fueron significativo, donde, de forma análoga, la energía tiene un efecto negativo en las emisiones de dicho gas.
Patrik Sundquist	2007	Suecia	Sección cruzada por MCO	(1) Emisiones de CO ₂ / consumo de energía (2) Consumo energético/PIB (3) Emisiones per cápita de CO ₂ (4) Emisiones per cápita de CO ₂ (para la OCDE) (Todas las variables en logaritmo)	(1) -Tiempo, Impuestos ambientales: petróleo, gasolina, carbón y gas natural. (2) -Tiempo, Impuestos ambientales: petróleo, gasolina, electricidad, carbón y gas natural. (3) -Tiempo, PIB per cápita, Impuestos ambientales: petróleo, gasolina, electricidad, carbón y gas natural. (4) -Impuesto ambiental, PIB per cápita, porcentaje de energías renovables, gasto en investigación y desarrollo, gasto social y Coeficiente de Gini. (Todas las variables en logaritmo)	En los primeros tres modelos evaluados, los impuestos al carbono y al petróleo resultaron los más eficientes en la reducción de emisiones de CO ₂ por unidad energética, emisiones per cápita e intensidad energética. No obstante, el impuesto al gas natural resultó adverso en incrementar las unidades de CO ₂ , así como emisiones per cápita. A nivel OCDE, el impuesto a la gasolina implica una reducción significativa en las emisiones de CO ₂ , además, existe una correlación negativa entre mayor ingreso per cápita, mayor la reducción de emisiones.
Stanislav Shmelev & Stefan Speck	2018	Suecia	Regresión lineal	(1) (2) Emisiones de CO ₂	(1) -Energía nuclear, energía hídrica, uso del petróleo, uso de diésel, precio del	Si se analiza de forma aislada el impuesto al CO ₂ no es lo suficientemente significativo para generar un



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
					combustible, impuesto al carbono en el petróleo/gasolina, impuesto energético en carbón, impuesto energético en gas, importaciones de palma y café. (2) Se agrega a (1) las variables de - Importación neta de electricidad, uso del carbón y de la biomasa.	cambio en las emisiones de CO ₂ en Suecia, a excepción de la gasolina. Sin embargo, el análisis de impuestos combinados en energía apunta que tienen significancia en la reducción de emisiones, aunque la mayor contribución a dichas emisiones es atribuida a la innovación nuclear e hidroeléctrica, junto con la importación de energía eléctrica y aceite de palma.
Yan Liu & Cinzia Cirillo	2016	Área Metropolitana de Washington, DC	Los autores realizan un modelo que combina la propiedad de automóviles continuo discreto integrado con el software MOVES2014 con la finalidad de desagregar cuatro submodelos: (a) tipo de vehículo y elección de época; (b) elección en la cantidad de vehículos; (c) elección del uso vehicular; y (d) estimar las tasas de GEI vehiculares. Una vez realizado los cálculos en cada submodelo, se estima la reducción de GEI equivalentes de acuerdo con la propuesta de los autores, mediante una serie de incrementos equivalentes de (dólares) \$92.5, \$185 y \$370 de cuota anual por vehículo en tres tipos de impuesto: a la propiedad, a los combustibles y a la compra/adquisición.			El impuesto más efectivo para reducir las emisiones es a los combustibles (gasolina), desincentivando el uso vehicular, teniendo su mayor impacto en los grupos de bajos ingresos. El impuesto a la propiedad es el del menor impacto en la reducción de GEI. Mientras que el impuesto a la venta tiene un mayor impacto en las familias con mayor número de vehículos, disminuyendo la compra de estos.
Mai Dinh Guy	2011	Suecia	Mínimos Cuadrados Ordinarios	(1) Consumo (2) de gasolina (en logaritmo)	(1) -Precio de la gasolina real, PIB per cápita, subsidio en autos ecológicos (dicotómica), regulación en las	Los modelos (1) y (2) son de corto plazo, en ellos, se concluyó que el consumo de la gasolina es inelástico al precio (el cual, tiene incluido los incrementos en



Autora/Autor o Autoras/res	Año	Lugar	Método	Variable Dependiente	Variables de Control	Resultado (s)
					<p>emisiones de autos (dicotómica). (2) -Precio de la gasolina real, PIB per cápita, stock o parque vehicular, subsidio en autos ecológicos (dicotómica), regulación en las emisiones de autos (dicotómica). (3) -Precio de la gasolina real, PIB per cápita, variable dependiente con un rezago. (Todas las variables, excepto las dicotómicas, en logaritmo)</p>	<p>impuestos al carbono/energía y al ingreso, mientras que en el largo plazo (3) se torna elástico. Los subsidios y la regulación presentan una relación marginal en el consumo de gasolina y no significativa. La reducción en las emisiones las construyó con base a las elasticidades; un incremento en 0.128 SEK por litro podría reducir las emisiones en 0.04% y 0.67% en el corto y largo plazo. Mientras que, desde 1991 al 2010 (utilizando las elasticidades) la reducción por el impuesto al carbono redujo 10.8% las emisiones en Suecia.</p>



Anexo 3. Estadística descriptiva por entidad federativa (Año 2019)

Variables Entidad Federativa	GEI per cápita (Base RETC)	Emisiones (Base RETC)	Emisiones per cápita (Base Transporte)	Emisiones (Base Transporte)	Población ¹⁾	PIBE per cápita	IEPS_GyD	ISAN	PIBE	Ratio ISAN	Ratio IEPS
	(Toneladas)				(Millones de pesos)						
Aguascalientes	0.06	869,827.20	1.33	1,862,800.00	1,401,546	0.16	265.03	222.91	222,451.30	0.10	0.12
Baja California	0.82	4,017,314.00	1.30	4,817,800.00	3,707,625	0.16	1,032.31	551.11	575,332.40	0.10	0.18
Baja California Sur	1.90	1,541,808.00	1.70	1,331,100.00	782,305	0.20	422.27	115.52	158,953.70	0.07	0.27
Campeche	11.08	10,800,000.00	4.72	4,331,900.00	917,771	0.56	289.88	75.97	517,309.30	0.01	0.06
Chiapas	0.31	996,496.10	0.40	2,191,300.00	5,469,103	0.05	1,563.13	242.37	261,684.50	0.09	0.60
Chihuahua	2.57	6,878,840.00	1.29	4,797,200.00	3,708,329	0.15	932.90	540.19	572,880.30	0.09	0.16
Ciudad de México	0.11	1,876,594.00	2.86	26,200,000.00	9,174,058	0.34	1,761.29	3,255.95	3,132,839.00	0.10	0.06
Coahuila de Zaragoza	0.70	3,272,781.00	1.63	5,056,700.00	3,106,933	0.19	704.95	593.30	603,865.60	0.10	0.12
Colima	0.08	116,196.90	1.26	913,600.00	723,307	0.15	345.75	109.25	109,099.00	0.10	0.32
Durango	1.42	2,473,710.00	0.94	1,708,700.00	1,812,678	0.11	459.00	221.47	204,045.90	0.11	0.22
Guanajuato	2.64	3,867,376.00	0.96	5,876,800.00	6,098,878	0.12	1,129.16	606.08	701,795.40	0.09	0.16
Guerrero	0.05	177,966.60	0.57	2,016,000.00	3,525,493	0.07	1,262.83	125.41	240,749.80	0.05	0.52
Hidalgo	5.48	2,979,193.00	0.75	2,281,500.00	3,041,059	0.09	684.18	204.50	272,453.00	0.08	0.25
Jalisco	0.21	1,114,013.00	1.24	10,200,000.00	8,248,404	0.15	1,998.57	1,577.55	1,216,736.00	0.13	0.16
Michoacán de Ocampo	1.18	1,571,845.00	0.75	3,555,100.00	4,709,065	0.09	1,515.80	418.00	424,544.70	0.10	0.36
Morelos	0.15	1,681,160.00	0.86	1,683,600.00	1,952,091	0.10	423.83	180.20	201,049.30	0.09	0.21
México	0.31	5,634,428.00	0.79	13,200,000.00	16,800,000	0.09	3,681.64	1,923.45	1,580,645.00	0.12	0.23
Nayarit	0.01	13,080.74	0.83	1,013,600.00	1,220,408	0.10	299.19	56.04	121,042.70	0.05	0.25
Nuevo León	1.93	9,365,575.00	2.03	11,500,000.00	5,671,344	0.24	1,430.64	1,430.09	1,372,625.00	0.10	0.10
Oaxaca	0.45	1,048,988.00	0.52	2,117,700.00	4,099,129	0.06	1,353.56	165.93	252,892.50	0.07	0.54
Puebla	0.20	1,157,761.00	0.77	4,985,800.00	6,502,933	0.09	1,468.57	851.53	595,393.30	0.14	0.25
Querétaro	0.52	804,920.80	1.46	3,377,200.00	2,314,414	0.17	604.24	419.21	403,299.00	0.10	0.15
Quintana Roo	0.42	587,917.70	1.35	2,430,000.00	1,804,744	0.16	452.57	343.52	290,182.70	0.12	0.16
San Luis Potosí	2.59	10,700,000.00	1.10	3,086,700.00	2,798,581	0.13	622.41	342.84	368,609.80	0.09	0.17
Sinaloa	0.80	1,650,173.00	1.11	3,334,100.00	3,001,025	0.13	981.61	619.28	398,152.90	0.16	0.25
Sonora	2.49	6,951,524.00	1.67	4,863,000.00	2,916,604	0.20	929.10	486.23	580,732.60	0.08	0.16



Impuestos ambientales y su incidencia en la mitigación de las emisiones estatales

Variables Entidad Federativa	GEI per cápita (Base RETC)	Emisiones (Base RETC)	Emisiones per cápita (Base Transporte)	Emisiones (Base Transporte)	Población ^{1\}	PIBE per cápita	IEPS_GyD	ISAN	PIBE	Ratio ISAN	Ratio IEPS
	(Toneladas)				(Millones de pesos)						
Tabasco	3.54	6,334,641.00	1.58	3,759,000.00	2,386,199	0.19	1,299.86	208.83	448,891.90	0.05	0.29
Tamaulipas	6.01	21,800,000.00	1.24	4,332,800.00	3,501,817	0.15	1,153.36	502.59	517,419.90	0.10	0.22
Tlaxcala	0.46	608,914.10	0.65	867,200.00	1,325,673	0.08	893.81	57.12	103,564.80	0.06	0.86
Veracruz de Ignacio de la Llave	1.79	28,000,000.00	0.84	6,712,500.00	8,020,641	0.10	2,104.23	539.06	801,594.70	0.07	0.26
Yucatán	0.70	1,394,662.00	0.97	2,205,200.00	2,284,366	0.12	812.12	306.15	263,341.60	0.12	0.31
Zacatecas	0.45	602,575.60	0.79	1,271,800.00	1,608,991	0.09	889.73	66.47	151,882.00	0.04	0.59
Total ^{2\}	1.61	4,400,172.00	1.26	4,622,938.00	3,895,196	0.15	1,055.24	542.44	552,064.40	0.09	0.27

1\ Cifras redondeadas, debido a la interpolación previamente realizada.

2\Cifras promediadas.



Bibliografía

- Alscher, S. (2015) Cap. 5 Factores medioambientales en la emigración mexicana y diferencias en la gestión de desastres. En *Consecuencias del cambio climático sobre la migración* (pp. 105-134). México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Andersson, J. (2019) Carbon taxes and CO₂ emissions: Sweden as a case study. *American Economic Journal: Economic Policy*, volume 11 (4): 1-30.
- Antón, A. y Hernández, F. (2013) Optimal gasoline tax in developing, oil-producing countries: The case of Mexico. *Energy Policy*, volume 67, 564–571.
- Astudillo, M. (1999) *El federalismo y la coordinación impositiva en México*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- ----- (2009) *Conceptos básicos de federalismo fiscal: el caso de México*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- ----- y Fonseca, F. (2017) *Finanzas públicas para todos (una introducción a la hacienda pública mexicana)*. México: Editorial Trillas, UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Auditoría Superior de la Federación (2016) *El nuevo federalismo fiscal*. México: ASF, Centro de Investigación Económica y Presupuestaria.
- Ayala, E. y Chapa, J. (2018) Cap. 5. Crecimiento y corrupción de los estados en México. En *Los incentivos perversos del federalismo fiscal mexicano* (110-126). México: Fondo de Cultura Económica.
- Banco Mundial, Emisiones de CO₂ (toneladas métricas per cápita), disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>.
- -----, Población total, disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>.
- Barragán, C., Pizarro, A., Xylia, M., Syri, S. y Silveira, ¿S. (2018) Carbon tax or emissions trading? An analysis of economic and political feasibility of policy mechanisms for greenhouse gas emissions reduction in the Mexican power sector. *Energy Policy*, volume 122, 287-299.
- Basurto, S. y Caballero, K. (2022) *Introducción a la valoración económica ambiental: teoría y práctica*. México: UNAM, Facultad de Economía.
- Brennau, G. y Buchanan, J. (1980) *The power to tax: analytical foundations of a fiscal constitution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Caballero, K. (2012) *Finanzas públicas y cambio climático en México*. México: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Cano, A. (2014) *Federalismo y política fiscal*. México: FLACSO-México.
- Carlin, W. y Soskice, D. (2014) *Macroeconomics: Institutions, instability, and the Financial System*. Oxford: Oxford University Press.



- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de noviembre del 2022.
- Cropper, M. y Oates, W. (1992) Environmental Economics: A Survey. *Journal of Economic Literature*, volume 30 (2), 675-740.
- Cue, A. (1983) *Historia social y económica de México 1521-1854* (3ra edición). México: Editorial Trillas.
- Davis, L. y Kilian, L. (2009) Estimating the effect of a gasoline tax on carbon emissions. *National Bureau of Economic Research- Working Papers*, 14685, 1-41.
- Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley de Coordinación Fiscal y de la Ley General de Contabilidad Gubernamental, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 9 de diciembre de 2013.
- Decreto por el que se reformas, adicional, derogan, y abrogan diversas disposiciones de la Ley de Coordinación Fiscal, de la Ley del Impuesto sobre Tenencia o Uso de Vehículos y de la Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 2007.
- Delajara, M. y Graña, D. (2017) *Intergenerational social mobility in Mexico and its regions*. México: Centro de Estudios Espinosa Yglesias. Recuperado de: <https://ceey.org.mx/wp-content/uploads/2018/06/06-Delajara-Gra%C3%B1a-2017.pdf>.
- Dinh, M. (2011) *The effect of the gasoline tax on carbon emissions in Sweden*. Tesis de Maestría. University of Gothenburg.
- Environmental Protection Agency, Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero, disponible en: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero#results>.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF (2022) *Versión resumida de El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. Roma: FAO. Recuperado de: <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CC0639ES>.
- Flamand, L. (2006) El juego de la distribución de recursos en un sistema federal, la influencia del gobierno dividido verticalmente en la asignación de fondos federales a los estados mexicanos. *Política y Gobierno*, volumen XIII (2), 315-359.
- Forman, K., S. Dougherty y H. Blöchliger (2020) Synthesising good practices in fiscal federalism: Key recommendations from 15 years of country surveys. *OECD Economic Policy Papers*, volume 28, OECD Publishing, Paris, 1-41.
- Galán, J. (2019) *Impuestos ambientales en México y experiencias internacionales*. Cuadernos de investigación en finanzas públicas. México:



- Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República. Recuperado de: <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/4693>.
- Galindo, L. y Caballero, K. (2010) La economía del cambio climático: algunas reflexiones. *Gaceta de Economía*, año 16, número Especial, tomo I, 85-113.
 - ----- y Reyes, P. (2022) Escenarios de mitigación para México a 2050: algunos hechos estilizados. *Sobre México. Temas de Economía*, año 3, volumen 6, 156-208.
 - Gallardo, M. (2017) *El desequilibrio fiscal en el federalismo mexicano: la capacidad tributaria del municipio*. Durango: Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
 - Global Carbon Project, Carbon Atlas, disponible en: <https://globalcarbonatlas.org/>.
 - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014) *Informe de síntesis, Resumen para responsables de políticas: Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza, pp. 2-33.
 - Gujarati, D. y Porter, D. (2010) *Econometría (5ta. Edición)*. México: McGraw-Hill.
 - Harris, J. (2013) Green Keynesianism: Beyond Standard Growth Paradigms. *Global Development and Environment Institute*, Working Paper No. 13-02, 1-17.
 - Huesca, L. y López, A. (2016) Impuestos ambientales al carbono en México y su progresividad: una revisión analítica. *Economía Informa*, volumen 398, 23-39.
 - Instituto de Investigaciones Legislativas del Senado de la República (2001) *El federalismo fiscal en México*. México: Senado de la República LVIII Legislatura. Recuperado de: http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/bitstream/handle/123456789/1731/Federalismo_Fiscal.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
 - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2019) *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México (1ra Edición)*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México: https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf.
 - -----y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2018) *Sexta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.



- -----, Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/presenta-inecc-el-inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-1990-2019-284532?state=published>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Banco de Información Económica, disponible en: <https://en.www.inegi.org.mx/app/indicadores/?tm=0>.
- -----, Censo de Población y Vivienda 2005, Censo de Población y Vivienda 2010 y 2020, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>.
- -----, Finanzas Públicas Estatales y Municipales, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/finanzas/>.
- -----, Marco Geoestadístico 2020, disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>.
- -----, Parque Vehicular, disponible en: https://www.inegi.org.mx/temas/vehiculos/#Informacion_general.
- Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas (2021) *Referencias para el análisis del federalismo fiscal mexicano*. Guadalajara: Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2014) *Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva, Switzerland, 151 pp.
- ----- (2021) *Summary for Policymakers: Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
- Kim, Y., Han, H. y Moon, Y. (2010) The empirical effects of a gasoline tax on CO₂ emissions reductions from transportation sector in Korea. *Energy Policy*, volume 39, (2), 981-989.
- Ley de Coordinación Fiscal, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de enero de 2018.
- Ley de Disciplina Financiera de las Entidades Federativas y los Municipios, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 2022.
- Ley del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de noviembre de 2021.
- Ley del Impuesto Sobre la Tenencia o Uso de Vehículos, Ley abrogada publicado en el Diario Oficial de la Federación el 21 de diciembre de 2007.



- Ley Federal del Impuesto Sobre Automóviles Nuevos, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de noviembre de 2016.
- Ley General de Cambio Climático, última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de mayo de 2022.
- Lin, B. y Li, X. (2011) The effect of carbon tax on per capita CO₂ emissions. *Energy Policy*, volume 39, 5137-5146.
- Liu, Y. y Cirillo, C. (2016) Evaluating policies to reduce greenhouse gas emissions from private transportation. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, volume 44, 219-233.
- Mandujano, N. (2010) *Federalismo fiscal en México: una propuesta para fortalecer la hacienda pública estatal*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Mardones, C. y Cabello, M. (2019) Effectiveness of local air pollution and GHG taxes: The case of Chilean industrial sources. *Energy Economics*, volume 83, 491–500.
- Martínez, A. (2017) *Deuda ecológica versus deuda externa*. Rescatado de http://atalc.org/wp-content/uploads/2017/07/deuda_ecologica_y_deuda_externa.pdf
- ----- y Roca, J. (2013) *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mayorga, M. y Muñoz, E. (2000) *La técnica de datos panel: una guía para su uso e interpretación*. Costa Rica: Banco Central de Costa Rica, Departamento de Investigación Económicas.
- Miller, S. y Vera, M. (2013) Are environmentally related taxes effective. *IDB Working Paper Series- Department of Research and Chief Economist*, 467, 1-23.
- Molina, M., Sarukhán, J. y Carabias, J. (2017) *El cambio climático. Causas, efectos y soluciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Morley, B. (2012) Empirical evidence on the effectiveness of environmental taxes. *Applied Economics Letters*, volume 19, 1817-1820.
- Nar, M. (2021). The role of carbon taxes in reducing greenhouse gas emissions. *International Journal of Energy Economics and Policy*, volume 11(1), 117-125.
- Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de enero de 2014.
- Oates, W. (1977) *Federalismo fiscal*. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, Serie Colección Nuevo Urbanismo.
- OCDE (2012) *El sistema tributario, la innovación y medio ambiente*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.



- -----, OECD Statistics, disponible en: <https://stats.oecd.org/#>.
- Organización de Naciones Unidas, La Agenda para el Desarrollo Sostenible, disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
- Oropeza, O. (2004) Evaluación de la vulnerabilidad a la desertificación, en Martínez y Fernández. En *Cambio climático: una visión desde México* (pp. 303-313). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología.
- Perman, R., Ma, Y., McGilvray, J., Maddison, D., y Common, M., (2011). *Natural resource and environmental economics (Fourth edition)*. England: Pearson Education.
- Pretis, F. (2021) Does a carbon tax reduce CO₂ Emissions? Evidence from British Columbia. *Environmental and Resource Economics*, volume 83, 115–144.
- Price Waterhouse México (2022) *Guía de impuestos ecológicos en México, Ejercicio Fiscal 2022*. México: Price Waterhouse México. Recuperado de: https://explore.pwc.com/impuestosverdes2022/guia_completa.
- Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 2021.
- Quiggin, D., De Meyer, K., Hubble-Rose, L. y Froggatt, A. (2021) *Climate change risk assessment 2021*. London: Chatham House. Recuperado de: <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-09/2021-09-14-climate-change-risk-assessment-quiggin-et-al.pdf>.
- Rabell, E. (2010) *Federalismo fiscal en México*. Santiago de Querétaro: Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro.
- Reyes, O., Escalante, R. y Matas, A. (2010) La demanda de gasolinas en México: Efectos y alternativas ante el cambio climático. *Economía: teoría y práctica*, volumen 32, 83-111.
- Rosen, H. (2008) *Hacienda pública (7ma edición)*. Madrid: McGraw-Hill.
- Runst, P. y Höhle, D. (2021) The German eco tax and its impact on CO₂ emissions. *Energy Policy*, volume 160, 112655.
- Russi, D., Ventosa, I., Ramos, J., Ortega M. y Ungar, P. (2003) *Deuda ecológica, ¿Quién debe a quién?* Itaca, España. Rescatado de: https://www.uv.mx/orizaba/cosustenta/files/2013/09/1.-Russi-D.-et-al.-2003_Deuda-ecologica-Quien-debe-a-quien.pdf
- Rybak, A., Joostberens, J., Manowska, A. y Pielot, J. (2022) The Impact of Environmental Taxes on the Level of Greenhouse Gas Emissions in Poland and Sweden. *Energies 2022*, volume 15, 4465.



- Sánchez, A. (2020) *Efectos del cambio climático en el crecimiento económico de México*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Económicas.
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2020) *Distribución del pago de impuestos y recepción del gasto público por deciles de hogares y personas*. México: Gobierno de México. Recuperado de: https://www.finanzaspublicas.hacienda.gob.mx/work/models/Finanzas_Publicas/docs/congreso/infoanual/2022/ig_2022.pdf.
- -----, Estadísticas Oportunas de Finanzas Públicas, disponible en: <http://presto.hacienda.gob.mx/EstoporLayout/>.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, disponible en: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes-retc>.
- ----- e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2022) *Contribución determinada a nivel nacional (actualización)*. México: Gobierno de México. Recuperado de: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf.
- Sentencia dictada en la Acción de Inconstitucionalidad 29/2008 promovida por diputados integrantes de la Sexagésima Legislatura del Congreso de la Unión en contra del propio Congreso y del Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de junio de 2008.
- Serna, J. (2004) *Las convenciones nacionales fiscales y el federalismo fiscal en México*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Jurídicas.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>.
- Shmelev, S. y Speck, S. (2018) Green fiscal reform in Sweden: Econometric assessment of the carbon and energy taxation scheme. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 90, 969-981.
- Sistema de Información Energética, Secretaría de Energía, disponible en: <https://sie.energia.gob.mx/>.
- Smith, H. (2018) Cap. 6. Capacidad de toma de decisiones de los gobiernos locales: búsqueda del crecimiento económico. En *Los incentivos perversos del federalismo fiscal mexicano* (127-162). México: Fondo de Cultura Económica.
- Stren, N. (2007) *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sundqvist, P. (2007) *Do energy taxes decrease carbon dioxide emissions?* Tesis de Maestría. Uppsala University.



- Telatar, O. y Birinci, N. (2022) The effects of environmental tax on Ecological Footprint and Carbon dioxide emissions: a nonlinear cointegration analysis on Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, volume 29, 44335–44347.
- Trujillo, P. (2008) Transferencias intergubernamentales y gasto local desde una revisión de la literatura. *Gestión y Política Pública*, volumen XVII (2), 451-486.
- University of Oxford, Our World in Data, disponible en: <https://ourworldindata.org/>
- Urzúa, C. y Velázquez, A. (2018) Cap. 2. Errores fiscales en el ámbito federal. En *Los incentivos perversos del federalismo fiscal mexicano* (43-63). México: Fondo de Cultura Económica.
- Wooldridge, J. M. (2016). *Introductory econometrics: A modern approach (Sixth Edition)*. Boston: Cengage Learning.



“El alma humana es una caja de donde siempre puede saltar un payaso haciéndonos mofas y sacándonos la lengua, pero hay ocasiones en que ese mismo payaso se limita a mirarnos por encima del borde de la caja, y si ve que, por accidente, estamos procediendo según lo que es justo y honesto, asiente aprobatoriamente con la cabeza y desaparece pensando que todavía no somos un caso perdido”

José Saramago

“Le tenemos miedo a todo...miedo al Sol, al aislamiento...El Sol nunca desaparecerá, pero el mundo puede que no tenga muchos años”

John Lennon