UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE POSGRADO EN ECONOMÍA

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

"ELASTICIDAD DE EMISIONES DE CO2 EN LOS HOGARES DE MÉXICO: UN ANÁLISIS DE LA DESIGUALDAD DE EMISIONES"

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRA EN ECONOMIA

PRESENTA

ABRIL CITLALI VIDAL MONROY

TUTOR

MTRA. KARINA CABALLERO GÜENDULAIN

FACULTAD DE ECONOMIA, UNAM

Ciudad Universitaria, CD.MX.

Noviembre, 2024

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación con trabajo escrito)

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la institución ya cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ***"Elasticidad de emisiones de CO2 en los hogares de México: un análisis de la desigualdad de emisiones"*** que presenté para obtener el grado de **Maestra en Economía**, es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi Entidad Académica, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación/graduación.

Atentamente,

Abril Citlali Vidal Monroy
417041463

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por su amor y apoyo incondicional, gracias a ellos todo ha sido posible.

A mi tutora, Mtra. Karina Caballero por guiar esta investigación, por el tiempo dedicado, por la confianza y por inspirarme como académica.

Al Dr. Saúl Basurto, por compartir su conocimiento y abrirme las puertas en múltiples espacios que enriquecieron este trabajo.

A mi sínodo, Mtro. Ari Maneau, Mtro. Eduardo Vega y Dr. Luis Galindo, por su retroalimentación en el proceso de tesis, en las aulas de clases y en los seminarios.

A la Dra. Lizette Santana, por invitarme a la Universidad de Sao Paulo a compartir ideas y mi trabajo.

A la División de Estudios de Posgrado y al CONAHCYT, por el financiamiento y las oportunidades que hicieron posible este trabajo, los seminarios y mi desarrollo académico.

A mis amigas, especialmente Estefany Licona y Catalina Galindo por apoyarme académica y emocionalmente, a todas las profesoras de la Facultad de Economía y a todas las mujeres de la UNAM.

A Liz, por asistir a mis presentaciones y apoyarme en los momentos más difíciles.

A Fany, Diana y Alondra, por todo y por siempre.

A SVI, por su confianza en mí y por brindarme un espacio donde pude florecer profesionalmente en esta última etapa de la maestría.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN **4**

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO **6**

Revisión de Literatura 12
Elasticidad ingreso-emisiones de CO2 ..... *14*
Elasticidad gasto emisiones de CO2 ..... *17*

CAPITULO 2: METODOLOGÍA **22**

Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 23
Valor Bruto de la Producción en México 26
Modelo econométrico y coeficiente de emisiones 27

CAPITULO 3: EL CONSUMO DE LOS HOGARES EN MÉXICO **30**

Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 30
Ingreso de los hogares en México 31
Gasto de los hogares en México 34

CAPITULO 4: RESULTADOS **37**

Elasticidad ingreso emisiones en México, 2018 44
Elasticidad gasto emisiones en México, 2018 47
Limitaciones 51

CONCLUSIONES **52**

REFERENCIAS **55**

ANEXOS **60**

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es actualmente uno de los problemas más complejos que enfrenta la sociedad. A pesar de una serie de importantes iniciativas nacionales y globales dirigidas a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el dióxido de carbono (CO2), estas emisiones continúan aumentando en muchos países y a nivel global.

Los impactos del clima no se distribuyen equitativamente en todo el mundo, en promedio, los países de ingresos bajos y medianos sufren mayores impactos que sus contrapartes con mayores ingresos. Al mismo tiempo, la crisis climática también está marcada por significativas desigualdades dentro de los países.

El Reporte de Desigualdad Climática (2023) revela una alta concentración de emisiones globales de gases de efecto invernadero entre una fracción relativamente pequeña de la población, que vive en países emergentes y ricos. Además, la vulnerabilidad a numerosos impactos climáticos está fuertemente vinculada a los ingresos y la riqueza, no solo entre países sino también dentro de ellos.

Hasta ahora el análisis económico del cambio climático se ha centrado principalmente del lado de la oferta y muy poco del lado de la demanda. En términos prácticos, la ausencia de investigación del fenómeno climático desde la perspectiva de la demanda ha llevado a que las estrategias de mitigación se ejerzan primordialmente desde la oferta y no presten mucha atención al margen de acción que podrían jugar los consumidores de bienes y servicios finales de acuerdo a sus patrones de consumo.

En consecuencia, el consumo de los hogares no se ha estudiado lo suficiente, a pesar de ser una variable relacionada directamente con las emisiones de gases de efecto invernadero. La presente investigación explora la demanda de bienes y servicios en los hogares por nivel de ingreso, como posible determinante de la trayectoria de las emisiones de CO2 y, por ende, como posible foco de atención para complementar las estrategias y políticas de mitigación del cambio climático.

El objetivo principal de este trabajo es calcular la elasticidad ingreso-emisiones y gasto-emisiones en los hogares de México. Este análisis permitirá evaluar el impacto de las variaciones en el ingreso y la composición del gasto de los hogares sobre sus emisiones de carbono, con el fin de determinar si existe desigualdad de emisiones entre distintos grupos de hogares.

Para delimitar el problema de estudio, únicamente se considera la demanda de los hogares mexicanos en 2018 por la disponibilidad de datos. Este estudio contempla la base de datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 2018, a pesar de contar con información disponible para 2019, 2020 y 2021. Esta decisión se tomó debido a que los años 2019 y 2021 no son comparables con la ENIGH, cuya recolección de datos se realiza cada dos años.

La hipótesis que plantea esta investigación es que los hogares de México tienen una elasticidad ingreso-emisiones positiva y cercana a 1, la cual aumenta conforme incrementan los ingresos del hogar. De manera similar, se espera que la elasticidad gasto-emisiones también sea positiva, cercana a 1 y mayor que la elasticidad ingreso-emisiones, incrementándose a medida que aumentan los ingresos del hogar.

Si la hipótesis se confirma, esto indicaría que en México existe una desigualdad en la contribución a las emisiones de CO2. En particular, los hogares con mayores ingresos serían responsables de una proporción más significativa de las emisiones, las emisiones de estos hogares tendrían mayor sensibilidad ante cualquier variación en el ingreso o el gasto.

Esta investigación es relevante porque el debate sobre la relación entre el ingreso, el gasto y las emisiones de carbono tiene implicaciones significativas para la formulación de políticas a nivel nacional e internacional. Una comprensión más profunda de esta relación puede mejorar el diseño de medidas y políticas más efectivas para reducir las emisiones de carbono y mitigar el cambio climático. Además, este análisis puede contribuir a identificar y abordar posibles desigualdades en las emisiones entre diferentes grupos socioeconómicos, promoviendo así una mayor equidad en la implementación de políticas ambientales.

Capitulo 1. Marco Teórico

En economía, en la investigación empírica, el concepto de elasticidad está principalmente asociado con los modelos de equilibrio que describen la oferta, la demanda y los precios en un mercado. En estos modelos, las elasticidades desempeñan un papel crucial porque determinan la magnitud de los ajustes en la demanda que se producen como resultado de los cambios en los precios del mercado.

Hal R. Varian (1987), define la elasticidad como la medida de la sensibilidad o respuesta de una variable económica ante un cambio porcentual en otra variable. Formalmente, la elasticidad de la demanda respecto al precio, denotada como ε, se expresa como el cociente entre el cambio porcentual en la cantidad demandada y el cambio porcentual en el precio. Matemáticamente, se representa como:

$$\varepsilon = \frac{\partial Q/Q}{\partial p/p} = \frac{\partial Q}{\partial p}\frac{Q}{p} \quad \dots (1)$$

Donde:
Q es la cantidad demandada
p es el precio

Las elasticidades se utilizan para examinar cuán sensible es la demanda de un bien a los cambios en el precio del propio bien, a los cambios en el precio de bienes relacionados y a los cambios en el ingreso. Esta investigación retoma el concepto de elasticidad para analizar la sensibilidad de las emisiones de CO2 ante cambios en el ingreso y el gasto.

El lado de la demanda en un modelo de equilibrio se caracteriza por los consumidores que maximizan su utilidad (U). La utilidad se deriva del consumo (C) de los bienes que están incluidos en la economía. Por lo tanto, el término general de la función de utilidad se escribe como:

$$U=U(C_1, C_2,..., C_i) \quad \dots (2)$$

Esta función debe maximizarse siempre que el ingreso del consumidor lo permita. Esta restricción se denomina restricción presupuestaria y se escribe como:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i C_i \leq Y \quad \ldots . (3)$$

Donde:

Y es el ingreso del consumidor

C es el vector de bienes de consumo

p es el vector de precios

En el óptimo, el consumidor gastará todo su ingreso en bienes, a menos que le beneficie ahorrar. Si el consumidor no tiene ahorro, las restricción será:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i C_i = Y \ldots \quad (4)$$

Donde:

Y es el ingreso del consumidor

C es el vector de bienes de consumo

p es el vector de precios

La elasticidad precio muestra el aumento porcentual en la demanda ante un aumento porcentual en el precio del propio bien.

Formalmente, la elasticidad precio se define como:

$$\varepsilon_p = \frac{\partial C_i / C_i}{\partial p_i / p_i} = \frac{\partial C_i}{\partial p_i} \frac{C_i}{p_i} \quad \ldots \quad (5)$$

Donde:

C_i define la demanda del bien i

p_i define el precio del bien i.

Si | ε | = 1 , la demanda se define como unitariamente elástica, mientras que se define como elástica si | ε | > 1 e inelástica si | ε | < 1. Por ejemplo, si | ε | = 1 , significa que un aumento del precio del 1% provocará una reducción en la demanda de un bien del 1%. Por el contrario, una disminución del precio del 1% provocará un aumento en la demanda del 1%.

La elasticidad ingreso muestra el aumento porcentual en la demanda de un bien dado como resultado de un aumento porcentual en el ingreso.

Formalmente, la elasticidad ingreso se define como:

$$\varepsilon_Y = \frac{\partial C_i / C_i}{\partial Y / Y} = \frac{\partial C_i}{\partial Y}\frac{C_i}{Y} \quad \dots \ (6)$$

Donde:

C_i define la demanda del bien i

Y define el ingreso.

Utilizando este marco teórico se puede analizar el cambio porcentual en las emisiones de CO2 como resultado de un cambio porcentual en el ingreso o en el gasto. De esta manera, se formaliza la elasticidad ingreso – emisiones como:

$$\varepsilon_{Ye} = \frac{\partial E_i / E_i}{\partial Y / Y} = \frac{\partial E_i}{\partial Y}\frac{E_i}{Y} \quad \dots \ (7)$$

Donde:

E_i define las emisiones del bien i

Y define el ingreso

Mientras que la elasticidad gasto – emisiones se define como:

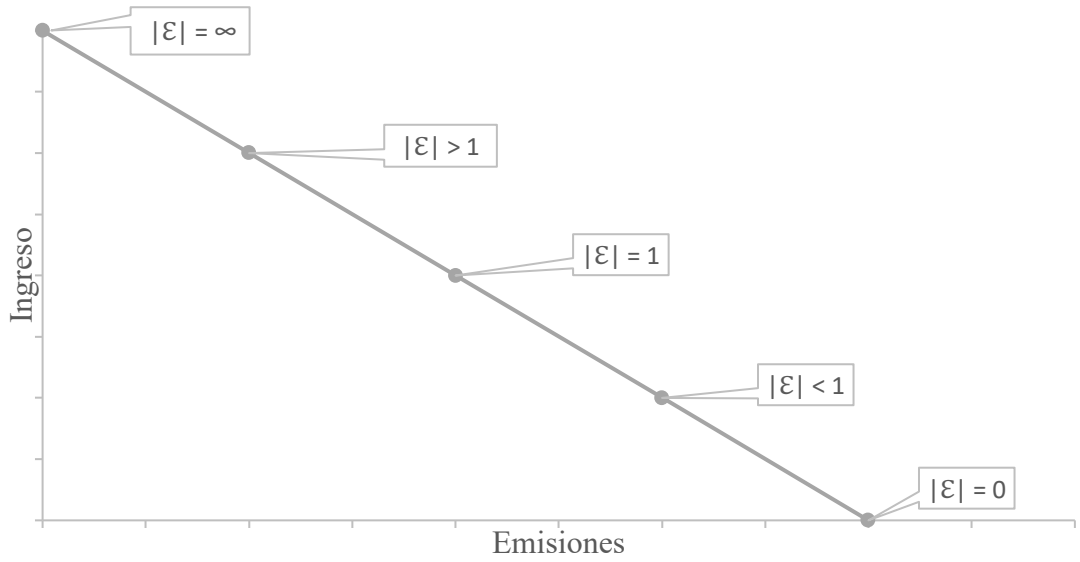
$$\varepsilon_{Ge} = \frac{\partial E_i / E_i}{\partial G / G} = \frac{\partial E_i}{\partial G}\frac{E_i}{G} \quad \dots (8)$$

Donde:

E_i define las emisiones del bien i

G define el gasto

Gráfica 1. Elasticidad ingreso - emisiones



Fuente: Adaptacción propia de Hal R. Varian (1987)

Dependiendo del valor de la elasticidad, podemos interpretar diferentes grados de sensibilidad de las emisiones respecto al gasto o ingreso:

1. Elasticidad que tiende a infinito (perfectamente elástica): Esto ocurre cuando la elasticidad es extremadamente alta, lo que significa que incluso un cambio muy pequeño en los ingresos provocaría un alto cambio en la cantidad de emisiones.

2. Elasticidad mayor a 1 (elástica): Cuando la elasticidad es mayor a 1 la cantidad de emisiones responde de manera más que proporcional a los cambios en el ingreso.
3. Elasticidad igual a 1 (unitaria): Si la elasticidad es exactamente igual a 1 un cambio porcentual en el ingreso provoca un cambio proporcional en la cantidad de emisiones. Por ejemplo, un aumento del 1% en el ingreso llevaría a un aumento del 1% en las emisiones.
4. Elasticidad menor a 1 (inelástica): Cuando la elasticidad es menor a 1 las emisiones responden de manera menos que proporcional a los cambios en el ingreso. Por ejemplo, si $|\varepsilon_{ye}| = 0.5$, significa que un cambio del 1% en el ingreso provocará un cambio en las emisiones del 0.5%.
5. Elasticidad igual a cero (perfectamente inelástica): Cuando la elasticidad es igual a cero, significa que las emisiones no cambian en absoluto, sin importar el cambio en el ingreso.
6. Elasticidad negativa: Cuando la elasticidad es menos a cero, significa que la relación entre el ingreso y las emisiones es inversa. Es decir, a medida que el ingreso aumenta, las emisiones disminuyen. En el contexto de la elasticidad de emisiones de CO2, esto significaría que a medida que los hogares ganan más ingresos, tienden a reducir sus emisiones de CO2.

Lo anterior permite discutir cuál sería la elasticidad ingreso-emisiones ideal. Una elasticidad negativa, por ejemplo, implicaría que un incremento en el ingreso conduce a una reducción en las emisiones. Este escenario sería posible si, a medida que aumenta el ingreso, el consumo se orienta hacia bienes menos intensivos en carbono, reflejando un comportamiento similar al postulado por la hipótesis de la Curva Ambiental de Kuznets.

Asimismo, una elasticidad cercana a cero sería altamente deseable, ya que indicaría que el crecimiento del ingreso no está generando un aumento significativo en las emisiones. En el caso de una elasticidad positiva pero inferior a 1, las emisiones aumentan con el ingreso, pero a un ritmo más lento que el crecimiento económico. Aunque este no es el escenario ideal, refleja la realidad de la mayoría de los países y es preferible a una elasticidad superior a 1, donde las emisiones crecerían de manera desproporcionada en relación con el ingreso.

La elasticidad de emisiones puede calcularse a lo largo de los deciles de ingreso para evaluar qué segmentos de la población contribuyen más al incremento o reducción de las emisiones de carbono a medida que varían sus ingresos, así como para analizar cómo cambian las emisiones conforme se modifican los patrones de gasto.

Si los deciles de mayores ingresos presentan una elasticidad más alta que los deciles de menores ingresos, esto sugiere que un aumento en los ingresos de los segmentos con más ingresos conllevaría una mayor contribución al incremento de las emisiones. En este caso, resultaría menos problemático incrementar los ingresos de los deciles más bajos.

Por otro lado, si los deciles de menores ingresos exhiben una elasticidad más alta que los de mayores ingresos, significa que los hogares con menos recursos consumen bienes más intensivos en carbono, lo que implicaría que un aumento en sus ingresos podría ser más problemático debido a su mayor contribución a las emisiones.

Desde la perspectiva de la desigualdad, sería especialmente preocupante que los deciles de mayores ingresos tuvieran una elasticidad más alta que los de menores ingresos, tal como lo sugiere la hipótesis de esta investigación, porque, según el IPCC (2023), los deciles de menores ingresos son los más vulnerables al cambio climático en términos de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.

Si la hipótesis se confirma, implica que los deciles con mayores ingresos contribuyen en mayor medida a las emisiones, presentan una mayor sensibilidad de las emisiones a las variaciones económicas y son menos vulnerables a los efectos adversos que estas emisiones generan. Esta dinámica perpetua una desigualdad tanto social como ambiental.

El siguiente apartado se enfocará en la revisión de literatura que ha calculado la elasticidad ingreso – emisiones o la elasticidad gasto – emisiones o ambas, describiendo explícitamente la relación entre el ingreso, los patrones de consumo y las emisiones de CO2. Esta revisión permitirá profundizar en los hallazgos previos y contextualizar el análisis de esta tesis en el marco de las investigaciones existentes.

Revisión de Literatura

La literatura que ha abordado el análisis de la desigualdad en las emisiones a nivel de hogares emplea diversos enfoques para explorar esta temática. Entre ellos destaca el uso de la elasticidad de la energía o las emisiones de CO2 en relación con los ingresos, como fue analizado por Weber y Matheuws en su estudio del año 2008.

Chancel y Piketty en 2015 utilizaron un modelo basado en la elasticidad gasto-emisión de CO2 para asignar las emisiones a los hogares en función de su nivel de ingresos. Otros investigadores, como Irfany en 2015, aplicaron distintas medidas de desigualdad, tales como el índice de Gini, con el fin de estimar la desigualdad a nivel de hogares. Por otro lado, Sager realizó estimaciones de las emisiones de CO2 relacionadas con el consumo de los hogares en Estados Unidos, abarcando un período de tiempo que comprende desde 1996 hasta 2009.

El primer apartado se centra en una revisión exhaustiva de los estudios transversales que han explorado la relación entre las emisiones de gases de efecto invernadero con el ingreso y/o gasto de los hogares. Aunque la mayoría de estos estudios no tienen como objetivo principal calcular la elasticidad, todos comparten el propósito de investigar la relación entre los hogares y las emisiones, lo que inevitablemente conduce a la medición de la elasticidad, ya sea elasticidad ingreso, elasticidad gasto o ambas.

En este apartado, se analiza el estado actual del conocimiento en la literatura sobre la elasticidad de las emisiones de GEI y el gasto e ingreso de los hogares. Se revisan 50 trabajos de autores procedentes de 20 países diferentes, cada uno con casos empíricos específicos para su respectivo país. Aunque la mayoría de los estudios se centran en países europeos y Estados Unidos, también se destacan importantes contribuciones de países como India, China, Filipinas, Indonesia y Australia.

Existen diversas aproximaciones para entender y calcular la elasticidad de las emisiones de carbono en relación con el gasto e ingreso. Una opción es emplear series temporales de la huella de carbono de un país y relacionarlas con su Producto Interno Bruto (PIB), como lo han hecho estudios como el de Park y Heo (2007), Markaki et al. (2017), y Pachauri y Spreng (2002). Alternativamente, se pueden realizar análisis

transversales a nivel de país, como evidencian las investigaciones de Reinders et al. (2003), Hertwich y Peters (2009), e Ivanova et al. (2016). Incluso, existen estimaciones de panel a nivel país, tal como lo demuestran trabajos como el de Liddle (2015) y Golley y Meng (2012), sin embargo, en la revisión de toda la literatura relevante destaca el uso del análisis Input-Output (MRIO).

A pesar de las diversas metodologías utilizadas, todos estos estudios comparten una estructura común. Operan a nivel nacional y de hogar, utilizando encuestas nacionales de consumo para calcular las emisiones de GEI y aplicando un coeficiente de emisiones correspondiente. Sin embargo, varían en su enfoque y alcance, algunos abordan las emisiones de GEI, mientras que otros se concentran exclusivamente en el CO2.

En los estudios revisados sobre la elasticidad ingreso-emisiones y gasto-emisiones en hogares, se identificaron varias variables clave que influyen en las emisiones de carbono y las respectivas elasticidades. Las principales variables utilizadas fueron el ingreso y gasto anual del hogar, que son fundamentales para calcular las elasticidades. Además, se consideraron variables sociodemográficas como el tamaño del hogar, la edad y nivel educativo del jefe de hogar, y la posesión de automóvil, así como el área de residencia (urbano/rural).

Asimismo, respecto a los estudios que contemplan variables energéticas, destacan los precios de la energía, las tarifias diferenciadas, la eficiencia energética, el tipo de vivienda, las fuentes de energía utilizadas para calefacción y cocina, el consumo de energía eléctrica, gasolina, diesel, y gas natural, junto con el uso de energías renovables.

En el Anexo 1 se incluye una tabla detallada que describe a los autores, la elasticidad calculada, el lugar y periodo de estudio, así como la metodología empleada de los 50 artículos revisados. Para facilitar la comparación entre las elasticidades calculadas, se ha dividido el capítulo en dos apartados, elasticidad ingreso-emisiones y elasticidad gasto-emisiones.

Elasticidad ingreso-emisiones de CO2

La elasticidad ingreso – emisiones de CO2 ha sido calculada en 17 artículos diferentes para 12 países entre 1998 y 2021. Los estudios de Golley and Meng (2012) y Wiedenhofer et al. (2017) en China, así como el estudio de Isaksen and Narbel (2017) en Noruega, revelaron las elasticidades más altas, indicando una mayor sensibilidad de las emisiones al ingreso en estos países. En contraste, la elasticidad más baja fue registrada por Büchs and Schnepf (2013) en el Reino Unido, lo que sugiere una menor relación entre el ingreso y las emisiones en este país en comparación con otros contextos analizados.

Tabla 1. PIB Percápita y Elasticidad ingreso emisiones

País	Autor	Elasticidad	PIB per Cápita (2018 en dólares corrientes)	Elasticidad Promedio
China	Wiedenhofer et al. (2017)	0.98	9905.4	0.96
China (urbano)	Golley and Meng (2012)	0.93	9905.4	
España	Roca and Serrano, 2007	0.98	30379.7	
España	Roca and Serrano, 2007	0.99	30379.7	0.84
España	López et al. (2016)	0.54	30379.7	
Francia	Lenglart et al. (2010)	0.82	41557.9	
Francia	Pottier et al., 2021	0.53	41557.9	0.63
Francia	Malliet, 2020	0.54	41557.9	
Reino Unido	Büchs and Schnepf, 2013	0.43	43203.8	0.43
Bélgica	Christis et al. (2019)	0.52	47545.0	0.52
Alemania	Gill and Moeller, 2018	0.56	47939.3	0.56
Finlandia	Ottelin et al., 2018	0.61	49987.6	0.59
Finlandia	Ottelin et al., 2018	0.56	49987.6	
Holanda	Kerkhof et al., 2009	0.84	53044.5	0.84
Australia	Lenzen, 1998	0.55	57273.5	0.55
Dinamarca	Wier et al., 2001	0.9	61591.9	0.90
EEUU	Sager (2019)	1	62823.3	0.85

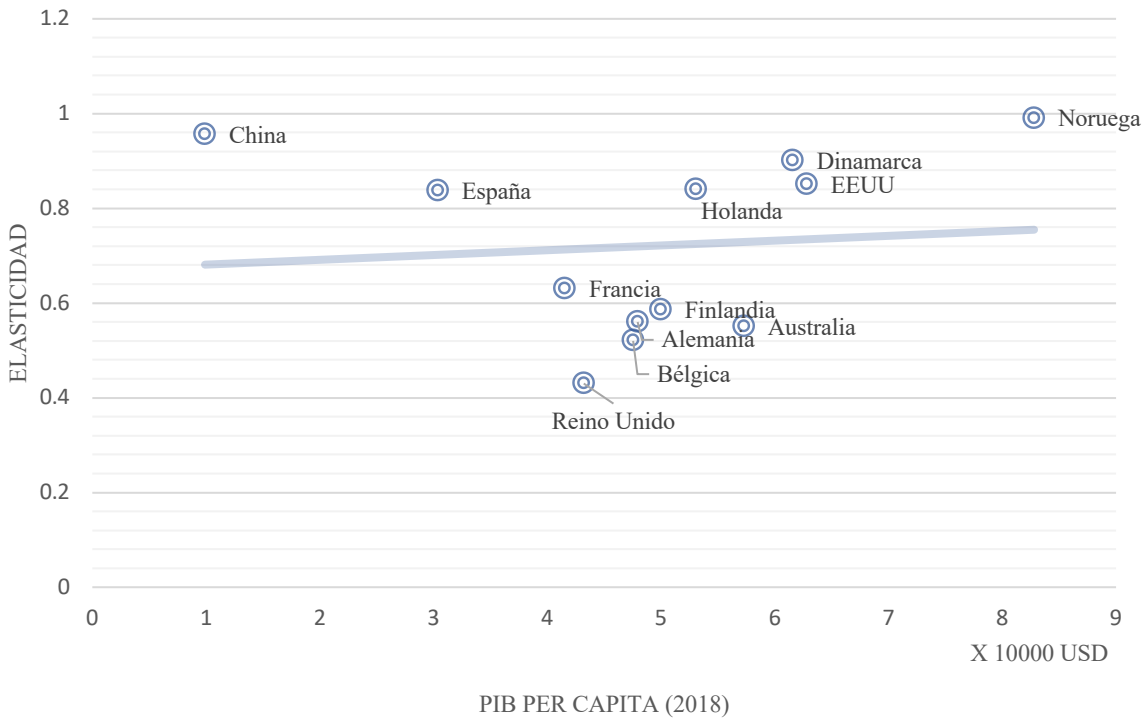
EEUU	Weber and Matthews, 2008	0.7	62823.3	
Noruega	Isaksen and Narbel, 2017	0.99	82792.8	0.99

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 1 muestra la elasticidad del ingreso en relación con las emisiones para varios países, junto con detalles sobre los autores y el PIB per cápita correspondiente. Cada entrada en la tabla incluye el país correspondiente, el/los autores del estudio, la elasticidad calculada, el PIB per cápita y la elasticidad promedio obtenida para ese país.

Por ejemplo, para China, se proporciona la elasticidad del ingreso-emisiones calculada por Wiedenhofer et al. (2017), que es 0.98. Sin embargo, Golley and Meng (2012) también calcularon dicha elasticidad en 0.93, por lo que se muestra la elasticidad promedio de 0.96, calculada a partir de los estudios que han abordado esta relación en el país.

Gráfica 2. Elasticidad ingreso emisiones



Fuente: Elaboración propia

Esta lógica permite construir la Gráfica 2 que revela una relación positiva entre el PIB per cápita en el eje X y la elasticidad Ingreso-Emisiones de CO2 en el eje Y. Esto implica que a medida que aumenta el PIB per cápita, la elasticidad entre el ingreso y las emisiones tiende a ser mayor.

Dicha tendencia se verifica en varios países representados en el gráfico, lo que sugiere una relación generalizada entre el nivel de ingresos y la cantidad de emisiones de CO2 generadas. Sin embargo, también existen casos que contradicen la hipótesis, como China que tiene un bajo PIB per cápita pero una de las elasticidades más altas, esto se puede explicar por la alta intensidad de carbono en su economía, caracterizada por una fuerte dependencia de la generación de electricidad a base de carbón y la minería, que son actividades de alta emisión de gases de efecto invernadero.

Elasticidad gasto emisiones de CO2

Los primeros estudios que abordaron el cálculo de la elasticidad gasto emisiones se llevaron a cabo por Murthy et al. (1997) y Lenzen (1998), en India y Australia respectivamente. Ambos investigadores analizaron la relación entre las emisiones y el gasto, centrándose en el consumo energético como uno de los principales determinantes.

Las elasticidades gasto-emisiones más altas son encontradas en los estudios de Girod y Haan (2010) y Isaksen y Narbel (2017), realizados en Suiza y Noruega. Estos estudios revelaron una mayor sensibilidad de las emisiones al gasto, indicando que pequeños cambios en el gasto podrían tener un impacto significativo en las emisiones de carbono. Por otro lado, las elasticidades más bajas fueron registradas por Wier et al. (2001) en Dinamarca e Irfany y Klasen (2016) en Indonesia, señalando una menor sensibilidad de las emisiones al gasto en estos países.

En el caso de la elasticidad gasto-emisiones, se han calculado 28 elasticidades en 24 artículos diferentes para 16 países. En aquellos países con más de un estudio realizado, se ha promediado la elasticidad para poder compararlas por país en las siguientes gráficas. Esto proporciona una visión más completa y comparativa de cómo la elasticidad varía entre diferentes estudios y países.

La Tabla 2 presenta información sobre el Producto Interno Bruto (PIB) per cápita en 2018 y la elasticidad promedio del gasto en relación con las emisiones por país. Cada entrada en la tabla incluye el país correspondiente, el autor del estudio, la elasticidad calculada, el PIB per cápita y la elasticidad promedio obtenida para ese país.

Tabla 2. PIB Percápita y Elasticidad promedio gasto-emisiones por país

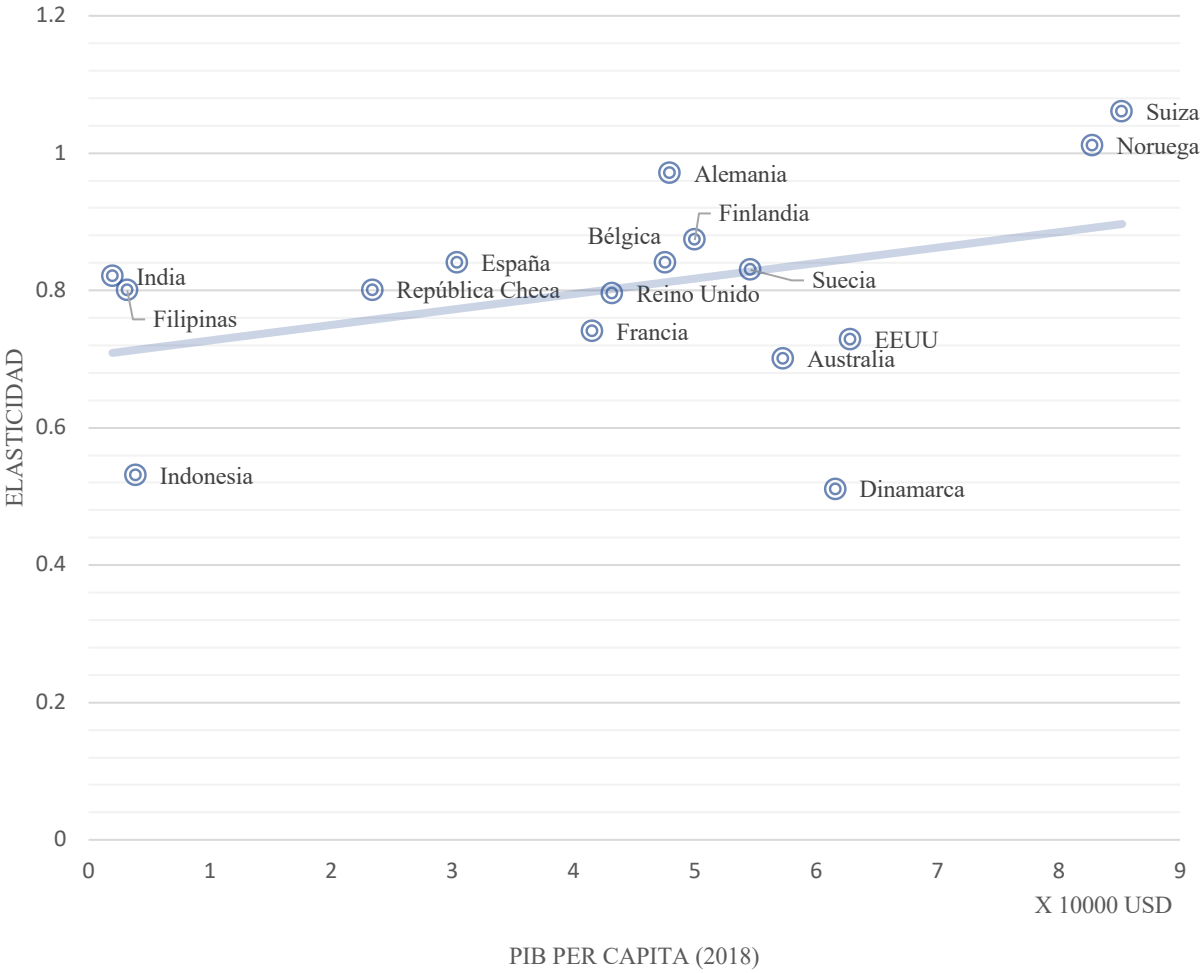
País	Autor	Elasticidad	PIB per Cápita	Elasticidad Promedio
India	Murthy et al. (1997)	0.87	1974.4	0.82
India	Murthy et al. (1997)	0.77	1974.4	
Filipinas	Seriño and Klasen, 2015	0.8	3194.7	0.80

Indonesia	Irfany and Klasen (2016)	0.52	3902.7	0.53
Indonesia	Irfany and Klasen (2016)	0.54	3902.7	
República Checa	Mach et al., 2018	0.8	23424.5	0.80
España	Duarte et al., 2012	0.84	30379.7	0.84
Francia	Lenglart et al. (2010)	0.62	41557.9	0.74
Francia	Pottier et al., 2021	0.86	41557.9	
Reino Unido	Minx et al. (2009)	0.89	43203.8	0.80
Reino Unido	Baiocchi et al., 2010	0.7	43203.8	
Bélgica	Christis et al. (2019)	0.84	47545.0	0.84
Alemania	Hardadi et al., 2021	1.04	47939.3	0.97
Alemania	Hardadi et al., 2021	0.9	47939.3	
Finlandia	Ottelin et al., 2018	0.93	49987.6	0.87
Finlandia	Ottelin et al., 2018	0.89	49987.6	
Finlandia	Ala-Mantila et al., 2014	0.8	49987.6	
Suecia	Nässén, 2014	0.83	54589.1	0.83
Australia	Lenzen, 1998	0.7	57273.5	0.70
Dinamarca	Wier et al., 2001	0.51	61591.9	0.51
EEUU	Sager (2019)	0.8	62823.3	0.73
EEUU	Weber and Matthews, 2008	0.52	62823.3	
EEUU	Jones and Kammen (2011)	0.77	62823.3	
EEUU	Fremstad et al., 2018	0.73	62823.3	
EEUU	Fremstad et al., 2019	0.82	62823.3	
Noruega	Steen-Olsen et al., 2016	1.14	82792.8	1.01
Noruega	Peters et al., 2006	0.88	82792.8	
Suiza	Girod and Haan, 2010	1.06	85217.4	1.06

Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, para India, se proporciona la elasticidad promedio, que es 0.82, calculada a partir de la elasticidad del gasto-emisiones dada por Murthy et al. (1997), que es 0.87 en el caso urbano y 0.77 en el caso rural. La tabla también incluye información similar para otros países como Filipinas, Indonesia, República Checa, España, Francia, Reino Unido, Bélgica, Alemania, Finlandia, Suecia, Australia, Dinamarca, Estados Unidos, Noruega y Suiza. Cada uno de estos países tiene múltiples entradas, lo que refleja la variedad de estudios realizados y las diferentes elasticidades obtenidas por diferentes autores.

Gráfica 3. Elasticidad gasto-emisiones



Fuente: Elaboración propia

En la Gráfica 3 se observa una relación positiva entre el PIB per cápita y la Elasticidad Gasto-Emisiones. Esto sugiere que a medida que aumenta el PIB per cápita, la elasticidad

entre el gasto y las emisiones tiende a ser mayor. Este patrón se evidencia en países como Indonesia y Suiza, que muestran el menor y mayor PIB per cápita, respectivamente, junto con elasticidades correspondientes. No obstante, cabe destacar el caso particular de Dinamarca, que exhibe una baja elasticidad entre el gasto y las emisiones, a pesar de tener un PIB per cápita relativamente alto, esto se puede explicar por las políticas ambientales estrictas y efectivas que han promovido el uso de energías renovables y la eficiencia energética. Este fenómeno indica que otros factores pueden estar influyendo en la relación entre el gasto y las emisiones en este país.

Esta revisión de literatura proporciona una visión amplia y detallada de la relación entre el ingreso, el gasto y las emisiones de carbono en los hogares. A través del análisis de numerosos estudios transversales y el examen e diversas metodologías utilizadas en diferentes contextos geográficos, se han identificado patrones y tendencias relevantes.

Se observa una clara relación entre el nivel de ingresos y las emisiones de carbono, tanto en términos de gasto como de ingreso. Los estudios muestran que, en general, a medida que aumenta el PIB per cápita, también lo hacen las emisiones de carbono.

Sin embargo, también se han encontrado discrepancias interesantes en esta relación. Por ejemplo, algunos países muestran una elasticidad gasto-emisiones más alta que otros independientemente de su ingreso percápita, lo que indica que factores adicionales pueden influir en la relación entre el gasto y las emisiones.

Del mismo modo, la metodología para el cálculo de la elasticidad ingreso y gasto - emisiones varía entre autores, lo que influye y limita la comparación entre los resultados. Esta revisión destaca la importancia de comprender las complejas interacciones entre el comportamiento económico y las emisiones de GEI.

Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para el desarrollo de políticas destinadas a abordar el cambio climático y promover un desarrollo sostenible. Es fundamental considerar estas relaciones al diseñar estrategias para reducir las emisiones y mitigar los efectos del cambio climático, garantizando al mismo tiempo un crecimiento económico equitativo y sostenible.

Es relevante destacar que este ejercicio empírico no ha sido replicado en México, por lo que el presente trabajo constituyendo así un importante aporte a la comprensión de esta problemática en el contexto nacional. En el próximo capítulo, se desarrolla un análisis detallado del consumo de los hogares en México en 2018, lo que permitirá explorar en los siguientes capítulos las emisiones de carbono asociadas con el gasto y el ingreso de los hogares mexicanos.

CAPITULO 2: Metodología

Esta investigación utiliza un enfoque mixto que combina análisis cuantitativo y cualitativo para calcular y analizar la elasticidad ingreso y gasto de las emisiones en los hogares de México. De acuerdo con la literatura revisada en los capítulos anteriores, la mayoría de los autores emplean un modelo de regresión lineal para calcular la elasticidad, además utilizan modelos insumo – producto para estima las emisiones de CO2 totales a nivel hogar.

En sintonía, este trabajo utiliza un modelo de regresión lineal para el cálculo de las elasticidades, sin embargo, las matrices insumo-producto con información para México no tienen disponible el coeficiente de emisiones necesario para calcular las emisiones a partir del consumo de los hogares, por lo que no se utilizará esa metodología para el cálculo de las emisiones y en su lugar se creará el coeficiente de emisiones a partir del Valor Bruto de la Producción disponible en las cuentas nacionales y el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

La información se recopilará principalmente de las siguientes fuentes:

1) ENIGH 2018 (INEGI, 2018)
2) INEGyCEI (INECC-SEMARNAT, 2018)
3) Oferta y uilización de bienes y servicios [Producción a precios corrientes] (INEGI, 2018)

Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero

El Inventario se desarrolla con el objetivo de generar conocimiento y estadísticas sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y carbono negro a la atmósfera, resultantes de actividades antropogénicas en México. Permite conocer el comportamiento de las fuentes de emisión a lo largo del tiempo y estimar las absorciones por sumideros. Todo esto se realiza mediante metodologías acordadas internacionalmente, susceptibles de comparación y revisión técnica, y sirve como herramienta para la toma de decisiones en políticas públicas sobre cambio climático, la construcción de líneas base para cuantificar rutas de mitigación y el cumplimiento del marco jurídico nacional e internacional.

En cumplimiento con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), firmada por el gobierno mexicano el 13 de junio de 1992 y ratificada por el Senado el 11 de marzo de 1993, todas las Partes tienen la obligación de:

> a) Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables acordadas por la Conferencia de las Partes.
>
> b) Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, cuando sea pertinente, regionales, que incluyan medidas orientadas a mitigar el cambio climático.

Según el artículo 12 de la CMNUCC, cada Parte debe transmitir a la Conferencia de las Partes, a través de la secretaría, la siguiente información:

> a) Un inventario nacional, en la medida de sus posibilidades, de las emisiones antropogénicas por las fuentes y las absorciones por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables promovidas y aprobadas por la Conferencia de las Partes.

En 2012, se aprobó la Ley General de Cambio Climático, que en su artículo 22, fracción VIII, otorga al INECC la atribución de integrar, monitorear y actualizar el inventario de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI). Además, el artículo 74 de la misma ley establece la temporalidad para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, a cargo del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Los GyCEI analizados en el presente proyecto incluyen: dióxido de carbono (CO2), metano (CH4), óxido nitroso (N2O), perfluorocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF6), en unidades de CO2 equivalente (CO2e) y carbono negro (CN) en gigagramos (Gg).

Los sectores a analizar para el inventario, de acuerdo con el IPCC, son Energía, AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra), IPPU (Procesos Industriales y Uso de Productos) y Residuos.

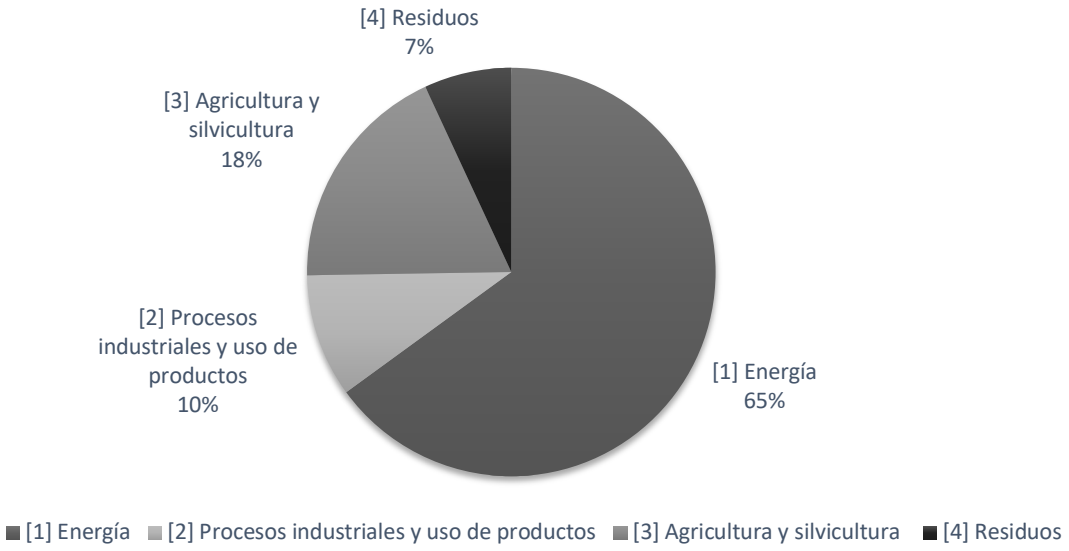
Para este estudio se eligió la base de datos del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 2018, a pesar de contar con información disponible para 2019, 2020 y 2021. Esta decisión se tomó debido a que los años 2019 y 2021 no son comparables con la ENIGH, cuya recolección de datos se realiza cada dos años. Además, se descartó el año 2020 porque el INEGYCEI de ese año presenta datos atípicos y falta de información, lo que resulta en una reducción de casi el 40% de las emisiones en las trayectorias mostradas de 1990 a 2019. Esta anomalía puede explicarse por los efectos de la pandemia de COVID-19.

Durante 2018, en México se emitieron 765.60 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO2 e), correspondiente a la suma de las emisiones de dióxido de carbono (CO2), metano (CH4), óxido nitroso (N2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), trifluoruro de nitrógeno (NF3) y hexafloruro de azufre (SF6), multiplicados por su potencial de calentamiento global.

La gráfica 4 muestran la composición de las emisiones en el país en donde el sector que más contribuye es el sector Energía con el 65% de las emisiones, principalmente en el consumo de combustibles fósiles; seguido por Agricultura, Sector Forestal y Cambio

de Uso de Suelo (AFOLU por sus siglas en inglés) con el 18% de las emisiones; el sector Procesos Industriales y Uso de Productos (10%) y finalmente el sector Residuos (7%).

Gráfica 4. Composición de las emisiones de en CO2e, México 2018



Fuente: Elaboración propia con datos del INEGYCEI, 2018

Valor Bruto de la Producción en México

El Valor Bruto de la Producción (VBP), también conocido como el Vector de Producción Total (X), representa el valor total de todos los bienes y servicios producidos por una economía en un período determinado. El valor bruto de la producción en México se obtiene a través del Banco de Información estadística del INEGI, en la Oferta y Uilización de bienes y servicios, en 2018 la oferta nacional fue de 41,959,242 millones de pesos, donde el 3% corresponde a actividades primarias, el 50% a industriales y el 47% a las actividades de servicios.

Tabla 3. Distribución del valor de producción total en la oferta, México 2018 (millones de pesos)

Actividades primarias	$1,183,597
Actividades industriales	$21,017,020
Actividades de servicios	$19,758,625
Total	$41,959,242

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2018

El VBP es necesario para este estudio porque permite determinar cuántas emisiones se generan por cada peso utilizado en la producción. Al vincular el consumo de los hogares con los sectores económicos que producen esos bienes y servicios, se pueden imputar las emisiones a los hogares. Esto se hace multiplicando el gasto de los hogares en cada categoría de productos por el coeficiente de emisión correspondiente.

Para calcular los coeficientes de emisión, es necesario conocer tanto las emisiones totales de un sector como su producción total. Los coeficientes de emisión indican la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por unidad monetaria de producción en cada sector. Este método se explicará con más detalle en el siguiente apartado.

Modelo econométrico y coeficiente de emisiones

El objetivo principal de esta investigación es calcular la elasticidad ingreso-emisiones y la elasticidad gasto-emisiones de los hogares en México. Estas elasticidades permiten entender cómo varían las emisiones de gases de efecto invernadero en respuesta a cambios en el ingreso y el gasto de los hogares.

Para el cálculo de la elasticidad gasto-emisiones se utiliza el siguiente modelo econométrico:

$$ln(Emisiones)=\beta 0+\beta 1 ln(Gasto_anual)+\epsilon \quad ... (9)$$

Para el cálculo de la elasticidad ingreso-emisiones se emplea un modelo similar:

$$ln(Emisiones)=\beta 0+\beta 1 ln(Ingreso_anual)+\epsilon \quad ... \quad (10)$$

Donde:

- *ln(Emisiones)* es el logaritmo natural de las emisiones de gases de efecto invernadero del hogar.
- *ln(Gasto_anual)* es el logaritmo natural del gasto anual de los hogares.
- *ln(Ingreso_anual)* es el logaritmo natural del ingreso anual de los hogares.
- $\beta 0$ es la constante del modelo.
- $\beta 1$ es el coeficiente de interés que representa la elasticidad. Este coeficiente indica el porcentaje de cambio en las emisiones asociado con un 1% de cambio en el gasto o el ingreso del hogar.
- ϵ es el término de error.

El modelo también se utiliza para cada uno de los deciles ya que el análisis de la elasticidad por decil permite desagregar el impacto de los ingresos y el gasto en las emisiones para diferentes segmentos de la población. Esto es relevante porque los patrones de consumo y las capacidades de mitigación pueden variar significativamente entre los deciles de ingreso.

Para cada decil i se estiman los siguientes modelos, según sea el caso:

$$ln(Emisiones)=\beta 0+\beta 1 ln(Ingreso_cor)+\epsilon \quad ... (11)$$

$$ln(Emisiones)=\beta 0+\beta 1 ln(Gasto_cor)+\epsilon \quad ... (12)$$

Donde:

- β0 es el intercepto del modelo para el decil i.
- β1 es el coeficiente de regresión que mide el cambio esperado en el logaritmo natural de las emisiones por un cambio unitario en el logaritmo natural del ingreso corregido para el decil i.
- ϵ es el término de error que captura la variabilidad no explicada por el modelo.

Al calcular la elasticidad por decil, se pueden identificar diferencias en cómo los hogares de distintos niveles de ingreso contribuyen a las emisiones. Esto es crucial para diseñar políticas de mitigación equitativas y eficaces, ya que permite entender si los hogares de ingresos más altos tienen una mayor elasticidad de emisiones en respuesta a cambios en el ingreso, o si los hogares de ingresos más bajos tienen patrones de consumo más intensivos en carbono.

Para el cálculo de los modelos anteriores son necesarias las emisiones totales de los hogares y emisiones por hogar, esta información no se encuentra en las bases de datos de México por lo que pueden ser calculadas a partir del consumo de los hogares en la ENIGH.

Los hogares destinan su consumo a 745 artículos diferentes, cada uno con un coeficiente de emisión asociado. Para facilitar el análisis y la interpretación de los resultados, se decidió agrupar los 745 artículos en 15 categorías relevantes: Residuos, Gas, Electricidad, Gasolina, Manufactura, máquinas y electrónicos, Autotransporte, Aéreo, Industria química, Servicios, Avícola, Bebidas, Alimentos excepto carne, Porcino, Bovino, Ovinos y Caprinos, Otros animales.

Para calcular las emisiones por hogar, se utiliza el consumo detallado de los hogares. Cada uno de los 746 artículos en los que los hogares mexicanos destinan su consumo

tiene emisiones asociadas en su producción. Estas emisiones pueden imputarse a través del coeficiente de emisiones, el cual indica cuántas emisiones se generan por cada peso utilizado en la producción.

Los coeficientes de emisión indican cuántas emisiones de gases de efecto invernadero se generan por cada peso utilizado en la producción de cada artículo. El coeficiente de emisiones se calcula dividiendo las emisiones totales generadas por la producción de un artículo entre el valor bruto de la producción de ese mismo artículo. Por ejemplo, si para producir un millón de pesos del producto X se emiten 100 toneladas de CO2e, el coeficiente de emisiones sería:

$$Coeficiente\ de\ emisiones = \frac{miles\ de\ toneladas\ Co2e}{millones\ de\ pesos\ mxn} = X\frac{Co2eKg}{peso} \quad \ldots . (13)$$

Una vez calculado el coeficiente de emisiones para cada una de las categorías asociadas a los 745 artículos, se multiplica por el gasto correspondiente de cada hogar en estos artículos. Esto permite estimar las emisiones totales generadas por el consumo de cada hogar.

El coeficiente de emisiones es una medida que refleja la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por unidad monetaria de producción. Este coeficiente es crucial para vincular el consumo de los hogares con las emisiones generadas en la producción de los bienes y servicios que consumen. De esta manera, se puede atribuir una cantidad específica de emisiones al consumo de cada hogar, permitiendo un análisis detallado de la relación entre ingreso, gasto y emisiones.

CAPITULO 3: El consumo de los hogares en México

Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares

Se ha seleccionado como fuente principal de datos la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). La razón por la que se ha elegido como fuente principal es que conforme a la revisión de literatura, todos los estudios que analizan la demanda del consumo de los hogares lo hacen con la encuesta nacional de gasto de los hogares de sus respectivos países.

La razón por la que se eligió trabajar con la ENIGH 2018 a pesar de tener disponible la ENIGH 2022, es por la calidad y disponibilidad de la información, sobretodo en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.

La ENIGH se erige como una herramienta estadística fundamental que permite un acercamiento detallado y profundo de los hogares mexicanos. Su diseño tiene por objetivo proporcionar un panorama estadístico del comportamiento de los ingresos y gastos de los hogares en cuanto a su monto, procedencia y distribución; adicionalmente, ofrece información sobre las características ocupacionales y sociodemográficas de los integrantes del hogar y presenta datos sobre las características de la infraestructura de la vivienda y el equipamiento del hogar. (“Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2018 - SNIEG”)

El periodo de levantamiento de la encuesta fue del 21 de agosto al 28 de noviembre de 2018 con un tamaño de muestra de 87,826 viviendas que representan a 125,091,790 habitantes, con una cobertura geográfica nacional y dividida en en viviendas urbanas que son localidades de 2,500 y más habitantes, y rurales, localidad de menos de 2,500 habitantes. En promedio los hogares se conforman por 3.6 personas.

Ingreso de los hogares en México

En los hogares de México en 2018, el promedio del ingreso total trimestral fue de $53,012 pesos. Se compone del ingreso corriente total $49,610 pesos y de las percepciones financieras y de capital $3,401 pesos. Para este estudio se toma en cuenta el ingreso corriente total sin contermplar las percepciones financieras y de capital.

Los hogares pueden ser agrupados de acuerdo con los ingresos que perciben. Cuando se forman diez conjuntos del mismo tamaño, se les conoce como “deciles”, por lo que el primer decil está integrado por la décima parte de los hogares que tienen los menores ingresos y así de manera sucesiva, hasta llegar al último decil, que está compuesto por la décima parte de los hogares con los ingresos más altos.

Tabla 4. Ingreso trimestral total y promedio de los hogares en México, 2018

Decil	Ingreso trimestral promedio (en pesos mxn)	Ingreso trimestral total (en miles de millones de pesos)
I	$ 9,113	$31.70
II	$ 16,100	$55.90
III	$ 21,428	$74.50
IV	$ 26,696	$92.80
V	$32,318	$112.30
VI	$38,957	$135.40
VII	$47,264	$164.20
VIII	$58,885	$204.60
IX	$78,591	$273.10
X	$166,750	$579.40
Nacional	$49,610	$1,723.70

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH, 2018

De acuerdo con la ENIGH 2018, los hogares en el primer decil tuvieron un ingreso corriente total de $31.7 miles de millones de pesos al trimestre, en tanto que en el décimo

decil dicho ingreso fue de $579.4 miles de millones de pesos trimestrales, 1828% más que la décima parte de los hogares que tienen los menores ingresos.

La tabla 4 muestra que los hogares del primer decil tuvieron un ingreso promedio al trimestre de $9,113 pesos, es decir $101 pesos por día por hogar, que en términos de perceptores de ingreso se traduce aproximadamente en $43 pesos diarios por perceptor. En tanto que para los hogares del décimo decil dicho ingreso promedio fue de $166,750 pesos, es decir, $1,853 pesos por día por hogar, que en términos de perceptores implica casi $778 pesos diarios por perceptor.

La ENIGH 2018 estima que el ingreso corriente total trimestral de los hogares en México asciende a 1.72 billones de pesos. La distribución de este ingreso revela importantes desigualdades: el primer decil de la población, correspondiente al 10% de los hogares con menores ingresos, representa apenas el 1.84% del ingreso total. En contraste, el décimo decil, que agrupa al 10% de los hogares con mayores ingresos, concentra el 33.62% del ingreso total. Juntos, los cinco deciles con mayores ingresos acumulan el 78.7% del ingreso total. En el otro extremo, los cinco deciles con menores ingresos poseen solo el 21.3% del ingreso total, lo que subraya la significativa disparidad económica entre los hogares mexicanos.

Existen diferentes medidas de desigualdad, pero las más utilizadas son el coeficiente de Gini y la proporción de ingresos correspondientes a las personas con ingresos altos. De acuerdo a las presentaciones ejecutivas de la ENIHG 2018, el valor del coeficiente de GINI en ese año fue de 0.426. Sin embargo, es relevante mencionar que las encuestas en hogares presentan problemas para medir el ingreso, especialmente el de las personas con ingresos altos.

Lo anterior se debe a que es menos problable que las personas con mayores ingresos sean consideradas en la muestra, o si lo son que acepten la encuesta. Por otro lado, si aceptan la encuesta es posible que no reporten la totalidad de sus ingresos. Este subreporte se da, primordialmente, en los hogares más ricos (Del Castillo, 2015, 2017).

En el caso de los ingresos laborales, Campos-Vázquez y Lustig (2017) usando la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) encontraron que ha crecido la

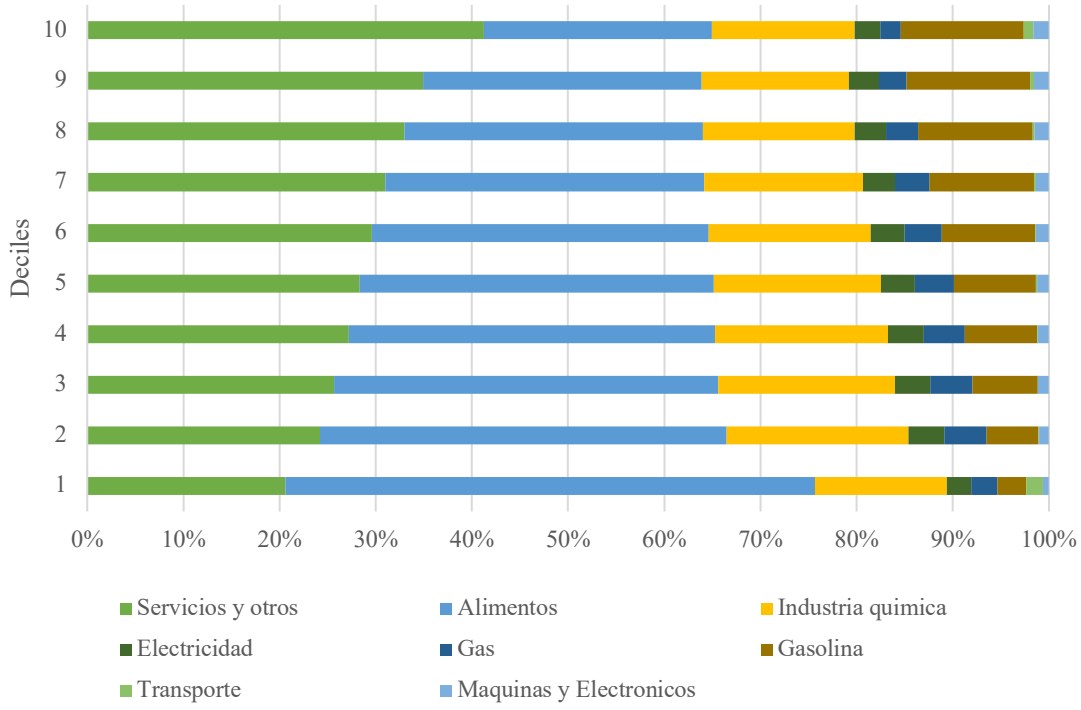
proporción de trabajadores que no revela su ingreso laboral, especialmente para los trabajadores con mayor escolaridad.

Gasto de los hogares en México

En los hogares de México en 2018, el promedio del gasto total trimestral fue de $47,205 pesos. Se compone del gasto corriente total con $40,586 pesos, de los cuales $31,913 pesos corresponden a gasto monetario y $8,673 pesos a gasto no monetario; y de las erogaciones financieras y de capital con $6,619 pesos.

En este estudio se contempla el gasto corriente monetario total trimestral, que de acuerdo con lo reportado en la ENIGH 2018 fue de 1.10 billones de pesos. El rubro de alimentos, bebidas y tabaco representó la mayor categoría, alcanzando los $390.9 miles de millones de pesos es decir el 35.3% del gasto corriente monetario. En contraste el rubro de cuidados de la salud representó la menor categoría, con $29.1 miles de millones de pesos, es decir solo el 2.6% del gasto corriente monetario.

Gráfica 4. Distribución del gasto por decil de ingreso



Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH, 2018

Tabla 5. El gasto corriente monetario total trimestral por grandes rubros de gasto

Rubro	Porcentaje
Alimentos, bebidas y tabaco	35.3%
Transporte; adquisición, mantenimiento, accesorios y servicios para vehículos; comunicaciones	20.0%
Servicios de educación, artículos educativos, artículos de esparcimiento y otros gastos de esparcimiento	12.1 %
Vivienda y servicios de conservación, energía eléctrica y combustibles	9.5%
Cuidados personales, accesorios y efectos personales y otros gastos diversos	7.4%
Artículos y servicios para la limpieza, cuidados de la casa, enseres domésticos y muebles, cristalería, utensilios domésticos y blancos	5.9%
Vestido y calzado	4.5%
Transferencias de gasto	2.8%
Cuidados de la salud	2.6%

Fuente: Elaboración propia con datos de la ENIGH, 2018

Al analizar la distribución del gasto de los hogares por deciles, emergen diferencias notables en la composición del gasto, el anexo 2 muestra la tabla a detalle. En el primer decil, la categoría de alimentos constituye el 55.07% del gasto total, lo que representa más de la mitad de sus ingresos. Esta proporción disminuye de manera significativa en los siguientes deciles, el segundo decil destina el 42.24% de su gasto a alimentos, y la proporción continúa descendiendo a medida que aumentan los ingresos. En los deciles 3 al 8, el porcentaje de gasto en alimentos varía del 39.96% al 31.00%. Finalmente, en los deciles 9 y 10, esta categoría representa solo el 28.98% y 23.70% del gasto total, respectivamente. Esta tendencia refleja cómo, a medida que los hogares disponen de mayores recursos, destinan una menor proporción de sus ingresos a la alimentación aún al adquirir alimentos de mayor calidad y precio.

En contraste, otras categorías de gasto muestran una tendencia opuesta. El gasto en servicios aumenta considerablemente a medida que se incrementa el ingreso. En el primer decil, representa el 20.62% del gasto total, pero este porcentaje se eleva de manera constante, alcanzando un 41.26% en el decil 10. De manera similar, el gasto en gasolina crece significativamente, pasando del 2.98% en el primer decil al 12.80% en el decil más alto. El transporte también muestra un aumento, del 0.64% en el primer decil al 1.66% en el decil 10. Aunque el gasto en electricidad experimenta un cambio menor, pasando del 2.57% al 2.63% entre el primer y el décimo decil, estas variaciones son muy importantes porque las categorías de gasolina, electricidad y transporte son las más intensivas en carbono, lo que resalta la relevancia de estos incrementos.

Estos patrones de consumo, demuestran que a medida que crece el ingreso, también aumenta el consumo de bienes más intensivos en carbono. En conjunto, esta distribución del gasto refleja no solo las necesidades y prioridades de los hogares en diferentes niveles de ingreso, sino también cómo el incremento en los recursos económicos permite un cambio en el patrón de consumo, orientándose hacia sectores que demandan más recursos y servicios ambientales.

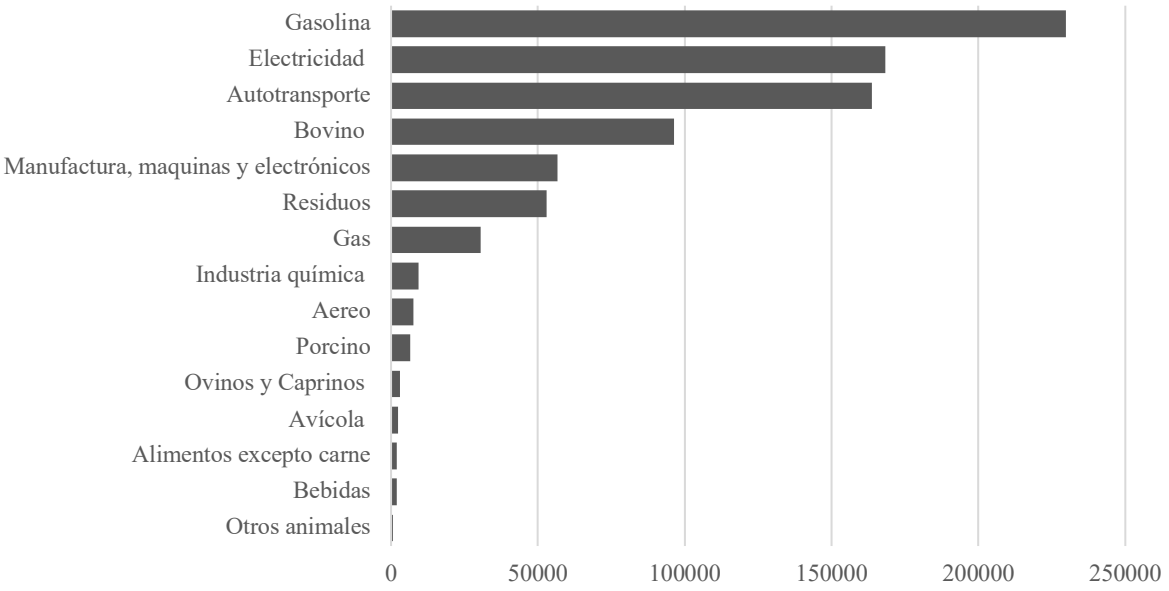
CAPITULO 4: RESULTADOS

El cuarto capítulo presentan los resultados de la metodología utilizada en este estudio. La gráfica 5 muestra las emisiones calculadas por el INEGYCEI para las categorías relevantes seleccionadas para esta investigación. Las categorías que contribuyen mayormente a las emisiones de CO_2 son las gasolinas, la electricidad y el autotransporte.

Es importante destacar que no hay doble contabilidad en las emisiones de gasolinas y autotransporte, ya que el sector de autotransporte no contempla el consumo de gasolina en sus cálculos.

Las categorías que representan un menor porcentaje de emisiones de CO_2 son los alimentos excepto carne, las bebidas, el sector avícola y otros animales diferentes a los principales grupos ganaderos (porcino, ovinos y caprinos). Estos sectores presentan emisiones significativamente menores en comparación con los principales emisores.

Gráfica 5. Emisiones de CO2e por categoría, México 2018

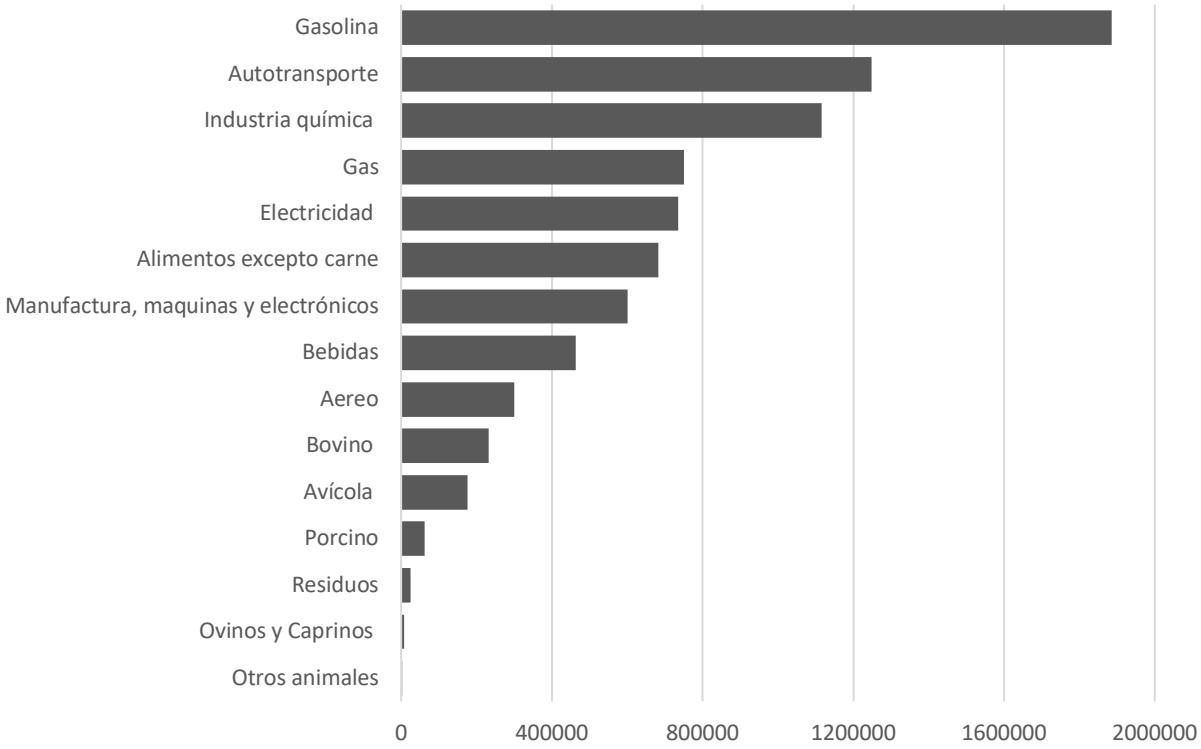


Fuente: Elaboración propia con datos del INEGYCEI, 2018

Por otro lado, la gráfica 6 presenta el valor bruto de la producción de las categorías seleccionadas. En esta gráfica, se puede observar que la categoría de gasolina es el sector con el mayor valor bruto de producción, alcanzando 1,885,828.286 millones de pesos, lo

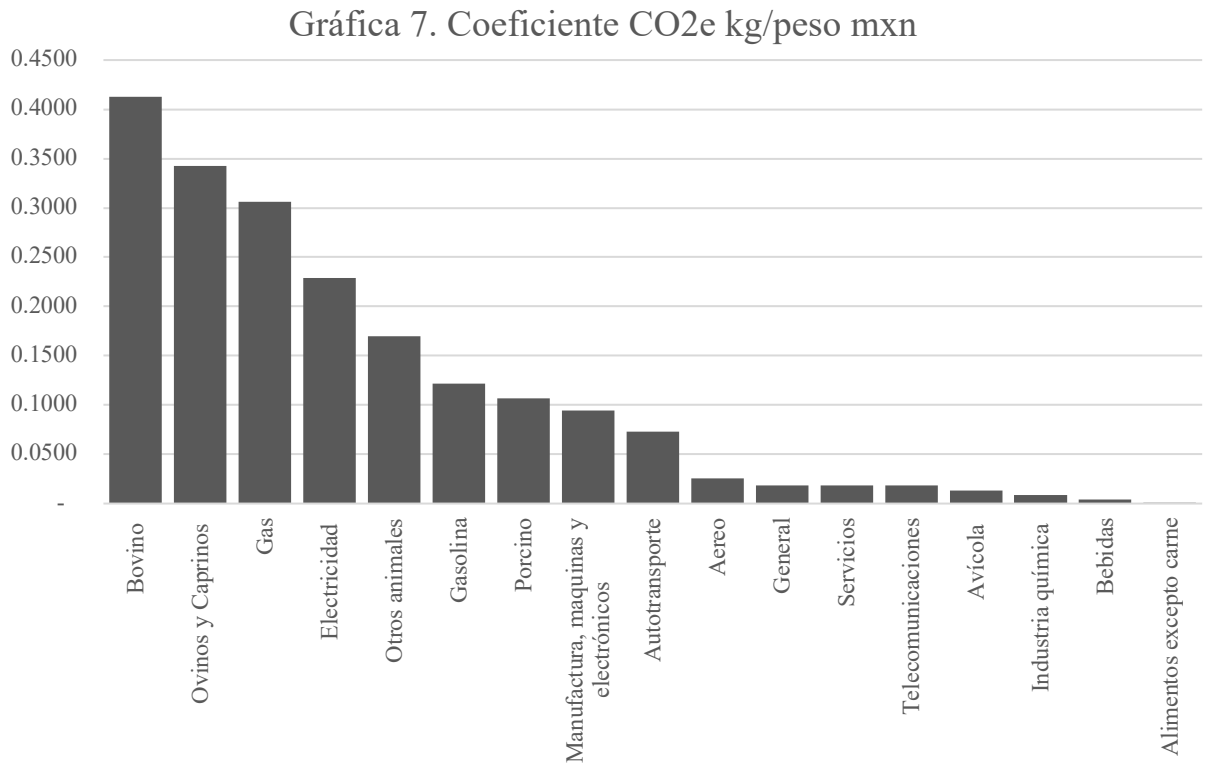
que subraya su importancia económica. Además, el sector de autotransporte, con un valor bruto de 1,248,045.513 millones de pesos, también es un contribuyente significativo a la economía mexicana.

Gráfica 6. Valor Bruto de la Producción por categoría, México 2018



Asimismo, la industria química, la electricidad y el gas representan sectores con un alto valor de producción. En contraste, las categorías de otros animales, ovinos y caprinos, y residuos tienen un valor bruto de producción significativamente menor en comparación con los principales sectores.

Con la información de las emisiones por categoría proporcionada por el INEGYCEI y el valor bruto de la producción del INEGI, podemos calcular los coeficientes de emisiones utilizando la metodología desarrollada en el capítulo anterior. En la siguiente tabla se presentan estos coeficientes, y la gráfica correspondiente permite visualizar claramente cuáles son los sectores con mayores y menores coeficientes de emisión.



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el coeficiente, es posible calcular las emisiones de CO2 totales, por decil y per cápita. De acuerdo con la metodología implementada, al multiplicar el coeficiente de emisiones por cada peso reportado en el gasto de los hogares por producto, se obtiene que las emisiones de CO2e totales en los hogares de México ascendieron a 281.23 millones de toneladas de CO2e para 2018. Este valor se traduce en 2.25 toneladas métricas de CO2e per cápita.

Tabla 6. Coeficiente de emisiones de CO2 Kg por peso

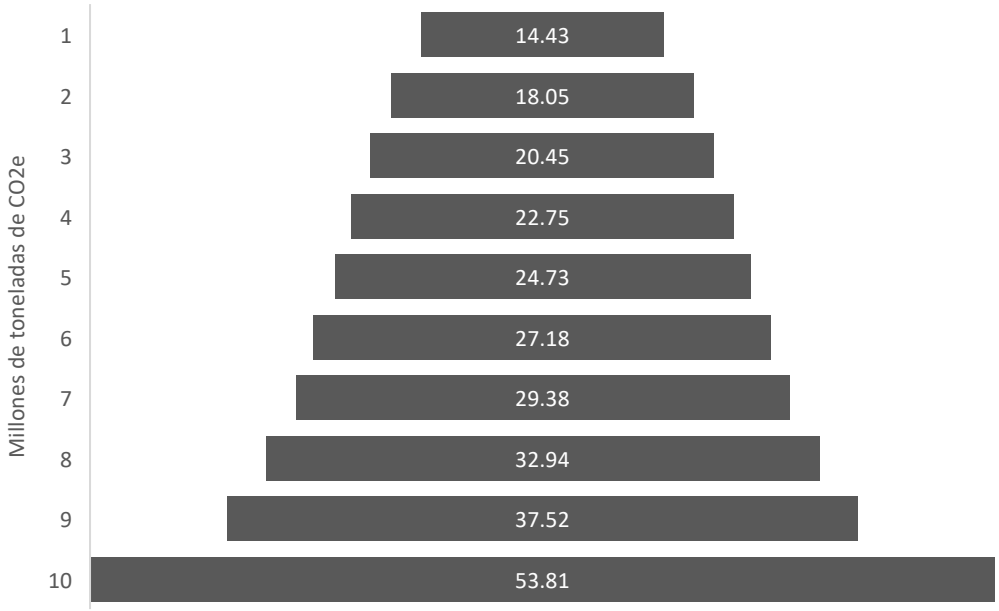
Categoría	Coeficiente
General	0.018
Bovino	0.4130
Ovinos y Caprinos	0.3429
Gas	0.3061
Electricidad	0.2288
Otros animales	0.1698
Gasolina	0.1218
Porcino	0.1066

Manufactura, maquinas y electrónicos	0.0943
Autotransporte	0.0729
Aereo	0.0253
Servicios	0.01825
Telecomunicaciones	0.018
Avícola	0.0129
Industria química	0.0084
Bebidas	0.0042
Alimentos excepto carne	0.0008

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las emisiones calculadas mediante la metodología presentada tienen diversas limitaciones, lo que sugiere una posible subestimación. A pesar de estas limitaciones, el resultado de 2.25 toneladas per cápita es consistente con los datos del Banco Mundial, que estiman las emisiones per cápita para México en 3.9 toneladas en 2018.

Gráfica 8. Emisiones de CO2e anuales en los hogares mexicanos por decil, 2018



La gráfica 8 muestra las emisiones de CO2 por decil de ingreso. Es evidente que el decil con los ingresos más altos concentra el mayor número de emisiones. La distribución

de las emisiones, como se observa en la Tabla 7, revela una marcada disparidad entre los distintos deciles de ingreso, destacando las diferencias en las emisiones de CO2 anuales según el nivel de ingresos de los hogares.

Tabla 7. Participación por decil en las emisiones totales de los hogares de México, 2018

	Millones Toneladas	Porcentaje	Variación
I	14.43	5.1%	
II	18.05	6.4%	25.1%
III	20.45	7.3%	13.3%
IV	22.75	8.1%	11.3%
V	24.73	8.8%	8.7%
VI	27.18	9.7%	9.9%
VII	29.38	10.4%	8.1%
VIII	32.94	11.7%	12.1%
IX	37.52	13.3%	13.9%
X	53.81	19.1%	43.4%
Total	281.23	100%	

Fuente: Elaboración propia

Decil 1: Representa el 5.1% del total de emisiones, con 14,426,930 toneladas de CO2 anuales. Esto refleja la limitada capacidad de consumo y, por ende, de generación de emisiones, en los hogares con menores ingresos.

Decil 2: Contribuye con el 6.4% de las emisiones totales, equivalente a 18,045,990 toneladas de CO2 anuales. La variación entre este decil y el primero es significativa, con un 25.1%, lo que indica una alta sensibilidad al aumento en las emisiones a medida que los ingresos aumentan especialmente en el decil con menores ingresos de la distribución.

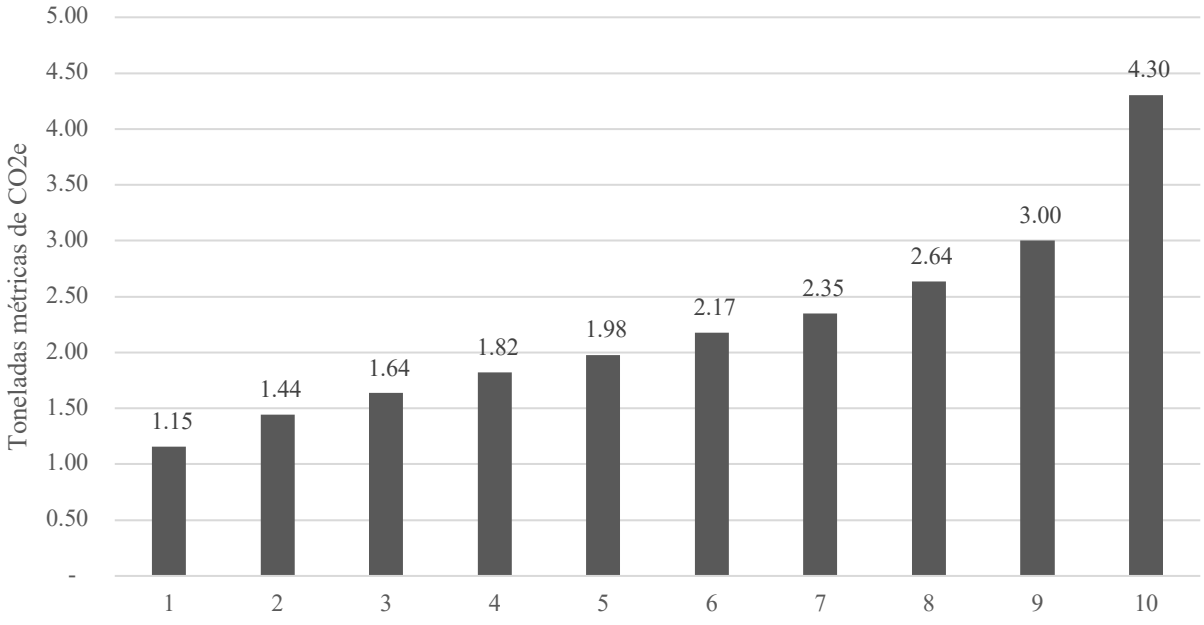
Deciles 3 al 9: Estos deciles intermedios muestran una distribución progresiva de las emisiones, abarcando desde el 7.3% hasta el 13.3% de las emisiones totales. La variación en las emisiones en estos deciles oscila entre el 8.1% y el 13.3%, mostrando un aumento gradual en las emisiones a medida que los ingresos crecen. Estos deciles reflejan una

mayor estabilidad en la relación entre ingresos y emisiones en comparación con los extremos de la distribución.

Decil 10: Este decil, que representa a los hogares con mayores ingresos, abarca el 19.1% de las emisiones totales, equivalente a 53,860,618 toneladas de CO_2 anuales y casi 4 veces más que el primer decil. La variación entre el decil 9 y el decil 10 es del 43.4%, la más alta entre todos los deciles, lo que subraya la significativa disparidad en las emisiones y el consumo en el último decil.

Esta distribución evidencia que los hogares en el decil superior, con los ingresos más altos, generan casi el 20% de las emisiones totales de CO2, mientras que los hogares en el decil inferior contribuyen solo con un 5%. La mayor variación en las emisiones ocurre en los extremos de la distribución, lo que pone de relieve la alta desigualdad en el impacto ambiental entre los diferentes niveles de ingresos y principalmente en los hogares con menores y mayores ingresos.

Gráfica 9. Emisiones de CO2e per capita por decil de ingreso, México 2018

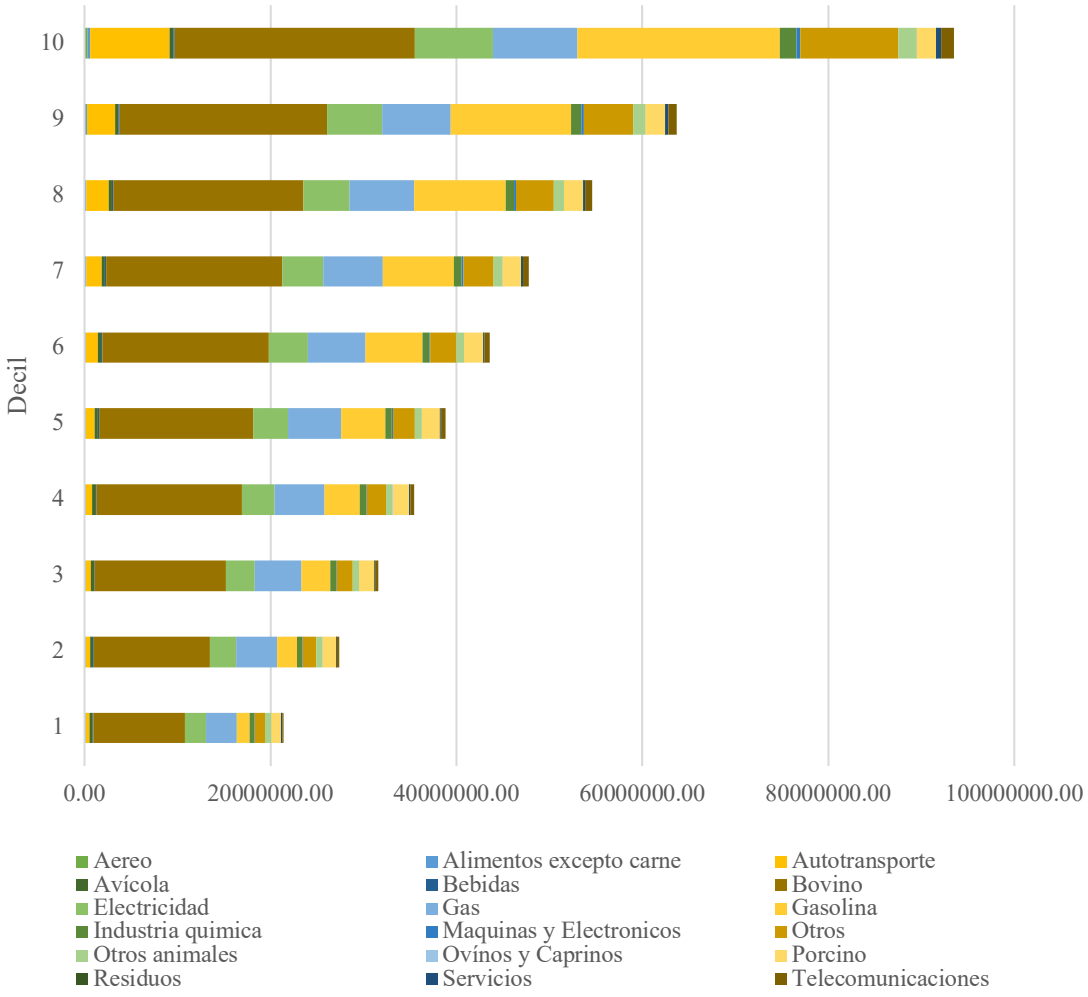


Fuente: Elaboración propia

La gráfica 9 desagrega las emisiones per cápita por decil de ingreso. Se puede observar que las personas pertenecientes al primer decil emiten en promedio 1.15 toneladas métricas de CO2, mientras que las personas del último decil emiten en promedio 4.30

toneladas métricas. Esta diferencia de casi cuatro veces entre los extremos de la distribución de ingresos es una clara indicación de cómo la capacidad económica influye directamente en los patrones de consumo y, por ende, en las emisiones de CO2.

Gráfica 10. Composición de las emisiones de CO2e por decil de ingreso, México 2018



Fuente: Elaboración propia

Elasticidad ingreso emisiones en México, 2018

En esta sección se presentan los resultados del modelo utilizado para estimar la elasticidad ingreso-emisiones de los hogares. La elasticidad ingreso-emisiones obtenida es de 0.27.

Tabla 8. Resultados del modelo de elasticidad ingreso-emisiones

Bo	-1.6991140
B1	0.2768951
R2	0.02375
P-value	0.00216

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la relación entre las emisiones de CO_2 y los ingresos de los hogares, se empleó un modelo de regresión lineal. El modelo ajustado, utilizando el código lm(lnemisiones ~ lningreso, data = gas_ing_coe), tiene como objetivo examinar cómo el logaritmo de las emisiones (lnemisiones) depende del logaritmo del ingreso (lningreso). En este modelo, el logaritmo de las emisiones actúa como la variable dependiente y el logaritmo del ingreso como la variable independiente.

El coeficiente estimado para la variable lningreso es 0.2768951. Esto implica que, por cada aumento en 1% en el ingreso, las emisiones aumentarán en 0.2769 %. En términos de elasticidad, esto significa que la elasticidad ingreso-emisiones de los hogares en México es de 0.2769.

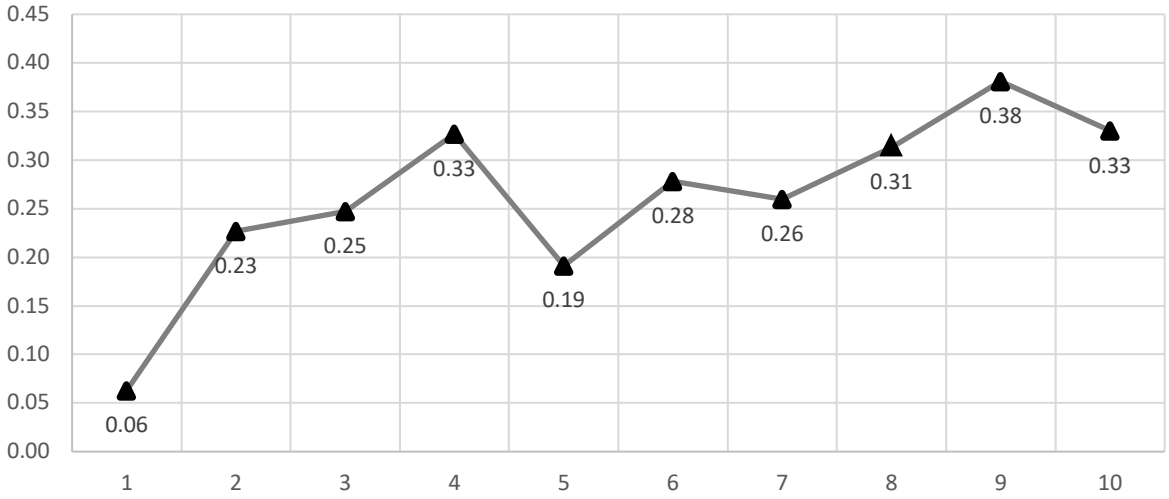
Ambos coeficientes del modelo tienen p-valores mucho menores a 0.05, lo que indica una alta significancia estadística. Sin embargo, el R-cuadrado múltiple del modelo es 0.02375, lo que sugiere que aproximadamente el 2.375% de la variabilidad en el logaritmo de las emisiones se explica por el logaritmo del ingreso corregido.

Aunque el modelo muestra una relación estadísticamente significativa entre el ingreso y las emisiones, la baja R-cuadrado indica que el ingreso explica solo una pequeña parte de la variabilidad en las emisiones. Esto sugiere que, aunque hay una relación positiva

entre el nivel de ingresos y las emisiones de CO_2, otros factores también juegan un papel importante en determinar las emisiones de los hogares.

Para cada decil de ingreso se empleó el mismo modelo de regresión lineal para estimar la elasticidad ingreso-emisiones, y se obtuvieron las elasticidades que se muestran en la gráfica 11.

Gráfica 11. Elasticidad ingreso-emisiones de CO2e por decil de ingreso



Fuente: Elaboración propia

Las elasticidades ingreso-emisiones varían significativamente a lo largo de los deciles de ingreso. La elasticidad más baja se encuentra en el primer decil, lo que sugiere que los hogares con los ingresos más bajos tienen una menor sensibilidad en las emisiones ante cambios en el ingreso. Esto puede deberse a que estos hogares destinan la mayor parte de sus ingresos a necesidades básicas, con menos capacidad para aumentar el consumo que lleva a mayores emisiones.

Por otro lado, la elasticidad más alta se encuentra en el noveno decil, indicando que los hogares en este nivel de ingresos tienen una mayor sensibilidad de las emisiones a cambios en el ingreso. Estos hogares tienen una mayor capacidad de consumo y, por lo tanto, un mayor potencial para aumentar sus emisiones a medida que sus ingresos crecen.

Los deciles inferiores muestran elasticidades relativamente bajas (0.06 a 0.33), lo que implica que aumentos en el ingreso de estos hogares no resultan en incrementos

proporcionales en las emisiones de CO2. Políticas enfocadas en mejorar los ingresos de estos hogares podrían no tener un impacto significativo en las emisiones, pero sí en su bienestar.

Los deciles superiores tienen elasticidades más altas (0.26 a 0.38), especialmente en el noveno decil. Esto implica que las políticas de reducción de emisiones deben considerar las mayores sensibilidades de estos hogares.

Elasticidad gasto emisiones en México, 2018

En esta sección se presentan los resultados del modelo utilizado para estimar la elasticidad gasto-emisiones de los hogares. Este análisis es crucial para entender cómo los cambios en el gasto de los hogares afectan sus emisiones de CO_2. La elasticidad gasto-emisiones obtenida es de 0.74.

Tabla 9. Resultados del modelo de elasticidad gasto-emisiones

Bo	-2.843041
B1	0.744860
R2	0.3413
P-value	0.00216

Fuente: Elaboración propia

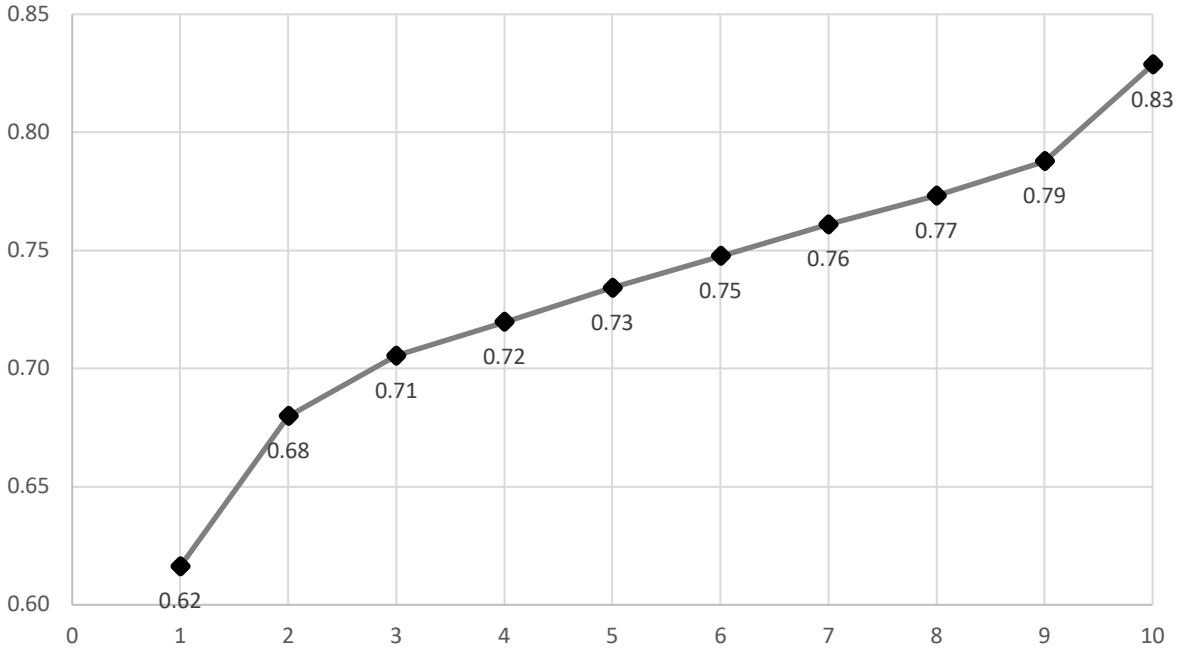
El modelo de regresión lineal ajustado se especificó con el código lm(lnemisiones ~ lngasto, data = gasto_emisiones), donde el logaritmo de las emisiones (lnemisiones) es la variable dependiente y el logaritmo del gasto trimestral (lngasto) es la variable independiente. El coeficiente estimado B1 para lngasto es 0.744860. Esto significa que por cada 1% de incremento del gasto trimestral, el logaritmo de las emisiones aumenta en promedio 0.74486 %.

Ambos coeficientes del modelo son altamente significativos, con p-valores mucho menores a 0.05, lo que indica una alta confianza en la relación positiva observada entre el gasto trimestral y las emisiones de CO_2. Sin embargo, el modelo explica solo el 34.13% de la variabilidad en el logaritmo de las emisiones, como lo indica el R-cuadrado. Esto sugiere que, aunque el gasto trimestral es un factor importante, hay otros factores significativos no considerados en este modelo que también influyen en las emisiones.

La elasticidad gasto-emisiones de 0.74 es congruente con los resultados observados en la revisión de literatura, lo que refuerza la validez de estos hallazgos. Este valor indica que los hogares responden de manera significativa a los cambios en el gasto, aumentando sus emisiones de CO_2 proporcionalmente con el incremento en su capacidad de consumo.

Para cada decil de ingreso se empleó el mismo modelo de regresión lineal para estimar la elasticidad gasto-emisiones, y se obtuvieron las elasticidades que se muestran en la gráfica 12.

Gráfica 12. Elasticidad gasto-emisiones de CO2 por decil de ingreso



Fuente: Elaboración propia

Las elasticidades gasto-emisiones muestran una tendencia creciente a lo largo de los deciles de ingreso. Esto indica que, a medida que aumenta el ingreso, los hogares no solo incrementan su gasto, sino que este incremento en el gasto tiene un impacto proporcionalmente mayor en las emisiones de CO_2.

La gráfica 12 muestra cómo la elasticidad gasto-emisiones varía a lo largo de los deciles de ingreso, destacando que los hogares con mayores ingresos (Decil 10) presentan la elasticidad más alta, lo que indica una mayor sensibilidad de sus emisiones de CO2 a cambios en el gasto.

Decil 1: Este decil, con los ingresos más bajos, tiene una elasticidad de 0.62, lo que indica una menor sensibilidad de las emisiones a cambios en el gasto en la distribución.

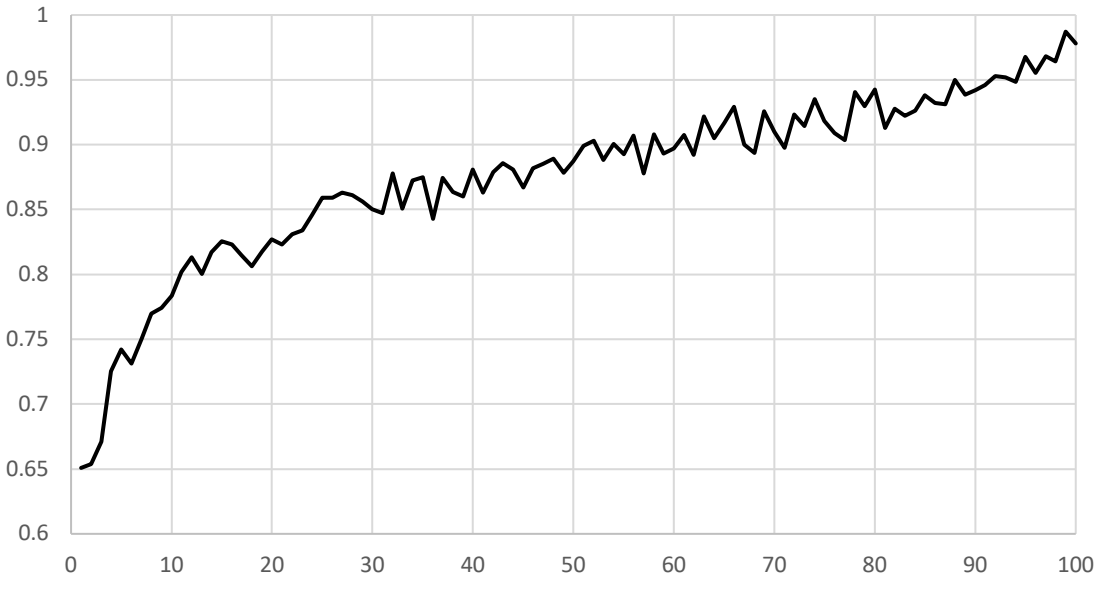
Decil 2: Presenta una elasticidad de 0.68, ligeramente mayor que la del decil 1, indicando un aumento en la sensibilidad de las emisiones con el incremento del gasto. La

variación entre el decil 1 y el 2 es del 10%, lo que refleja un cambio más notable en las emisiones en respuesta al gasto adicional.

Deciles 3 al 9: Estos deciles muestran una progresión gradual en la elasticidad, que va de 0.71 a 0.79. Las variaciones en las emisiones dentro de estos deciles son relativamente bajas, oscilando entre el 2% lo que indica que a medida que aumentan los ingresos, los incrementos en el gasto tienen un impacto más significativo en las emisiones, pero de manera más uniforme en comparación con los deciles extremos.

Decil 10: Este decil, que incluye a los hogares con los mayores ingresos, presenta la elasticidad más alta de 0.83, lo que subraya la mayor sensibilidad de las emisiones a los cambios en el gasto. La variación es del 5%, lo que, aunque más baja que en los deciles inferiores, resalta que el aumento en el gasto en este decil tiene un impacto considerable en las emisiones de CO2 al tener mayores ingresos.

Gráfica 13. Elasticidad gasto-emisiones de CO2 por percentil de ingreso



Fuente: Elaboración propia

Al encontrar esta desigualdad en los extremos de los hogares, se realizó un análisis por percentil, para comprender el comportamiento,

Percentiles 1 al 10: Elasticidades: 0.65 a 0.78 En estos primeros deciles, la elasticidad gasto-emisiones comienza en 0.65 y sube progresivamente hasta 0.78. Esto refleja una alta variación en la sensibilidad de las emisiones a los cambios en el gasto. A medida que se incrementa el ingreso en estos deciles, las emisiones de CO2 también aumentan, pero con menor participación en comparación con los deciles superiores.

Percentiles 11 al 30: Elasticidades: 0.80 a 0.88. En este grupo, las elasticidades varían entre 0.80 y 0.88, lo que indica una mayor sensibilidad en las emisiones de CO2 frente a cambios en el gasto pero una menor variación entre percentiles respecto a los primeros 10. A medida que los ingresos aumentan en estos percentiles, el impacto del gasto adicional en las emisiones es más notable, mostrando una relación más directa entre el aumento del gasto y las emisiones de CO2.

Percentiles 31 al 90: Elasticidades: 0.89 a 0.96. Este amplio grupo de percentiles muestra elasticidades que oscilan entre 0.89 y 0.96. Aquí, la elasticidad es considerablemente alta, lo que sugiere que en estos deciles, las emisiones de CO_2 son altamente sensibles a los cambios en el gasto. Cualquier aumento en el ingreso y el gasto en estos percentiles tiende a traducirse en un incremento significativo en las emisiones, señalando un consumo que tiene un impacto más fuerte en el medio ambiente.

Percentiles 91 al 100: Elasticidades: 0.97 a 0.99. Los deciles más altos, que van del 91 al 100, muestran las elasticidades más altas, con valores que van de 0.97 a 0.99. En estos percentiles, existe una casi proporción directa entre el aumento del gasto y el incremento en las emisiones de CO_2. Esto indica que los hogares con los ingresos más altos tienen un impacto desproporcionadamente grande en las emisiones cuando incrementan su gasto, subrayando la necesidad de políticas dirigidas a mitigar este impacto en los sectores de mayores ingresos.

Limitaciones

Es importante tener en cuenta las limitaciones de esta investigación, particularmente en relación con las bases de datos utilizadas. En primer lugar, la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) no reporta las cantidades de los artículos consumidos, sino únicamente el gasto en estos artículos. Esto puede generar problemas, ya que dos hogares pueden gastar la misma cantidad de dinero en un producto, pero comprar diferentes cantidades. Por ejemplo, dos hogares pueden gastar 100 pesos en jamón, pero uno puede comprar 1 kg mientras que el otro compra solo 100 gramos de mayor calidad y precio.

Además, la ENIGH no especifica el origen de los productos, es decir, si son nacionales o importados. Esto es relevante porque las emisiones asociadas al valor bruto de producción no deberían incluirse para productos importados; en su lugar, deberían contemplarse las emisiones relacionadas con la importación.

Otra limitación es el sesgo en los artículos reportados. La encuesta no incluye artículos de lujo que pueden ser consumidos por los deciles más altos de la población. Las encuestas en hogares también presentan problemas para medir el ingreso, especialmente entre las personas con ingresos altos, quienes tienden a no reportar su ingreso real.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados anteriormente permiten observar de manera contundente la desigualdad en la participación de las emisiones de CO_2. Los hogares con mayores ingresos en México no solo tienen una mayor capacidad de consumo, sino que también son responsables de una proporción significativamente mayor de las emisiones totales. Esta relación entre el nivel de ingresos y las emisiones pone de manifiesto la necesidad de considerar la equidad en las políticas de mitigación del cambio climático.

La concentración de emisiones en los deciles de ingresos más altos puede estar asociada a varios factores, incluyendo el mayor acceso a bienes y servicios de alto consumo energético, como automóviles, viajes aéreos, y electrodomésticos de alta gama. Además, estos hogares pueden tener viviendas más grandes y mejor equipadas, lo que también contribuye a un mayor consumo de energía y, por ende, a mayores emisiones de CO_2.

En contraste, los hogares en los deciles de ingresos más bajos, que representan una menor proporción de las emisiones totales, tienden a tener un acceso limitado a estos bienes y servicios. Esto refleja no solo una menor capacidad de consumo, sino también un menor impacto ambiental per cápita. Sin embargo, esta menor contribución a las emisiones no necesariamente implica una menor vulnerabilidad al cambio climático, ya que los hogares de bajos ingresos a menudo son los más afectados por sus efectos adversos.

La hipótesis principal de la investigación se comprobó, los hogares con mayores ingresos tienen una elasticidad ingreso emisiones y gasto emisiones más alta que aquellos hogares con menores ingresos.

La elasticidad ingeso – emisiones fue 0.27, menor a lo esperado, sin embargo, la elasticidad sí varía significativamente a lo largo de los deciles de ingreso. La elasticidad más baja se encontró en el primer decil y la elasticidad más alta se encontró en el noveno decil.

Los deciles inferiores muestran elasticidades relativamente bajas (0.06 a 0.33), lo que implica que aumentos en el ingreso de estos hogares no resultan en incrementos proporcionales en las emisiones de CO_2. Políticas enfocadas en mejorar los ingresos de estos hogares podrían no tener un impacto significativo en las emisiones, pero sí en su bienestar.

Los deciles superiores tienen elasticidades más altas (0.26 a 0.38), especialmente en el noveno decil. Esto implica que las políticas de reducción de emisiones deben considerar la mayor sensibilidad de estos hogares.

En el caso de la elasticidad gasto emisiones fue de 0.74, se encontró en el rango esperado y mostró una tendencia creciente a lo largo de los deciles de ingreso. Esto indica que, a medida que aumenta el ingreso, los hogares no solo incrementan su gasto, sino que este incremento en el gasto tiene un impacto proporcionalmente mayor en las emisiones de CO_2.

Las elasticidades en los deciles inferiores varían entre 0.62 y 0.73. Esto sugiere que los hogares con ingresos más bajos tienen una menor sensibilidad de sus emisiones a cambios en el gasto. Las elasticidades en los deciles superiores oscilan entre 0.75 y 0.83. Los hogares en estos deciles muestran una mayor sensibilidad de sus emisiones a cambios en el gasto. Un incremento en el gasto de estos hogares tiene un impacto significativamente mayor en sus emisiones de CO_2.

Los resultados indican que los hogares de ingresos más altos no solo gastan más, sino que su gasto adicional tiene un impacto más fuerte en las emisiones. Este patrón refleja una desigualdad en la contribución a las emisiones de CO_2, donde los hogares con mayores ingresos, con una mayor capacidad de gasto, son responsables de una proporción desproporcionadamente alta de las emisiones totales.

La variabilidad en las elasticidades gasto-emisiones por decil de ingreso destaca la importancia de un enfoque diferenciado en las políticas de mitigación de emisiones. Mientras que los hogares de ingresos más altos son más sensibles a los cambios en el gasto, las políticas deben ser diseñadas para ser equitativas y efectivas, considerando la

diversidad en la capacidad de consumo y las prácticas de los diferentes grupos de ingresos.

Dado que los hogares de ingresos más altos tienen una mayor elasticidad gasto-emisiones, las políticas de mitigación y adaptación deben enfocarse en fomentar prácticas de consumo sostenible en estos grupos. Las políticas deben asegurar que los hogares de menores ingresos no sean desproporcionadamente afectados por las medidas de reducción de emisiones.

Este análisis subraya la necesidad de una estrategia integral y justa para abordar las emisiones de CO_2 en los hogares mexicanos. Es crucial garantizar que las políticas de mitigación no agraven la desigualdad. Los hogares de ingresos bajos, que ya tienen una baja elasticidad, no deben ser desproporcionadamente afectados por políticas que aumenten los costos de energía o de productos básicos.

Aunque el gasto y el ingreso son determinantes importantes de las emisiones, el modelo de gasto explica un 34.13% de la variabilidad en las emisiones, mientras que el modelo de ingreso explica únicamente el 3% de dicha relación entre variables, por lo que este estudio recomienda ajustar el modelo con factores determinantes como el tamaño del hogar, el tipo de vivienda, rural o urbana y escolaridad que podrían funcionar como variables de control.

REFERENCIAS

Ala-Mantila, S., Heinonen, J., Junnila, S., 2014. Relationship between urbanization, direct and indirect greenhouse gas emissions, and expenditures: a multivariate analysis. Ecol. Econ. 104 (August), 129–139.

Baiocchi, G., Minx, J., Hubacek, K., 2010. The impact of social factors and consumer behavior on carbon dioxide emissions in the United Kingdom. J. Ind. Ecol. 14 (1), 50–72.

Büchs, M., Schnepf, S.V., 2013. Who emits most? Associations between socio-economic factors and UK households' home energy, transport, indirect and total CO2 emissions. Ecol. Econ. 90 (June), 114–123.

Campos-Vázquez, R. M., y Lustig, N. (2017). Labour income inequality in Mexico: Puzzles solved and unsolved. United Nations University--World Institute for Development Economics Research (UNU-WIDER), Working Paper 2017/186.

Christis, M., Breemersch, K., Vercalsteren, A., Dils, E., 2019. A detailed household carbon footprint analysis using expenditure accounts – Case of Flanders (Belgium). J. Clean. Prod. 228 (August), 1167–1175.

Del Castillo, Miguel. (2015). La magnitud de la desigualdad en el ingreso y la riqueza en México: una propuesta de cálculo. Series Estudios y Perspectivas, 167.

Duarte, R., Mainar, A., Sa´nchez-Cho´liz, J., 2012. Social groups and CO2 emissions in Spanish households. Energy Policy 44 (May), 441–450.

Fremstad, A., Paul, M., Underwood, A., 2019. Work hours and CO2 emissions: evidence from U.S. households. Rev. Polit. Econ. 31 (1), 42–59.

Fremstad, A., Underwood, A., Zahran, S., 2018. The environmental impact of sharing: household and urban economies in CO2 emissions. Ecol. Econ. 145 (March), 137–147.

Gill, B., Moeller, S., 2018. GHG emissions and the rural–urban divide. A carbon footprint analysis based on the German official income and expenditure survey. Ecol. Econ. 145 (March), 160–169.

Girod, B., Haan, P.D., 2010. More or better? A model for changes in household greenhouse gas emissions due to higher income. J. Ind. Ecol. 14 (1), 31–49.

Golley, J., Meng, X., 2012. Income inequality and carbon dioxide emissions: the case of Chinese urban households. Energy Econ. 34 (November (6)), 1864–1872.

Hardadi, G., Buchholz, A., Pauliuk, S., 2021. Implications of the distribution of German household environmental footprints across income groups for integrating environmental and social policy design. J. Ind. Ecol. 25 (1), 95–113.

Irfany, M.I., Klasen, S., 2016. Inequality in emissions: evidence from Indonesian household. Environ. Econ. Policy Stud. 18 (October (4)), 459–483.

Irfany, M.I., Klasen, S., 2017. Affluence and emission tradeoffs: evidence from Indonesian households' carbon footprint. Environ. Dev. Econ. 22 (October (5)), 546–570.

Isaksen, E.T., Narbel, P.A., 2017. A carbon footprint proportional to expenditure – A case for Norway? Ecol. Econ. 131 (January), 152–165.

Jones, C.M., Kammen, D.M., 2011. Quantifying carbon footprint reduction opportunities for U.S. households and communities. Environ. Sci. Technol. 45 (May (9)), 4088–4095.

Kerkhof, A.C., Nonhebel, S., Moll, H.C., 2009. Relating the environmental impact of consumption to household expenditures: an input–output analysis. Ecol. Econ. 68 (February (4)), 1160–1170.

Lenglart, F., Lesieur, C., Pasquier, J.-L., 2010. Les emissions de CO2 du circuit economique en France. In L'́economie française, comptes et dossiers, edition 201. INSEE.

Lenzen, M., 1998. Energy and greenhouse gas cost of living for Australia during 1993/94. Energy 23 (June (6)), 497–516.

López, L.A., Arce, G., Morenate, M., Monsalve, F., 2016. Assessing the inequality of Spanish households through the carbon footprint: the 21st century great recession effect. J. Ind. Ecol. 20 (3), 571–581.

Mach, R., Weinzettel, J., Scasný, M., 2018. Environmental impact of consumption by Czech households: hybrid input–output analysis linked to household consumption data. Ecol. Econ. 149 (July), 62–73.

Malliet, P., 2020. L'empreinte carbone des ménages français et les effets redistributifs d'une fiscalité carbone aux frontiéres. OFCE Policy Brief 62. OFCE, Paris. January.

Mette Wier, Manfred Lenzen, Jesper Munksgaard & Sinne Smed (2001) Effects of Household Consumption Patterns on CO2 Requirements, Economic Systems Research, 13:3, 259-274

Minx, J.C., Wiedmann, T., Wood, R., Peters, G.P., Lenzen, M., Owen, A., Scott, K., Barrett, J., Hubacek, K., Baiocchi, G., Paul, A., Dawkins, E., Briggs, J., Guan, D., Suh, S., Ackerman, F., 2009. Input–output analysis and carbon footprinting: an overview of applications. Econ. Syst. Res. 21 (September (3)), 187–216.

Murthy, N.S., Panda, M., Parikh, J., 1997a. Economic development, poverty reduction and carbon emissions in India. Energy Econ. 19 (July (3)), 327–354.

Murthy, N.S., Panda, M., Parikh, J.K., 1997b. Economic growth, energy demand and carbon dioxide emissions in India: 1990–2020. Environ. Dev. Econ. 2 (2), 173–193.

Nässén, J., 2014. Determinants of greenhouse gas emissions from Swedish private consumption: time-series and cross-sectional analyses. Energy 66 (March), 98–106.

Ottelin, J., Heinonen, J., Junnila, S., 2018a. Carbon and material footprints of a welfare state: why and how governments should enhance green investments. Environ. Sci. Policy 86 (August), 1–10.

Ottelin, J., Heinonen, J., Junnila, S., 2018b. Carbon footprint trends of metropolitan residents in Finland: how strong mitigation policies affect different urban zones. J. Clean. Prod. 170 (January), 1523–1535.

Oxfam, 2015. Carbon Emissions and Income Inequality. Oxfam. Technical Briefing (December).

Peters, G.P., Aasness, J., Holck-Steen, N., Hertwich, E.G., 2006. Environmental impacts and household characteristics: an econometric analysis of Norway 1999–2001. In: Charter, M., Tukker, A. (Eds.), Sustainable Consumption and Production: Opportunities and Challenges. Wuppertal, Germany, pp. 137–150. November.

Piketty, T., Chancel, L., 2015. Carbon and Inequality: From Kyoto to Paris Trends in the Global Inegality of Carbon Emissions (1998–2013) & Prospects for an Equitable Adaptation Fund. November.

Pottier, A., 2021. Expenditure elasticity and income elasticity of GHG emissions: A survey of literature on household carbon footprint. Ecological Economics 192 (2022) 107251

Roca, J., Serrano, M., 2007. Income growth and atmospheric pollution in Spain: an input–output approach. Ecol. Econ. 63 (June (1)), 230–242.

Sager, L., 2019. Income inequality and carbon consumption: evidence from environmental Engel curves. Energy Econ. 84 (October), 104507.

Seriño, M.N.V., Klasen, S., 2015. Estimation and determinants of the Philippines' household carbon footprint. Dev. Econ. 53 (1), 44–62.

Steen-Olsen, K., Wood, R., Hertwich, E.G., 2016. The carbon footprint of Norwegian household consumption 1999–2012. J. Ind. Ecol. 20 (3), 582–592.

Weber, C.L., Matthews, H.S., 2008. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. Ecol. Econ. 66 (June (2)), 379–391.

Wiedenhofer, D., Guan, D., Liu, Z., Meng, J., Zhang, N., Wei, Y.-M., 2017. Unequal household carbon footprints in China. Nat. Clim. Change 7 (January (1)), 75–80.

Wier, M., Lenzen, M., Munksgaard, J., Smed, S., 2001. Effects of household consumption patterns on CO2 requirements. Econ. Syst. Res. 13 (September (3)), 259–274.

ANEXOS

Referencia	*Ubicación*	*Periodo*	*Elasticidad*		*Alcance*	*Metodología*
			Ingreso	**Gasto**		
Wier et al., 2001	Dinamarca	1995	0.9	0.51	CO2	Modelo integrado: tablas de Input-Output, matrices de flujo de energía, factores de emisión de CO2 y estadísticas nacionales de encuestas a consumidores
Sager (2019)	EEUU	2009	1	0.8	GHG	Análisis de Input-Output y curvas de Engel ambientales (EEC, por sus siglas en inglés), que describen la relación entre el ingreso y las emisiones.
Duarte et al., 2012	España	1999		0.84	CO2	Combina modelos SAM lineales y estimación econométrica de la elasticidad de emisiones con respecto al gasto.
Weber and Matthews, 2008	EEUU	2004	0.7	0.52	GHG	Modelo de Input-Output multirregional (MRIO) industria-por-industria unidireccional.
Seriño and Klasen, 2015	Filipinas	2006		0.8	CO2	Análisis de Input-Output con el gasto de los hogares para 2000 y 2006.
Roca and Serrano, 2007	España	2000	0.98		GHG	Enfoque de Input-Output: Estiman las emisiones asociadas con los patrones de consumo de diferentes grupos de hogares clasificados según su nivel de gasto.
Roca and Serrano, 2007	España	2000	0.99		CO2	Enfoque de Input-Output: Estiman las emisiones asociadas con los patrones de consumo de diferentes grupos de hogares clasificados según su nivel de gasto.
Kerkhof et al., 2009	Holanda	2000	0.84		GHG	Análisis de Input-Output extendido ambientalmente con los gastos de los hogares.
Minx et al. (2009)	Reino Unido	2004		0.89	CO2	Modelos generalizados de Input-Output multi-regionales para la huella de carbono.
Baiocchi et al., 2010	Reino Unido	2004		0.7	CO2	Modelo de regresión basada en datos de Input-Output y segmentación de consumidores geo demográfica.
Irfany and Klasen (2016)	Indonesia	2005		0.52	GHG	Cálculo del coeficiente de Gini de emisiones del hogar.
Irfany and Klasen (2016)	Indonesia	2009		0.54	GHG	Cálculo del coeficiente de Gini de emisiones del hogar.
Golley and Meng (2012)	China (urbano)	2005	0.93		CO2	Método Input-Output.
Lenglart et al. (2010)	Francia	2005	0.82	0.62	CO2	Marco central de la Tabla Input-Output a la Tabla Input-Output simétrica, doméstica e importada.
Jones and Kammen (2011)	EEUU	2005		0.77	GHG	Técnicas de contabilidad del ciclo de vida basadas en el consumo para cuantificar las huellas de carbono de los hogares en Estados Unidos.
Ala-Mantila et al., 2014	Finlandia	2006		0.8	GHG	Análisis de regresión y calculan las huellas de CO2 combinando datos de gastos con intensidades de emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida derivadas de un modelo

						Input-Output extendido ambientalmente.
Ottelin et al., 2018	Finlandia (Helsinski)	2006	0.61	0.93	GHG	Evaluan las huellas de carbono de los residentes del Área Metropolitana de Helsinki con una evaluación del ciclo de vida híbrida (LCA) basada en análisis Input-Output extendido ambientalmente (EE IO).
Ottelin et al., 2018	Finlandia (Helsinski)	2012	0.56	0.89	GHG	Evaluan las huellas de carbono de los residentes del Área Metropolitana de Helsinki con una evaluación del ciclo de vida híbrida (LCA) basada en análisis de Input-Output extendido ambientalmente (EE IO).
Gough et al., 2012	Reino Unido	2006		0.63	GHG	Análisis Input-Output y asignación de carbono y gases de efecto invernadero (GHG).
Nässén, 2014	Suecia	2006		0.83	GHG	Se utilizan dos métodos: un modelo de regresión multivariante y un análisis de descomposición de tendencias.
Wiedenhofer et al. (2017)	China	2007	0.98		CO2	Utilizan Tabla Input-Output China detallada con las estadísticas de emisiones chinas, sustancialmente revisadas, y un Modelo Input-Output Multi-Regional.
Isaksen and Narbel, 2017	Noruega	2007	0.99		CO2	Utilizamos un enfoque financiero para calcular las emisiones de carbono indirectas (En el enfoque financiero, las emisiones de CO2 se calculan en base a datos de gastos, donde los valores monetarios se convierten en unidades de energía o unidades de CO2 utilizando un modelo de Input-Output ambiental), mientras que utilizan una combinación de unidades monetarias y físicas para calcular las emisiones directas.
Mach et al., 2018	República Checa	2010		0.8	GHG	Modelo híbrido Input-Output extendido ambientalmente que vincula el análisis de entrada-salida de una sola región sobre procesos domésticos con un análisis de entrada-salida multirregional para derivar las emisiones indirectas asociadas con las importaciones y parte de la producción doméstica.
Pottier et al., 2021	Francia	2010	0.53	0.86	GHG	Estiman la distribución de las huellas de carbono de los hogares basada en datos de la Encuesta de Presupuestos Familiares francesas.
Malliet, 2020	Francia	2010	0.54		GHG	Metodología de cálculo denominada Emisiones Incorporadas en los Intercambios Comerciales (EETE) que se basa en los datos de comercio internacional.
Christis et al. (2019)	Bélgica	2010	0.52	0.84	GHG	El cálculo de la huella de carbono se basa en el análisis de entrada-salida (IOA, por sus siglas en inglés). La fórmula general que aplicamos en este artículo para calcular las huellas de carbono, CF, se basa en la inversa de Leontief.
Steen-Olsen et al., 2016	Noruega	2012		1.14	GHG	Huellas de consumo basadas en el Análisis Input-Output

Hardadi et al., 2021	Alemania	2013		1.04	CO2	Se eligió el enfoque Input-Output Multirregional (MRIO)
Hardadi et al., 2021	Alemania	2013		0.9	GHG	Se eligió el enfoque Input-Output Multirregional (MRIO)
Gill and Moeller, 2018	Alemania	2013	0.56		GHG	Utilizanla encuesta oficial actual de gastos de los hogares para Alemania (EVS) y extraen las intensidades de carbono de las categorías de consumo del análisis de entrada-salida extendido ambientalmente (EE-IO).
Murthy et al. (1997)	India	1989–1990		0.87	CO2	(Urbano) Analizan las emisiones de dióxido de carbono (CO2) provenientes del consumo de energía utilizando un modelo de entrada-salida (I-O).
Murthy et al. (1997)	India	1989–1990		0.77	CO2	(Rural) Analizan las emisiones de dióxido de carbono (CO2) provenientes del consumo de energía utilizando un modelo de entrada-salida (I-O).
Lenzen, 1998	Australia	1993–1994	0.55	0.7	GHG	Este análisis se basa en tablas input-output compiladas para 1992/93 por la Oficina Australiana de Estadísticas.
Peters et al., 2006	Noruega	1999–2001		0.88	CO2	Modelo no-lineal y funciones de Engel.
Girod and Haan, 2010	Suiza	2002–2005		1.06	GHG	Modelo de consumo doméstico basado en unidades funcionales Modelo de consumo doméstico basado en el gasto
Büchs and Schnepf, 2013	Reino Unido	2006–2009	0.43		CO2	Convierten el gasto de los hogares en estimaciones de emisiones de CO2 con factores de conversión de CO2.
López et al. (2016)	España	2006–2013	0.54		GHG	Utilizan un modelo MRIO para evaluar la huella de carbono de los hogares en la economía española.
Fremstad et al., 2018	USA	2012–2014		0.73	CO2	Modelo STIRPAT lineaL, en el cual la tecnología y la población se mantienen constantes.
Fremstad et al., 2019, p.50	USA	2012–2014	0.31	0.82	CO2	Utilizan los datos de consumo de los hogares de CEX para estimar las emisiones de los hogares utilizando las intensidades de carbono calculadas a partir de las tablas de entrada-salida de la BEA.

Anexo 2. Distribución del gasto en los hogares de México por categoría, 2018, por decil de ingreso, porcentaje

Decil / Categoria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alimentos	55.07	42.24	39.96	38.05	36.76	34.96	33.15	31.00	28.98	23.70
Servicios y otros	20.62	24.23	25.67	27.22	28.35	29.62	30.98	33.00	34.93	41.26
Industria quimica	13.66	18.94	18.37	17.99	17.39	16.85	16.51	15.81	15.28	14.85
Electricidad	2.57	3.72	3.64	3.71	3.54	3.55	3.35	3.22	3.11	2.63
Gas	2.74	4.38	4.40	4.27	4.06	3.90	3.58	3.33	2.89	2.14
Gasolina	2.98	5.39	6.77	7.51	8.53	9.69	10.88	11.91	12.86	12.80
Transporte	1.72	0.05	0.04	0.09	0.12	0.09	0.19	0.22	0.41	0.97
Maquinas y Electronicos	0.64	1.04	1.15	1.16	1.25	1.34	1.36	1.51	1.54	1.66
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Anexo 3. Emisiones de CO2 por categoría y por decil de ingreso en los hogares de México, 2018

Decil/ categoria	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aereo	9875.65	3989.34	3820.77	9477.73	13908.46	11205.43	27474.32	37611.32	85882.60	34068 7.17
Alimentos excepto carne	99227.46	10864 4.14	11662 0.09	12342 3.83	13170 2.12	14132 5.78	15038 7.48	16449 6.44	18795 6.41	25827 3.60
Autotransporte	46008 8.83	52989 1.94	53572 3.72	71325 5.36	95051 7.15	12629 31.09	16524 50.22	23839 42.17	30140 18.96	85318 28.25
Avícola	30326 7.93	33100 0.34	35180 5.34	35648 8.24	36996 6.28	37920 3.32	37837 2.95	38285 6.14	38551 9.04	40541 5.52
Bebidas	69780.99	81636.00	87218.54	93858.16	98975.78	10268 0.55	11026 0.43	11372 8.42	12318 7.11	13673 5.96
Bovino	98460 06.27	12431 214.05	14127 294.82	15606 644.75	16632 934.40	17956 484.82	18938 939.56	20446 500.54	22321 028.53	25865 921.80
Electricidad	22967 57.21	28022 30.63	31106 45.21	35212 02.25	37066 53.56	41991 98.02	44509 41.11	50053 00.07	59004 18.78	83863 57.80
Gas	32677 57.16	44053 57.39	50229 72.55	54133 43.11	56940 17.97	61660 96.91	63554 64.29	69066 75.55	73476 20.49	91169 06.52
Gasolina	14160 33.48	21592 92.03	30743 56.85	37934 43.38	47561 05.22	61012 17.49	76833 72.41	98451 01.65	12987 427.91	21718 149.81
Industria quimica	47030 4.66	54724 4.00	59851 4.14	65093 6.14	69471 4.73	76081 0.54	83745 7.72	93538 4.77	11101 16.10	18084 51.45
Maquinas y Electronicos	47967 .73	65672. 84	82383. 32	92006. 28	10950 9.76	13232 6.20	15079 2.99	19556 7.88	24487 1.53	44224 8.45
Otros	11432 16.69	14540 59.29	17472 95.72	20599 74.63	23695 74.95	27930 12.67	32786 41.74	40846 90.57	52852 06.27	10492 158.57
Otros animales	64205 8.28	65927 1.75	65661 1.34	71172 5.36	78428 5.06	83401 7.00	95002 6.50	10674 58.90	13312 47.59	20035 26.49
Ovínos y Caprinos	21158 .98	14370. 48	3702.8 2	11990. 09	5289.7 6	14282. 30	12695. 41	8022.7 7	9186.5 3	4055.4 8
Porcino	10712 73.80	14480 14.60	16659 20.56	17570 18.32	19239 48.38	20097 28.11	19759 01.48	20597 81.72	20943 87.08	20432 15.62
Residuos	2651.12	4147.83	4744.03	5481.03	5688.74	7166.50	7524.63	8453.40	8787.43	13072.92
Servicios	73851 .24	85243. 29	91073. 79	11829 9.07	11900 8.00	15875 1.14	18761 1.98	20439 2.29	34213 4.77	58954 9.19
Telecomunicaciones	18470 4.24	26735 1.66	33430 5.61	40109 6.80	45795 9.84	53627 6.91	62537 1.47	74403 8.43	90280 5.52	13552 21.73